



TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE SUPLEMENTACIÓN Y MEDIDAS DE CONTROL DEL ÁREA DE NUTRICIÓN EN UN EQUIPO DE FÚTBOL PROFESIONAL

ANTONIO BLAS MOLINA LÓPEZ
2023



UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE, ESPAÑA

**DOCTORADO EN
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
ACTIVIDAD FÍSICA, SALUD Y CALIDAD DE VIDA**

**PROGRAMA DE SUPLEMENTACIÓN Y MEDIDAS DE CONTROL DEL ÁREA DE
NUTRICIÓN EN UN EQUIPO DE FÚTBOL PROFESIONAL**

ANTONIO BLAS MOLINA LÓPEZ

TESIS DOCTORAL

2023

UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE, ESPAÑA

**DOCTORADO EN
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
ACTIVIDAD FÍSICA, SALUD Y CALIDAD DE VIDA**

**PROGRAMA DE SUPLEMENTACIÓN Y MEDIDAS DE CONTROL DEL ÁREA DE
NUTRICIÓN EN UN EQUIPO DE FÚTBOL PROFESIONAL**

Trabajo de Investigación para la obtención del Grado de Doctor, con Mención Internacional, por la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, España

ANTONIO BLAS MOLINA LÓPEZ

Bajo la dirección y tutorización del
Prof. Dr. Francisco José Berral de la Rosa



FRANCISCO JOSÉ BERRAL DE LA ROSA, DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGIA Y CATEDRATICO DE UNIVERSIDAD.

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada "*PROGRAMA DE SUPLEMENTACIÓN Y MEDIDAS DE CONTROL DEL ÁREA DE NUTRICIÓN EN UN EQUIPO DE FÚTBOL PROFESIONAL*" ha sido realizada bajo mi dirección y tutorización en la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, España, por el Doctorando **D. ANTONIO BLAS MOLINA LÓPEZ**

Que, a mi juicio, dicho trabajo de investigación reúne méritos suficientes para optar al grado de Doctor, con Mención Internacional, por la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, España.

BERRAL DE LA
ROSA
FRANCISCO JOSE
- 30441958D

Firmado digitalmente
por BERRAL DE LA
ROSA FRANCISCO
JOSE - 30441958D
Fecha: 2023.01.23
13:25:53 +01'00'

Sevilla, 23 de enero de 2023

ESTANCIAS DE MOVILIDAD EN EL EXTRANJERO

INFORME Y CERTIFICADO DE ESTANCIA DEL INVESTIGADOR/A RESPONSABLE
(Report and stay certificate by the foreign host researcher/professor in charge)

APELLIDOS, NOMBRE: Molina López, Antonio (Surnames, name)
REFERENCIA*: Mención internacional (Reference)

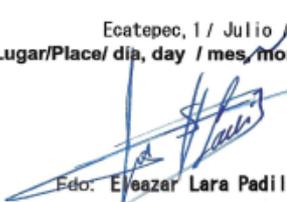
A CUMPLIMENTAR POR EL RESPONSABLE DEL TRABAJO EN EL EXTRANJERO.- (To be completed by the foreign host researcher/professor in charge)
--

EL ABAJO FIRMANTE, CERTIFICA QUE EL INVESTIGADOR/A AL QUE SE REFIERE ESTE DOCUMENTO HA DESARROLLADO SU TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL CENTRO DE TRABAJO DURANTE EL PERIODO SEÑALADO A CONTINUACIÓN (The undersigned certifies that the above named researcher/professor has developed his research work at the host center during the period indicated below)
--

CENTRO RECEPTOR: Universidad Estatal del Valle de Ecatepec, Ciudad de Mexico, Mexico (Foreign host research/academic center)
NOMBRE DEL INVESTIGADOR RESPONSABLE: Dr. Eleazar Lara Padilla (Host researcher/professor in charge)
CARGO: (Position) Profesor de la Maestría en Ciencias del Deporte y el Ejercicio
PERIODO DE ESTANCIA REALIZADO (Period of stay)
DESDE/From: 26 / Marzo / 2021 HASTA/To: 30 / Junio / 2021 día, day / mes, month / año, year día, day / mes, month / año, year

INFORME Y OPINIÓN DEL INVESTIGADOR RESPONSABLE SOBRE LA LABOR REALIZADA POR EL PROFESOR/ INVESTIGADOR. (It is requested that the host researcher/professor in charge give his/her opinion on the work carried out for the researcher):
Antonio Molina López completó las actividades programadas durante el periodo de estancia virtual. Desarrolló una investigación científica de forma conjunta con la Universidad del Valle de Ecatepec que será enviado a la revista RETOS. Todas las actividades comprometidas en la memoria fueron desarrolladas por el investigador, demostrando capacidad investigativa como alumno de doctorado.

Ecatepec, 1 / Julio / 2021
Lugar/Place/ día, day / mes, month / año, year


Edo. Eleazar Lara Padilla
(Signature of the host researcher/professor in charge)

A Dolores López Molina

Agradecimientos

A mi director de tesis, el Prof. Dr. Francisco José Berral de la Rosa y su esposa Beatriz, por encender la luz siempre que apareció la oscuridad.

Al Dr. Helio Moya, sin su ayuda no hubiera sido posible este trabajo, gracias por tantos momentos inolvidables.

A Alicia por su apoyo incondicional y su gran amor.

A mis hijos Pedro, Antonio, Paula y Martina, por tantas horas robadas.

A mis padres por estar siempre.

A mi hermana María Molina por sustituirme profesionalmente en la farmacia sin ningún tipo de condición.

A mi hijo Pedro Molina autor de la portada de esta tesis.

A mi grupo de trabajo en Udinese, desde el fantástico grupo del restaurante a los miembros del staff técnico y sanitario que siempre colaboraron con nuestras ideas.

A mis compañeros nutricionistas Pedro Estevan y Andrea Iuliano por su esfuerzo y dedicación diaria.

A D. Franco Collavino, D. Pierpaolo Marino y D. Fabio Tenore, por apoyar siempre todas las propuestas y corregirme cuando estaba equivocado.

Al Prof. Dr. Eleazar Lara Padilla por permitirme realizar mi estancia internacional en México.

Al Dr. Daniel Rojano Ortega por su inestimable colaboración en todos los análisis estadísticos.

A todos los miembros del Grupo de Investigación CTS-595 por su esfuerzo y trabajo para la mejora del rendimiento de nuestros jugadores.

A Unifarco Italia por apoyar todas nuestras ideas y apostar por la innovación en la nutrición deportiva.

Por último, a la persona que ha hecho posible que desarrollara toda la investigación, ejemplo de tenacidad y capacidad empresarial, mi presidente el Señor D. Giampaolo Pozzo.

INDICE

Contenidos

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS EN ORDEN ALFABÉTICO	18
RESUMEN.....	19
ABSTRACT	21
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	25
1.1 UNIDAD DE NUTRICIÓN EN EL FÚTBOL PROFESIONAL	25
1.2 ESTRATEGIAS DIETÉTICO-NUTRICIONALES POST ENTRENAMIENTO Y POST PARTIDO.....	27
1.3 PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN CORPORAL (CC) APLICADOS A LA RECUPERACIÓN	35
1.4 BIOMARCADORES USADOS EN FÚTBOL PROFESIONAL	37
1.4.1 <i>Cortisol e Inmunoglobulina A (IgA) salivar</i>	41
1.5 PREVENCIÓN DE LESIONES EN EL FÚTBOL.....	44
1.5.1 <i>Consideraciones nutricionales ante una lesión</i>	50
CAPITULO 2: JUSTIFICACIÓN	59
CAPITULO 3: HIPÓTESIS	63
CAPITULO 4: OBJETIVOS	67
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	67
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	67
CAPITULO 5: METODOLOGIA	71
5.1 LA UNIDAD DE NUTRICIÓN EN EL FÚTBOL PROFESIONAL	71
5.2 ESTRATEGIAS DIETÉTICO-NUTRICIONALES POST ENTRENAMIENTO Y POST PARTIDO SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN.	74
5.3 PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN CORPORAL ESTUDIADOS EN PRETEMPORADA	76
5.4 METODOLOGÍA DE LA PREVENCIÓN DE LESIONES EN EL FÚTBOL.....	81
5.4.1 <i>Administración de Quercetina y valores de carga interna: cortisol e IgA</i>	81
5.4.2 <i>Evaluación de IL-6 e Inmunoglobulinas específicas de clase G (IgG) durante la etapa competitiva en fútbol profesional</i>	83
5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS INVESTIGACIONES.....	85
CAPITULO 6: RESULTADOS	89
6.1 LA UNIDAD DE NUTRICIÓN EN EL FÚTBOL PROFESIONAL	89
6.2 ESTRATEGIAS DIETÉTICO-NUTRICIONALES POST ENTRENAMIENTO Y POST PARTIDO SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN	95
6.3 PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN CORPORAL ESTUDIADOS EN PRETEMPORADA	99
6.4 PREVENCIÓN DE LESIONES EN EL FÚTBOL.....	102
6.4.1 <i>ADMINISTRACIÓN DE QUERCETINA Y VALORES DE CARGA INTERNA: CORTISOL E IGA</i>	102
6.4.2 <i>EVALUACIÓN DE IL-6 E INMUNOGLOBULINAS ESPECÍFICAS DE CLASE G (IGG) DURANTE LA ETAPA COMPETITIVA EN FÚTBOL PROFESIONAL</i>	102
CAPITULO 7: DISCUSIÓN	107
7.1 LA UNIDAD DE NUTRICIÓN EN EL FÚTBOL PROFESIONAL	107
7.2 ESTRATEGIAS DIETÉTICO-NUTRICIONALES POST ENTRENAMIENTO Y POST PARTIDO SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN	108
7.3 PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN CORPORAL ESTUDIADOS EN PRETEMPORADA	114
7.3.1 <i>Suplementación para la mejora de la composición corporal (CC)</i>	117
7.4 PREVENCIÓN DE LESIONES EN EL FÚTBOL.....	119

7.4.1 Uso de Cortisol e IgA como medidores de carga interna. Factores que pueden influir en sus resultados.....	119
7.4.2 Suplementación para la mejora de la adaptación al entrenamiento y recuperación - estudio quercetina.....	126
7.4.3 Evaluación de IL-6 e Inmunoglobulinas específicas de clase G (IgG) durante la etapa competitiva en fútbol profesional	128
7.5 LIMITACIONES DE NUESTRA INVESTIGACIÓN	130
CAPITULO 8: CONCLUSIONES	133
CAPITULO 9: PROPUESTA DE PROTOCOLO	137
ANEXO 1: DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	171
ANEXO 2: COMITÉ DE ÉTICA	173
ANEXO 3: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE DE GESTIÓN DEL AREA DE NUTRICIÓN	177
ANEXO 4: INFORMES IGA Y CORTISOL SALIVAR.....	179
ANEXO 5: INFORMES DE COMPOSICIÓN CORPORAL.....	181
ANEXO 6: INFORME DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PERSONALIZADA.....	183
ANEXO 7: ÍNDICES DE CALIDAD. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA - PERÍODO DE DOCTORADO	185
ANEXO 7.1. ARTÍCULO 1	187
ANEXO 7.2. ARTÍCULO 2.....	197
ANEXO 7.3. ARTÍCULO 3.....	207
ANEXO 7.4. ARTÍCULO 4.....	225
ANEXO 7.5. ARTÍCULO 5.....	239
ANEXO 7.6. ARTÍCULO 6.....	247
ANEXO 7.7. ARTÍCULO 7	257
ANEXO 7.8. CAPÍTULOS DE LIBROS	267
ANEXO 7.9. MEETING ABSTRACT 1 - 4	279
ANEXO 7.10. MEETING ABSTRACT 5 - 6	291
ANEXO 7.11. MEETING ABSTRACT 7 - 9	299
ANEXO 7.12. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	309
ANEXO 7.13. CONTRATOS DE INVESTIGACIÓN.....	315
ANEXO 8: CURSOS IMPARTIDOS.....	327
ANEXO 9: CURSOS Y ACTIVIDADES FORMATIVAS	335
ANEXO 10: CERTIFICADOS DE CALIDAD	339

Índice de figuras

Figura 1. Gestores de la información en un equipo de fútbol profesional	26
Figura 2. Conclusiones del estudio realizado por Rojano y cols. con la autorización del autor.	54
Figura 3. Resumen del meta-análisis de Rojano y cols. con la autorización del autor.	54
Figura 4. Sala Club House Udinese Calcio. Comedor del Primer equipo.	72
Figura 5. Pantalla acceso al Software Soccer System Pro.	73
Figura 6. Esquema del software de gestión de elección alimentaria.	73
Figura 7. Máquina emblistadora TIMEDI JV-DEN.	75
Figura 8. Impedancia bioeléctrica (BIA) Tanita MC-780 MA.	78
Figura 9. Absorciómetro Dual de Rayos X (DEXA) GE Healthcare.	79
Figura 10. Kit SOMA bioscience: lector LFD, hisopo, buffer, tira y tarjeta lote.	83
Figura 11. Informe del programa Foodplan correspondiente al panel de 92 alimentos analizados.	84
Figura 12. Rango de la reactividad al alimento estudiado en función de los valores de IgG.	85
Figura 13. Zona de creación de platos y menús en Soccer System Pro.	91
Figura 14. Módulo de elección de menú individualizado.	91
Figura 15. Panel que se presenta en la pantalla instalada en la zona de cocina.	92
Figura 16. Ejemplos de modelo de informe que recibe el jugador semanalmente.	92
Figura 17. Índice PBA/MRO.	97
Figura 18. Diagrama de dispersión y recta de ajuste de la variación de ángulo de fase (PhA) y Masa Magra de los miembros inferiores (MMp).	100
Figura 19. Límites fisiológicos usados como punto de referencia en la medición de la IL-6.	103
Figura 20. Relación entre los valores de IL-6 y número de sujetos.	103
Figura 21. Relación DMR+80 y CM+80.	124
Figura 22. Mejora del tiempo de recuperación y aumento del rendimiento, modificada de Riva y cols. en 2018.	127
Figura 23. Estructura general de un equipo de fútbol profesional.	138
Figura 24. Área de rendimiento de un equipo de fútbol profesional.	139
Figura 25. Test para realizar por el área de nutrición y periodicidad de los mismos.	141
Figura 26. Relación entre los test realizados y su evaluación a 48 y 72 horas post partido.	142
Figura 27. Objetivos y tareas del área de nutrición de un equipo de fútbol profesional.	144
Figura 28. Relación entrenamiento-recuperación-adaptación a la CE.	145

Figura 29. Pilares fundamentales para estudiar en el perfil individual del futbolista profesional.....	145
Figura 30. Grupos de suplementos usados por el nutricionista.	146
Figura 31. Objetivos orientados a mejorar el rendimiento y dependientes del área de nutrición en un equipo de fútbol profesional.....	147
Figura 32. Número de ausencias en competición por lesión de jugadores en partidos en la temporada 2018-2019 en el campeonato de Serie A adaptado de La Gazzetta dello Sport, 2022.	148
Figura 33. Publicación en la Gazzetta dello Sport del día 12 de febrero de 2022.....	148

Índice de tablas

Tabla 1. Incidencia de lesiones en la Serie A italiana en la temporada 2020-21. Adaptado de European Football Injury Index de Howden Sport & Entertainment.....	55
Tabla 2. Relación entre las lesiones y el coste de estas para el club de Serie A en la temporada 2021-2022. Adaptado de European Football Injury Index de Howden Sport & Entertainment	56
Tabla 3. Características generales de los sujetos de nuestras investigaciones..	71
Tabla 4. Características generales de los sujetos al inicio del estudio.	74
Tabla 5. Información nutricional del suplemento de concentrado rico en polifenoles. .	76
Tabla 6. Método utilizado y parámetros analizados.	76
Tabla 7. Características generales de los sujetos al inicio del estudio..	77
Tabla 8. Parámetros medidos por el GPS durante las cuatro semanas de intervención (pretemporada), expresados en valores medios del grupo por semana.	77
Tabla 9. Ingredientes del producto 2.....	81
Tabla 10. Características generales de los sujetos al inicio del estudio.	82
Tabla 11. Principales valores de los parámetros analizados.	96
Tabla 12. Evaluación individual de los jugadores estudiados.....	96
Tabla 13. Resultados obtenidos a nivel inflamatorio por los jugadores	98
Tabla 14. Medias y desviaciones típicas de las variables del estudio obtenidas por BIA y DEXA. Diferencias significativas y tamaños del efecto.....	99
Tabla 15. Relación de alimentos analizados con número de jugadores positivos que presentan reactividad.....	104
Tabla 16. Resultados de los encuentros y niveles de cortisol medios.	125
Tabla 17. Valores medios de distancia recorrida (DMR+80) y cortisol (CM+80).....	125
Tabla 18. Valores medios de cortisol (CM+80) según resultado y lugar del partido...	126
Tabla 19. Valores medios de los partidos jugados por los futbolistas que jugaron más de 80 minutos.	126

Glosario de acrónimos en orden alfabético

AA/DHA: Relación Ácido Araquidónico/Ácido Docosahexaenoico

AA/EPA: Relación Ácido Araquidónico/Ácido Eicosapentaenoico

ACTH: Hormona Adrenocorticotrópica

AEC: Agua Extracelular

AIC: Agua Intracelular

BIA: Impedancia Bioeléctrica

CE: Carga Externa

CI: Carga Interna

CC: Composición Corporal

CK: Creatina Quinasa

DEXA: Absorciometría Dual de Rayos X

DHA: ácido Docosahexaenoico

EPA: ácido Eicosapentaenoico

GPS: Global Position System (Sistemas de Posición Global)

HMB: β -Hidroxi-Metil-Butirato

HPA: eje hipotalámico-Pituitario-Adrenal

IgA: Inmunoglobulina A

IgG: inmunoglobulinas específicas de clase G

IL-6: Interleucina-6

LDH: Lactato Deshidrogenasa

MMp: Masa Magra de las piernas

MRO: Metabolitos Reactivos del Oxígeno

PBA: Potencial Biológico Antioxidante

PCR: Proteína C Reactiva

PHA: Ángulo de Fase

PUFA: *Polyunsaturated Fatty Acids* (ácidos grasos poliinsaturados).

R: Resistencia

RDC: Respuesta al Despertar del Cortisol

SPD: Sistema Personalizado de Dosificación

TNF- α : Factor de Necrosis Tumoral

UFC: Unidad Formadora de Colonias

VO₂ Max: Volumen Máximo de Oxígeno

Xc: Reactancia

Resumen

El futbolista profesional ha modificado su condición física en los últimos años para ser más competitivo. En el fútbol actual los jugadores han de cuidar su estilo de vida y nutrición (alimentación y suplementación), para adaptarse a las cargas físicas de entrenamientos y partidos. De ahí la importancia de una Unidad Nutricional en la estructura sanitaria del Club.

En esta tesis doctoral hemos investigado acerca del efecto de la incorporación de estrategias nutricionales basadas en el uso de antioxidantes post entrenamiento y post partido en jugadores de élite de la primera división italiana de fútbol. Se pretende conocer el efecto de la incorporación de ayudas ergogénicas orientadas a las mejoras del componente muscular del futbolista, así como el efecto de estrategias nutricionales en la recuperación post partido usando para ello la evaluación de nuevos biomarcadores.

En los últimos años, la evaluación de biomarcadores como el cortisol y la Inmunoglobulina A (IgA) salivar son técnicas usadas por los clubes de fútbol para conocer la adaptación del jugador a la carga de entrenamiento, tal y como hemos realizado con nuestros deportistas.

Tras evaluar los resultados obtenidos, hemos concluido que la incorporación de un equipo de nutrición en un club de fútbol que controle los programas nutricionales establecidos sobre los jugadores, además de la alimentación es una estrategia útil para mejorar la composición corporal (CC) de los jugadores, mejorar su adaptación al entrenamiento y la recuperación post partido. Los programas deben ser individualizados y supervisados por el nutricionista, siempre adaptándose este a los programas de entrenamiento y competición.

Los departamentos de nutrición de los equipos de fútbol están evolucionando en los últimos años, convirtiéndose en grupos de trabajo con la misión de evaluar al jugador, establecer objetivos de mejora y desarrollar

estrategias nutricionales basadas en la suplementación y alimentación orientadas a mejorar su rendimiento.

La falta de adaptación del jugador a la carga de entrenamiento genera un mayor riesgo de lesión, pérdida de sesiones de entrenamiento y partidos con un claro perjuicio económico para el Club, y por tanto pérdida de rendimiento. El objetivo en la prevención de la lesión desde el área de nutrición es mejorar la recuperación post entrenamiento y post partido y orientar al staff técnico sobre las cargas de entrenamiento.

Palabras Clave: rendimiento, recuperación, lesiones, fatiga, nutrición, biomarcadores, antioxidantes.

Abstract

Professional football players have modified their physical condition in recent years to be more competitive. Nowadays, players have to take care of their lifestyle and nutrition (diet and supplementation) to adapt to the physical demands of training and matches. Hence the importance of a Nutritional Department in the structure of the Club.

In this doctoral thesis we have investigated the effect of the incorporation of nutritional strategies based on the use of post-training and post-match antioxidants in elite players of the Italian football first division. The aim is to know the effect of the incorporation of ergogenic aids aimed at improving the muscular component of the football player, as well as the effect of nutritional strategies on post-match recovery using the evaluation of new biomarkers.

In recent years, the evaluation of biomarkers such as cortisol and salivary Immunoglobulin A (IgA) are techniques used by football clubs to determine the player's adaptation to the training load, as we have done with our athletes.

After evaluating the results obtained, we have concluded that the incorporation of a nutrition team in a football club that monitors the nutritional programmes established on the players, in addition to the diet, is a useful strategy to improve the body composition (BC) of the players and improve their adaptation to training and post-match recovery. The programmes should be individualised and supervised by the nutritionist, always adapting to the training and competition programmes.

The nutrition departments of football teams are evolving in recent years, becoming working groups with the mission to evaluate the player, set goals for improvement and develop nutritional strategies based on supplementation and nutrition aimed at improving performance.

The lack of adaptation of the player to the training load generates a greater risk of injury, loss of training sessions and matches with a clear economic damage for the Club, and therefore loss of performance. The objective in injury prevention from the area of nutrition is to improve post-training and post-match recovery and to guide the technical staff on training loads.

Keywords: performance, recovery, injury, injury, fatigue, nutrition, biomarkers, antioxidants.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Unidad de nutrición en el fútbol profesional

El área de nutrición de un club de fútbol profesional es un departamento más del engranaje de la optimización del rendimiento de los jugadores y la prevención de lesiones. Esta unidad debe contar con la información en materia de fisiología del deporte y entrenamiento deportivo, para poder establecer e identificar pautas y estrategias nutricionales con el deportista. Las estrategias nutricionales deben adaptarse en cada momento a las necesidades individuales del futbolista con el fin de mejorar su condición física.

La nutrición deportiva abarca todas las fases de la vida deportiva. Está demostrado que, llevando una alimentación e hidratación adecuada, el deportista es capaz de aumentar su rendimiento deportivo, aprovechar más los entrenamientos y recuperar adecuadamente para poder seguir con su actividad de manera normal.

Este trabajo se lleva a cabo dentro de un grupo multidisciplinar. El equipo sanitario que trabaja en un equipo de fútbol profesional de élite está compuesto por médicos, fisioterapeutas, podólogos, nutricionistas y psicólogos que trabajan de manera coordinada con el objetivo de mejorar el rendimiento de los futbolistas, mejorar su salud y prevenir la enfermedad y la lesión.

Este staff sanitario trabaja de forma coordinada con el staff técnico compuesto por el entrenador, segundo entrenador, preparadores físicos, analistas y con el club a través del director deportivo y director general para estructurar el día a día de los jugadores de la plantilla, gestionando y procesando toda la información recibida (Figura 1).

Entrenadores, médicos, preparadores y fisiólogos se enfrentan al desafío constante de prescribir la carga óptima de entrenamiento con el fin de obtener las adaptaciones necesarias en el deportista para que aumente su rendimiento, minimizando la fatiga y el riesgo de que sufra lesiones y enfermedades.



Figura 1. Gestores de la información en un equipo de fútbol profesional

Uno de los grandes retos a los que se enfrenta el staff sanitario es potenciar la salud de los jugadores, puesto que las sesiones de entrenamiento y competición en fútbol suponen una oportunidad de mejora del rendimiento de los jugadores, por lo que afrontarlas en el mejor estado físico y mental es fundamental.

La actividad normal de un jugador de fútbol durante una temporada suele consistir en entrenar, prepararse para el partido, competir y recuperarse del partido, todo esto transcurre en un periodo de 38-40 semanas (1).

Las exigencias físicas de este deporte se han vuelto más intensas en las últimas temporadas (2) y cada vez es más necesario controlar y evaluar los parámetros físicos del jugador para optimizar su rendimiento (3). El fútbol es un deporte que en términos fisiológicos es una actividad intermitente de esfuerzos a diferentes intensidades y recuperaciones incompletas (4,5), que requiere del control de las características físicas, técnicas y tácticas para hallar parámetros que permitan maximizar el rendimiento del jugador.

El número de partidos que un equipo profesional de fútbol suele jugar es alrededor de 60 por temporada, siendo la media de 5,5 partidos al mes (6), pudiendo llegar a más de 76 partidos en el caso de jugadores internacionales (7). En el fútbol de élite, las demandas fisiológicas han variado mucho en los

últimos años, incrementando enormemente la intensidad tanto en entrenamientos como en partidos (8,9). Las razones por las cuáles estas demandas se han aumentado, se deben al incremento de las demandas neuromusculares (por ejemplo, gran número de acciones a alta intensidad y aceleraciones/deceleraciones) y al corto periodo de recuperación entre partidos (10).

El área de nutrición de un club de fútbol también controla la periodización de las ingesta energética y macronutrientes dirigidos a crear cambios positivos en las composiciones corporales deseadas, mientras se mantiene la disponibilidad energética adecuada para la salud y la carga de entrenamiento pesado, apoyando la recuperación específica para las sesiones claves o entrenamiento especializado (11). Los factores de ámbito nutricional son fundamentales para el rendimiento deportivo, consiguen evitar o disminuir la fatiga física y muscular promoviendo la adaptación constante al entrenamiento.

1.2 Estrategias dietético-nutricionales post entrenamiento y post partido

El Udinese Calcio, equipo donde hemos desarrollado la estructura del Departamento de Nutrición, es un equipo de fútbol italiano que organiza la semana de entrenamiento de los jugadores en función del número de días entre partido y partido de competición. Normalmente la semana comienza con un día de trabajo regenerativo post partido y de trabajo compensatorio de los jugadores que no lo disputaron, al que le siguen días con diferentes sesiones de entrenamiento y el día de partido.

Las demandas de alta intensidad que se producen en el fútbol hacen que se produzcan cambios a nivel muscular, endocrino y del sistema inmune, por lo que hay que entender que las estrategias de recuperación después de los partidos y los entrenamientos son esenciales para la preparación del siguiente partido (12). Para la mejora del rendimiento físico en fútbol es necesario la adaptación constante a los ciclos de entrenamiento, cuidando la recuperación post partido, y consiguiendo los objetivos marcados en cuanto a CC.

El área de nutrición desarrolla estrategias nutricionales para colaborar en el proceso de adaptación o recuperación, y para evaluar su eficacia se realizan diferentes mediciones y valoraciones a los jugadores. El problema principal es que estas mediciones pueden ser costosas económicamente. Además, y con el fin de hacer interpretaciones significativas, los entrenadores deben ser conscientes de la variabilidad individual, entre partidos y entrenamientos de estos marcadores (13).

A lo largo de la temporada se planifica la suplementación diaria, nutrición deportiva orientada al entrenamiento y competición, así como la dieta diaria para conseguir mejorar el rendimiento individual y global del equipo. Por ejemplo, se sabe que los jugadores de fútbol pueden mejorar la recuperación funcional al ingerir 40 gramos de proteína de caseína después de los partidos jugados por la noche (14). En la actualidad existen estudios que indican un buen nivel de evidencia de diferentes suplementos como estrategia nutricional para prevenir y atenuar el daño muscular producido por el ejercicio, estrategias como el uso de creatina, omega 3, vitamina D son fundamentales en el proceso de recuperación del jugador (15).

Para esta planificación nutricional, el área de nutrición participa de forma activa en la toma de datos relativos a la monitorización de parámetros físicos y bioquímicos, donde la educación nutricional desempeña un rol fundamental.

Teniendo en cuenta la alta variabilidad de la respuesta debido a las características individuales de los futbolistas y sus diferencias fisiológicas, físicas, metabólicas dependientes de cada entrenamiento o partido, necesitamos usar diferentes marcadores para hacer valoraciones en conjunto y establecer índices de correlación.

Es fundamental comprobar si los entrenamientos generan procesos anabólicos en la masa magra del deportista, sin generar importantes alteraciones de los marcadores bioquímicos y sin llegar al sobre entrenamiento físico y mental, así como generar buenas recuperaciones post partido y post entrenamiento. En caso de que los marcadores bioquímicos no retornen a su

estado inicial, deberemos estar atentos a los efectos sobre el deportista e intentaremos minimizarlos a través de la suplementación.

Una recuperación insuficiente después de un partido puede llevar a la fatiga (16) y puede predisponer a una deficiencia de minerales en los jugadores, tales como magnesio y hierro (17) además de condicionar la respuesta inmunológica (18). Para controlarlo, se administran suplementos minerales o vitamínicos (13).

Las concentraciones de sustratos energéticos disponibles a la hora de realizar el ejercicio condicionarán el empleo predominante de algunos patrones dietéticos o suplementación específica. Las manipulaciones dietéticas van destinadas fundamentalmente a intentar controlar los niveles de glucógeno muscular y hepático disponibles antes de empezar un ejercicio. Cuanto mayor es la cantidad de glucógeno almacenado, más tiempo somos capaces de realizar ejercicio sin que aparezca la fatiga, si bien es cierto que la tasa de utilización de hidratos de carbono es más elevada al final que al inicio del ejercicio (19).

La carga diaria de hidratos de carbono permite la utilización de mayor cantidad de glucógeno y glucosa. Al elevar las reservas musculares de glucógeno se utiliza más glucosa y se produce más lactato en comparación con los valores observados a la misma intensidad de ejercicio, pero con depósitos bajos de glucógeno muscular (19).

Durante un partido de fútbol, la labor del nutricionista es fundamental ya que el consumo de carbohidratos tanto antes y durante la competición es una estrategia nutricional comúnmente recomendada para los jugadores. Por un lado, para conservar las reservas endógenas de energía en forma de glucosa en sangre y glucógeno muscular, y por otro, para atenuar la disminución en el rendimiento físico, especialmente, durante el transcurso de la competición. El descanso a mitad del partido ofrece oportunidades únicas para los profesionales que trabajan en deportes de equipo como el fútbol (20).

Por todo ello, podemos decir que la alimentación forma parte de los pilares que conforman el rendimiento motor. No es posible entrenar con calidad si la alimentación no es la adecuada. Está sobradamente demostrado que una correcta alimentación en el deportista ayuda a mantener la salud y evitar la

enfermedad, carencias energéticas, minerales y vitamínicas, así como a mejorar el rendimiento deportivo y recuperar de manera adecuada.

La nutrición es un factor limitante importante en el rendimiento; por ello, cada día son más los equipos de fútbol profesionales que incorporan dietistas-nutricionistas en el día a día del trabajo del staff sanitario con los futbolistas (20). Ingestas inferiores a las necesarias pueden llevar a un estado de déficit energético que se traduce en una desnutrición energético-proteica, lo que produce una disminución del rendimiento deportivo, pérdida de masa muscular, disminución de glucógeno muscular y pérdida de peso, entre otros (21).

Asimismo, un mal aporte de líquido puede provocar una deshidratación, y si alcanza una pérdida del 2% del peso total en forma de líquido, influirá de manera negativa en el rendimiento deportivo (22).

Las estrategias nutricionales llevadas a cabo con el objetivo de aumentar las reservas de glucógeno muscular influyen positivamente en el rendimiento, retrasan la aparición de la fatiga y evitan el catabolismo muscular exacerbado. Así mismo el aporte de hidratos de carbono durante los entrenamientos exigentes y las competiciones es vital para disminuir la oxidación de glucógeno muscular y evitar la fatiga por depleción de las reservas (20).

Una buena recuperación posterior al entrenamiento o competición es básica para la recuperación del estado hídrico del futbolista, así como de las reservas de glucógeno muscular y la mejora de la recuperación del catabolismo muscular induciendo la síntesis proteica. El tiempo de administración de los alimentos o suplementos recuperadores y el tipo, influyen de forma efectiva en la recuperación (23).

La monitorización permite evitar picos no planificados de Carga Interna (CI) en el jugador y además ajustar las cargas de entrenamiento cuando esté inmunodeprimido, con el fin de permitir que los biomarcadores del sistema inmunitario vuelvan a sus valores de referencia (24).

El uso de antioxidantes en deportistas es un tema que ha creado mucha controversia (25). Aunque el ejercicio inicialmente parece ser contraproducente para la integridad de la membrana (26), pasado un tiempo se produce una supercompensación con aumento del agua intracelular, haciendo que la calidad de la

membrana mejore (27). Autores como Yavari y cols. en 2015, consideran que el aporte de antioxidantes en la alimentación es insuficiente por lo que estos necesitarían un aporte adicional (28). Esta suplementación está cobrando cada día más interés por sus propiedades ante la inflamación, el daño muscular y el estrés oxidativo (29).

Estudios en futbolistas jóvenes de élite han concluido que tras un entrenamiento en fútbol o durante la competición, hay una excesiva producción de radicales libres, y por tanto estrés oxidativo, lo que podría disminuir la eficiencia del sistema antioxidante (30). Por ello, desde el punto de vista preventivo, se recomendaría una dieta rica en antioxidantes como frutas y verduras (31). Estrategias relacionadas con la dieta, los complementos alimenticios y la monitorización del rendimiento serían las más adecuadas para mejorar el rendimiento y su recuperación (32), junto con una correcta CC por su influencia directa en el rendimiento físico de los deportistas (33). El aporte de antioxidantes en la dieta puede ser insuficiente en los deportistas, como establecieron Yavari y cols. en 2015 (28). Además, los jugadores de fútbol muestran un mayor nivel de estrés oxidativo que otros atletas. Por lo tanto, podemos afirmar que la ingesta de alimentos es probablemente insuficiente en esta población, y que probablemente se beneficiarían de la suplementación (34).

El selenio, un oligoelemento natural, desempeña un papel importante en la defensa antioxidante endógena como componente esencial de las selenoproteínas, y condiciona la actividad de la enzima glutatión peroxidasa. Las propiedades de este oligoelemento se centran en la mejora del rendimiento deportivo y la recuperación del entrenamiento (35).

El zinc es reconocido como un metal redox-inerte, y funciona como antioxidante a través de la acción catalítica de la superóxido dismutasa, la estabilización de la estructura de la membrana, la protección de los grupos proteicos de sulfhídrico y la regulación positiva de la expresión de la metalotioneína, y también suprime las respuestas antiinflamatorias que de otro modo aumentarían el estrés oxidativo. Por otro lado, el exceso de este micronutriente, así como la deficiencia, han demostrado que causan estrés oxidativo celular (36).

Además, algunos estudios han descubierto que el potencial antioxidante del organismo no era lo suficientemente potente como para neutralizar el potencial prooxidante del entrenamiento y los partidos, por lo que puede ser interesante administrar ciertos suplementos (37). La vitamina C es un antioxidante que elimina directamente los radicales superóxido, hidroxilo e hidroperóxido lipídico, y desempeña un papel importante en el reciclaje de la vitamina E generada en las membranas celulares durante el estrés oxidativo (38). En el caso de la vitamina E, es el principal antioxidante que actúa sobre las membranas celulares y otras estructuras ricas en lípidos, como las mitocondrias o el retículo sarcoplasmático (39). Ambas vitaminas han demostrado disminuir la respuesta de la interleucina-6 (IL-6) al ejercicio (40), mientras que se ha demostrado que dosis elevadas mantenidas en el tiempo dificultan ciertas adaptaciones (41).

En nutrición deportiva no se busca solo el mejor estatus posible para el rendimiento, sino también, y es el objetivo más importante, el mantenimiento de la salud. Por ello, una parte importante de la actividad del área nutricional se basa en la nutrición clínica deportiva, ayudando a preservar la salud.

En la confección de los menús que componen la dieta del jugador y estrategias nutricionales orientadas a mejorar su rendimiento, los criterios relacionados con la salud intestinal están cada día más presentes. El intestino es un órgano complejo altamente organizado que desarrolla múltiples funciones: digestión y absorción de nutrientes, defensa inmunológica y regulación endocrina.

La superficie de la barrera gastrointestinal está revestida de células epiteliales que la presenta como una barrera eficaz compuesta de uniones intercelulares que separan el medio interno del externo del lumen intestinal, bloqueando el paso de sustancias potencialmente dañinas.

Las alteraciones del mecanismo funcional de la barrera intestinal favorecen el desarrollo de respuestas inmunológicas exageradas. Los cambios en la barrera intestinal se han asociado al desarrollo de procesos inflamatorios a

nivel intestinal (celiaquía, patología inflamatoria o síndrome de intestino irritable) o a otras condiciones extradigestivas como esquizofrenia, diabetes o sepsis (42,43).

Las dos funciones principales del tracto gastroentérico son la digestiva y la defensiva, que se altera en base de la anatomía de la mucosa intestinal, donde varios mecanismos inmunológicos o no, convergen de manera coordinada para garantizar el funcionamiento (44).

La barrera intestinal es un sistema dinámico en el que intervienen diferentes factores y el aumento del paso de sustancias por incremento de la permeabilidad no implica necesariamente su disfunción. La progresión desde el aumento de la permeabilidad intestinal hasta la aparición de la enfermedad implica un desequilibrio de los diversos factores que mantienen la función barrera, siendo el sistema inmunitario el principal candidato a ejercer un mayor efecto sobre esta, dada la asociación entre inflamación y disfunción de la barrera en diferentes enfermedades digestivas. En condiciones normales, el aumento de la permeabilidad es insuficiente para causar enfermedad intestinal ya que la barrera epitelial tiene la capacidad de restablecerse una vez ha cesado el estímulo inductor. No obstante, en ciertas condiciones patológicas, esta capacidad de autorregulación se puede perder y contribuir al incremento de la permeabilidad, facilitando la inflamación intestinal crónica. Como patologías intestinales relacionadas con la permeabilidad intestinal podemos encontrar:

- Enfermedad inflamatoria intestinal, por alteración en las uniones intercelulares asociadas a inflamación en la mucosa y disminución de la tolerancia inmunológica.
- Enfermedad celíaca. Alteración de las uniones intercelulares asociado a la zonulina.
- Alergia alimentaria por activación de los mastocitos e inflamación.
- Síndrome de intestino irritable. Alteración en las uniones intercelulares asociado a la activación de los mastocitos y al estrés psicológico (45).

La función barrera intestinal es esencial para el mantenimiento de la homeostasis intestinal y para la prevención de respuestas inmunitarias exageradas que faciliten la inflamación intestinal crónica. Esta función de defensa está llevada a cabo por numerosos elementos de diferente naturaleza y localización anatómica y su finalidad es preservar la integridad intestinal. Las uniones estrechas determinan de forma crítica la función barrera, por lo que el conocimiento de su regulación y la forma en que modulan los cambios en las células epiteliales es esencial para entender su contribución a la patogénesis de enfermedades gastrointestinales asociadas a la disfunción de la barrera. Por lo tanto, las estrategias terapéuticas dirigidas al restablecimiento de esta función defensiva son una vía prometedora para la recuperación de la homeostasis intestinal y la salud general.

El ecosistema bacteriano que compone la flora intestinal es muy delicado, siendo muchas las variables que pueden incidir en su equilibrio, mejorando o provocando daño.

Fármacos como antibióticos, inhibidores de la bomba de protones, o antihipertensivos, dieta, infecciones, procesos inflamatorios, estrés o factores genéticos son los principales factores que la influyen.

Cuando hablamos de la dieta sabemos que un modelo de dieta que se considera útil para la mejora de la salud intestinal es la dieta mediterránea, caracterizada por un mayor consumo de frutas y verduras (ricas en fibra, antioxidantes y vitaminas), aceite de oliva y pescado azul (rico en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados). Estos alimentos mantienen sana la microbiota intestinal, previniendo la disbiosis.

Las alergias o alteraciones inmunológicas que pueden provocar los alimentos a las personas han crecido en los últimos años. Investigaciones recientes indican un papel fundamental de la microbiota en este proceso, fuertemente influenciado por factores ambientales o dietéticos, convirtiendo a la microbiota en un importante modulador de la respuesta inmunológica (46).

1.3 Parámetros de Composición Corporal (CC) aplicados a la recuperación

La nutrición del deportista en las diferentes fases de la temporada es vital para asegurar el máximo rendimiento en las competiciones, así como para mantener una correcta CC.

El control de la CC del deportista, con la modificación de los distintos componentes corporales (masa grasa y masa muscular) viene influenciada en cierta medida por la alimentación que tiene el jugador, así como el entrenamiento que ha realizado; de esta manera, el aumento de masa muscular o la disminución del componente grasa va a depender directamente de la relación entre estas dos variables y de la realización de estrategias adecuadas para llegar al objetivo marcado (23). En todo este proceso, la educación alimentaria y nutricional es vital para la consecución del objetivo.

La CC es un factor condicionante del rendimiento deportivo que podemos monitorizar para guiar al deportista hacia el éxito. Para la determinación de la misma, usamos diferentes técnicas: antropometría, Absorciometría Dual De Rayos X (DEXA), e Impedancia Bioeléctrica (BIA).

Los científicos siempre han tenido una gran inquietud por conocer la CC del ser humano, y el hecho de conocerla con exactitud permite establecer objetivos más precisos para la mejora del estado de salud y del rendimiento físico. La disminución del tejido grasa y el aumento de la masa muscular tienen una estrecha relación directa con la mejora del rendimiento motor y la prevención de lesiones, mejorando así la salud del deportista. En el deporte que nos ocupa, el fútbol, nos permiten establecer objetivos de CC en función de las diferentes fases de la temporada.

El análisis y el control de la CC son claves en el deporte, y sobre todo en el fútbol, por su implicación en la salud y en el rendimiento, siendo considerada la masa magra como un predictor de la salud muscular (47).

La CC es clave en la actitud física puesto que un exceso de tejido grasa actúa como peso muerto en actividades comunes del juego, como correr y saltar, donde la masa corporal debe levantarse repetidamente contra la gravedad o

influyendo sobre el gasto de energía, la relación potencia/peso de los jugadores y la capacidad de aceleración.

Una de las etapas en la que esta aptitud se ve afectada es en el periodo de descanso profesional, como es la etapa fuera de temporada o cuando sufre una lesión. Está demostrado en la literatura que se debe encontrar el punto óptimo de cada jugador para conseguir el nivel de grasa apropiado y el nivel de desarrollo muscular, dado que las cargas de entrenamiento inadecuadas pueden dar lugar a resultados indeseables que podrían afectar a factores de rendimiento como la velocidad, la fuerza o la potencia y aumentar el riesgo de lesión (48).

Para que un método de estudio de la CC sea válido, se debe de tener un error de las sumas de las masas, frente al peso en balanza, de +/- 3%. En la actualidad el método más empleado en consulta para valorar la CC es la BIA (49). La precisión de la BIA para evaluar la CC dependerá del estado de hidratación, consumo de alimentos o bebidas, temperatura del aire o piel, actividad física reciente y cantidad de líquidos en la vejiga (50).

BIA ha sido validado por las empresas comerciales a través de estudios de DEXA. Una herramienta rápida, segura y no invasiva muy utilizada para la medición de los fluidos corporales (51). La BIA nos aporta información acerca de la resistencia (R) u oposición que ofrecen los tejidos al paso de una corriente eléctrica de tipo alterno, siendo ésta, inversa al contenido de agua y electrolitos, y la reactancia (Xc), u oposición que ofrecen las membranas celulares al paso de la corriente, lo que a su vez nos permite determinar el estado de integridad de las células (52). Uno de los tipos de BIA más utilizados para determinar la CC es la multifrecuencia octopolar y segmental, una prueba que se caracteriza por su facilidad para efectuarla en un club de fútbol, obteniendo un dato rápido y útil del jugador durante la semana.

Uno de los valores interesantes que aporta la BIA es el Ángulo de Fase (PhA), $[PhA = \arctan(Xc/R) * 180/\pi]$ (53).

El PhA es el parámetro de la BIA mayormente establecido para el diagnóstico de la desnutrición y el pronóstico clínico, ambos asociados con cambios en la integridad de la membrana celular y las alteraciones en el balance de líquido. El PhA nos permite obtener información acerca del estado de las

membranas celulares, un indicador de cambios en la cantidad y calidad de la masa celular que ha mostrado su relación con marcadores bioquímicos de daño muscular y que expresa cambios en la cantidad y la calidad de la masa de los tejidos blandos, es decir, la permeabilidad de la membrana celular e hidratación, y se ha manifestado la utilidad del mismo en atletas (54).

Varios autores sugieren que el PhA puede ser una herramienta importante para evaluar el resultado clínico o para evaluar la progresión de la enfermedad y este puede ser superior a otros indicadores nutricionales, bioquímicos o antropométricos (55).

1.4 Biomarcadores usados en fútbol profesional

Diferentes autores han señalado la relevancia que la recuperación tiene en el rendimiento deportivo, pues constituye uno de los principios básicos del entrenamiento. Para valorar este proceso se han utilizado diferentes biomarcadores, entre los cuales se encuentran los bioquímicos. Su control, seguimiento y evaluación proporcionan una comprensión de cómo un futbolista se recupera de la competición y/o entrenamiento y facilita una guía práctica sobre cuando pueden ser más vulnerables a lesiones y estados de sobreentrenamiento no funcionales.

El personal médico e investigadores en fútbol deben usar indicadores bioquímicos cuando se evalúa a los jugadores en competición real o evaluar la efectividad de las intervenciones específicas (56). Toda información es fundamental en la planificación de la suplementación diaria del jugador.

El uso de estos biomarcadores puede mejorar de forma más eficaz la capacidad de los entrenadores para valorar el periodo de recuperación tras una sesión de entrenamiento y para establecer la intensidad de las sesiones posteriores (24).

Para poder llevar a cabo este objetivo, se efectúan, evalúan y supervisan diferentes pruebas, biomarcadores o parámetros a los jugadores en diferentes periodos de la temporada. Existe una gran variedad de marcadores utilizados en la actualidad (de rendimiento, perceptivos y bioquímicos) para el control del

organismo ante la carga de entrenamiento. Estos marcadores bioquímicos, que se monitorizan a día de hoy en el deporte, normalmente se incrementan después del ejercicio (6,57-59).

Estos ítems proporcionan una información útil para establecer estrategias de tratamiento en las diferentes áreas sanitarias y aportar información sobre el estado físico de los jugadores. Se considera de extrema importancia proveer a todos los miembros del grupo de trabajo de suficiente información sobre la respuesta del organismo ante estas demandas, para preparar el entrenamiento y la recuperación (60).

Los diferentes tipos de entrenamiento y la variedad de reacciones fisiológicas que sufre un deportista a la hora de realizar actividad física, explican por qué la medicina deportiva sigue buscando la mejor manera de monitorizar los efectos del entrenamiento (17). Estudios previos nos indican que los jugadores de fútbol sufren de cambios significativos a nivel bioquímico y hematológico a mitad de la temporada debido a la carga de trabajo y también a la adaptación inducida por el entrenamiento (61).

Los clubes de fútbol poseen recursos económicos para poder establecer estos controles. En el club donde centramos nuestro trabajo de investigación, los jugadores suelen realizar dos o tres comidas al día en el club por lo que podemos establecer estrategias nutricionales y supervisarlas de forma activa, incluso estableciendo sistemas de cumplimiento de las tomas propuestas.

En la mayor parte de clubes, durante los primeros meses de la temporada se realizan perfiles individuales de los jugadores a nivel sanitario, se valora diaria y semanalmente la carga de entrenamiento usando la nutrición como un elemento preventivo en la mejora del estado físico y metabólico del jugador ayudando a establecer adaptaciones a los ciclos de trabajo establecidos. Se sabe que en deportistas y sobre todo de alto nivel, los valores de referencia normales no se deben tomar en consideración, ya que marcadores lipídicos, del sistema inmune, del daño muscular u hormonales van a tener variaciones tanto durante la temporada como dependiendo del día del análisis (post partido, post recuperación,...) (62).

Al mismo tiempo, durante la temporada se recogen datos referentes a entrenamiento, estrategias de suplementación, tipo de dieta diaria, CC y marcadores bioquímicos, que posteriormente se estudiarán para observar o no una relación con el rendimiento físico del jugador.

Tenemos dos tiempos en la obtención de datos, pruebas mensuales y pruebas semanales que nos servirán para definir las estrategias nutricionales e intervenciones específicas.

Los análisis de sangre nos sirven para evaluar carencias nutricionales o complementar la información obtenida en cuanto a marcadores de fatiga de las pruebas semanales. La recogida de datos sanguíneos es una prueba que normalmente se realiza en equipos de fútbol (63). Entre los parámetros analizados en los análisis de sangre se encuentran los relacionados con el daño muscular y capacidad antioxidante.

El daño muscular inducido por el ejercicio se produce después de una sesión caracterizada por contracciones musculares de alta intensidad, particularmente excéntricas (64). La inclusión de un programa de entrenamiento con sobrecarga excéntrica es habitual en el fútbol, ya que ha demostrado la optimización de la condición física específica de los futbolistas (65).

Tras este daño estructural, se produce una marcada reducción del control de la liberación de iones de calcio del retículo sarcoplásmico resultante de este daño inicial, lo que conduce a un mayor daño de las fibras musculares y a la apoptosis (66). Esta apoptosis desencadena una cascada inflamatoria que actúa para eliminar las células necróticas y activar el sistema inmunitario, lo que da lugar a la formación de especies reactivas de oxígeno o radicales libres (67), que pueden dañar aún más las proteínas (68) y las membranas celulares cuando se producen en exceso, y contribuyen a dañar el músculo esquelético. Este daño incluye la reducción de la fuerza muscular, un marcado dolor muscular y niveles elevados de biomarcadores de estrés oxidativo, inflamación y daño muscular (69). El estrés oxidativo, la inflamación y el daño muscular son procesos que, en última instancia, sobrepasan la capacidad antioxidante del organismo, lo que hace que éste se adapte e intente restablecer el equilibrio homeostático (70).

Las exigencias físicas del fútbol profesional se han vuelto más intensas en las últimas temporadas (2), y cada vez es más necesario controlar y evaluar los parámetros físicos del jugador para optimizar su rendimiento (3). El uso de biomarcadores puede mejorar de forma más eficaz la capacidad de los entrenadores para evaluar el periodo de recuperación tras una sesión de entrenamiento y para establecer la intensidad de las sesiones posteriores (24). Entre estos biomarcadores tenemos el factor de necrosis tumoral (TNF- α), IL-6, lactato deshidrogenasa (LDH) o proteína C reactiva (PCR) (71).

La degeneración de las fibras musculares y la inflamación aguda concomitante comienzan en las primeras horas tras la lesión. Inmediatamente después de la lesión muscular, el sarcolema se rompe y las miofibras sufren necrosis, lo que se refleja en un aumento de los niveles plasmáticos de proteínas musculares como la creatina quinasa (CK). La necrosis muscular activa los mastocitos residentes, que a su vez segregan citocinas (es decir, IL-1, IL-6, TNF- α) para reclutar células inflamatorias circulantes (68).

Los radicales libres, que pueden encontrarse como derivados nitrogenados o metabolitos reactivos del oxígeno (MRO), tienen una reactividad bastante elevada y una vida corta (72). El potencial biológico antioxidante (PBA) desempeña un papel destacado como barrera plasmática contra el estrés oxidativo, representado por enzimas o sustancias endógenas introducidas a través de la dieta (37). Omi y cols. (73) en 2019, proporcionaron el índice PBA/MRO como medida para expresar el estado antioxidante de los deportistas.

Los parámetros analíticos específicos indicativos del estrés oxidativo incluyen el PBA, MRO, la relación PBA/MRO, la concentración de selenio, la concentración de zinc, la relación ácido araquidónico/ácido eicosapentaenoico (AA/EPA), la relación Ácido Araquidónico / Ácido Docosahexaenoico (AA/DHA) y la Hormona Adrenocorticotrópica (ACTH). Los radicales libres, que pueden encontrarse como MRO, tienen una reactividad bastante alta y un tiempo de vida corto (72).

Otro biomarcador es la IL-6, una citoquina producida por el organismo durante la inflamación aguda o crónica y que interviene en la regulación de la respuesta inmunitaria. Su valor aumenta durante las enfermedades

inflamatorias, las infecciones, los trastornos autoinmunes y las enfermedades cardiovasculares, pero su sobreexpresión también puede interpretarse como un signo de inflamación subclínica, y puede ser indicativa de un aumento de la permeabilidad de la barrera intestinal, lo que se traduce en una mayor capacidad de respuesta a determinados alimentos.

1.4.1 Cortisol e Inmunoglobulina A (IgA) salivar

El cortisol se considera uno de los valores catabólicos más útiles para valorar el sobre entrenamiento (16,74). La IgA es considerada como un marcador de respuesta inmunológica.

La recolección y análisis de la saliva está creciendo en los últimos años como una herramienta no invasiva para evaluar biomarcadores relacionados con el rendimiento en el fútbol y para optimizar la recuperación en los períodos entre entrenamientos y partidos. Se ha demostrado que las exigencias físicas del fútbol profesional se han vuelto más intensas en las últimas temporadas. Por ello, en la mayoría de los clubes de fútbol profesional se han incorporado nuevas tecnologías para monitorear las respuestas individuales y grupales al proceso de entrenamiento, en un intento de optimizar la carga de entrenamiento y las estrategias de recuperación tras un entrenamiento o partido.

Las pruebas de saliva que miden biomarcadores útiles en la medición de esta respuesta fisiológica representan un método rápido, conveniente y no invasivo para obtener información detallada sobre las respuestas inmuno-endocrinas.

El estrés indicado por cortisol, una medición confiable de la activación del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA) es importante en la preparación para la competición. En golfistas adultos (75), se encontró correlación entre el incremento de niveles de cortisol salivar y la ansiedad. Resultados similares fueron obtenidos en los estudios de jugadores de rugby adultos (76), y en tenistas adultos (77). Por su parte, otros demostraron que un alto nivel de ansiedad cognitiva se correlaciona con altos niveles de cortisol salivar en judocas adultos (78). También en baloncesto, tenemos estudios que muestran que la

ansiedad somática se correlaciona con el cortisol salivar precompetitivo en jugadores adultos (79).

Actualmente se le está prestando gran atención al cortisol salivar al ser un posible indicador de estrés, sobreentrenamiento o fatiga física y a la IgA al suponer la primera barrera de defensa de nuestro sistema inmunológico. La competición deportiva es un ejemplo de exposición aguda que activa el eje HPA (80), ya que la competición se caracteriza por ser una situación donde el resultado es impredecible, y en ocasiones la situación es inestable. En anticipación o en respuesta a la presencia de agentes estresores psicológicos, se estimula el eje HPA (81). El hipotálamo integra diferentes influencias de estrés, y las respuestas del hipotálamo se reflejan vía sistema endocrino, el sistema nervioso central, y la conducta (82). La activación del HPA se asocia con la liberación de glucocorticoides al torrente sanguíneo, especialmente cortisol, el glucocorticoide más activo (83). El cortisol es una hormona esteroidea producida en la corteza adrenal; su influencia dentro del organismo se relaciona con el estímulo del catabolismo de las proteínas. Además, tiene un efecto antiinflamatorio, y participa en el incremento de la vasoconstricción causada por la adrenalina, preparando al cuerpo para cambios externos y adaptaciones como respuesta al estrés (84). Esta hormona interviene en respuestas fisiológicas y conductuales por los cambios físicos y estresores psicológicos; es decir, prepara al cuerpo para responder a una situación estresante de naturaleza física, inestable e incontrolable (85), como lo es la competición deportiva. El cortisol salivar es una hormona catabólica que tiene relevancia científica en el ámbito deportivo para representar las respuestas a la carga de entrenamiento y los partidos en el fútbol (84).

La recolección de muestras de saliva es no invasiva, indolora y útil para medir la fatiga física. Estas son las ventajas clave de usar esta muestra en lugar de la sangre, que es más engorrosa, invasiva, y a veces dolorosa, conllevando un mayor riesgo de infección y en la mayoría de los entornos requiere supervisión médica.

En el caso del cortisol, son muchas las publicaciones que relacionan el cambio de tendencia en su medida con una falta de adaptación a la carga de

entrenamiento. Relacionado con datos de marcadores en análisis de sangre, nos servirán para poder interpretar la respuesta del sistema nervioso simpático y suprarrenal al sobre entrenamiento (86).

El efecto atenuante del cortisol sobre la respuesta inmunitaria también ha sido bien documentado (24). Los linfocitos T son activados por citocinas (interleucinas) a través de vías de señalización. El cortisol impide que los receptores en los linfocitos T reconozcan las interleucinas, reduciendo la proliferación de estas células y por tanto frenando la inflamación. Del mismo modo reduce la inflamación debido a la inhibición de la secreción de histamina.

La capacidad del cortisol en disminuir la respuesta inmune puede hacer que las personas que sufren de estrés crónico sean más vulnerables a infecciones (24), y en relación al ejercicio, la determinación del valor del cortisol e IgA ha demostrado tratarse de un método fiable para comparar los valores en reposo y después del ejercicio (87,88), así como para medir las respuestas agudas y crónicas al estrés (89,90).

La respuesta al despertar del cortisol (RDC) se ha utilizado como biomarcador de la respuesta al estrés en una multitud de investigaciones psicológicas. El cortisol junto con la testosterona actúa como indicadores de procesos adaptativos al ejercicio o entrenamiento, y las posibles alteraciones que surgen por una mala capacidad adaptativa de las cargas y niveles de intensidad y duración (91).

Muchos biomarcadores como estos dos carecen de valores de referencia a nivel general y requieren de una individualización en función de características como la raza o la posición en campo.

El valor de cortisol más elevado se obtiene por la mañana, dado que tiene una regulación acorde al ciclo circadiano y va disminuyendo a lo largo del día. Diversos estudios han encontrado diferencias en los niveles antes y después de la competición (92,93); así como puede aumentar o disminuir después del ejercicio de alta intensidad según el nivel de entrenamiento del sujeto (24).

1.5 Prevención de lesiones en el fútbol

Durante un partido de fútbol, el jugador suele recorrer entre 9 y 14 kilómetros, de los cuales la mayoría son andando o corriendo suave. Dentro de esta distancia, se realizan actividades a alta intensidad, como sprints, saltos, golpes, entradas al balón, cambios de dirección, aceleraciones y deceleraciones, siendo éstas las acciones fundamentales en el desarrollo final del juego. Todas estas acciones son importantes a la hora de evaluar la carga muscular. Para entender el nivel de intensidad de un partido, se sabe que durante el mismo los jugadores llegan a unas medias del 85% de la frecuencia cardiaca máxima y unos picos hasta del 98% (94–97). Los niveles de lactato en un partido van de 2 a 14 nano moles (nM) indicando la gran cantidad de carga anaeróbica del fútbol y una carga aeróbica correspondiente al 75% del VO_{2max} (Volumen Máximo de Oxígeno) (97). Esta alta demanda, hace que existan momentos de alta fatiga durante los partidos, sobre todo en la fase final de los mismos (56).

El fútbol es uno de los deportes que tras un partido genera más inflamación, daño muscular y cambios a nivel metabólico (17-19) y la participación en un partido va asociada a una fatiga aguda que se caracteriza por una bajada del rendimiento deportivo en las siguientes horas o días (98-100). Un reciente metaanálisis ha concluido que los periodos de recuperación post partido tendrían que prolongarse al menos 72 horas para permitir una completa normalización bioquímica, neuromuscular y perceptual en el propio futbolista (56).

Se ha estudiado que el riesgo de daño tisular y de lesión que causa una mala preparación de la carga de entrenamiento o la falta de recuperación es muy alta en jugadores de fútbol (101). Cuando un jugador se lesiona, el club pierde a ese jugador en competición ya que las lesiones incluyen cualquier evento resultante en imposibilidad para entrenar completamente o jugar un partido (102).

La carga de entrenamiento y la fatiga deben modularse en función de los períodos de competición, modificando los estímulos de trabajo con el objetivo de respetar el principio de adaptación y evitar una posible enfermedad o lesión. La carga de entrenamiento puede dividirse en carga interna (CI) y externa (CE).

La CE está relacionada con la actividad física desarrollada en los entrenamientos y partidos, es el resultado o respuesta de las actividades del futbolista. En cambio, la CI se define generalmente como la respuesta fisiológica del futbolista a la CE de entrenamiento, así como el estrés bioquímico del individuo al trabajo físico propuesto.

Para el control de la CE, los equipos de fútbol profesionales disponen de sistemas multicámaras y sistemas de posición global, en inglés *Global Position System* (GPS) (103). El GPS es el método de control de la carga más utilizado para monitorizar el rendimiento de los entrenamientos y los partidos (104), sobre todo en deportes de campo como el fútbol. La distribución de la carga en pretemporada es superior a la de temporada, por lo que el control y evolución del jugador en este periodo podría ser clave (105).

Se debe tener en cuenta que exponer a un jugador sin haber cumplido un proceso de recuperación incrementa la incidencia lesional (10,106-108). Factores intrínsecos (edad, posición, raza) y extrínsecos (nivel de competición, importancia de partido, juego del oponente, ...) influyen en la carga tanto interna como externa que cada jugador va a desarrollar durante el tiempo de recuperación (109,110).

El número de lesiones por cada 1000 horas de juego o entrenamiento varía mucho según los estudios, pero en la mayoría de ellos se encuentra entre 4 y 8 lesiones por cada 1000 horas (111-113). La mayor parte de las investigaciones concluyen que las lesiones más comunes en fútbol son las ocurridas en el muslo. Muy pocos estudios sitúan en primer lugar las lesiones de rodilla o de tobillo (114).

Aproximadamente el 90% de las lesiones que sufren los jugadores de fútbol son lesiones de la extremidad inferior. Dentro de éstas, las más comunes en fútbol son las musculares, las articulares o ligamentosas y las tendinosas. Dentro de esas tres categorías analizaremos las más comunes. Los valores de los porcentajes y los días de recuperación varían en función de los estudios (111,114-118), por lo que se muestran aquí valores medios aproximados.

En nuestro proyecto de investigación la distribución de la carga de entrenamientos de la semana se comunica al staff sanitario del Udinese Calcio

mediante la publicación por parte del *team manager* del equipo de un programa semanal que incluye los días de entrenamiento, los días libres y los días de prepartido y partido.

En la actualidad, el GPS, los giroscopios, magnetómetros y acelerómetros se utilizan tanto para la investigación como para la práctica deportiva (119). Estos dispositivos nos proveen de una gran cantidad de información sobre la CE del jugador, tales como distancia total recorrida, tipos de movimiento, cantidad de choques o contactos físicos, número e intensidad de aceleraciones y deceleraciones desarrolladas por un jugador. Con estos datos, el entrenador y preparador físico del equipo preparará las tareas para mejorar el rendimiento del equipo, y el equipo médico las utilizará de modo preventivo para saber si el jugador se ha recuperado entre sesión y sesión (120).

El sobre entrenamiento es una situación específica y grave, por la que el atleta se excede en el entrenamiento sin un adecuado descanso y recuperación, lo que conduce a la disminución del rendimiento que dura más de 2 o 3 meses, junto con alteraciones del estado de ánimo. El sobre entrenamiento parece ser una respuesta inadaptada al ejercicio excesivo sin el adecuado descanso, vinculada con alteraciones de los sistemas endocrino, inmunitario y neurológico (121).

Los deportistas que no consiguen recuperar sus valores normales tras un pico inicial de carga de trabajo pueden experimentar un período prolongado de supresión de la función inmune, lo que aumenta el riesgo de enfermedad y lesión de manera significativa. Las alteraciones endocrinas comprenden el eje hipotálamo-hipofisario-suprarrenal y el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal. Las alteraciones inmunológicas asociadas con el ejercicio excesivo se deben a variaciones en la función de las células T y un desequilibrio entre la inmunidad innata y adaptativa. Por otro lado, la respuesta neurológica comprende el eje simpático-suprarrenal.

Los factores limitantes del rendimiento deportivo a nivel general y a nivel periférico muscular pueden venir provocados por un estado de sobreentrenamiento. Cuando hablamos de fatiga la podemos definir como una disminución transitoria funcional del rendimiento, que puede ser periférico

muscular o metabólico general (122). También podemos hablar de fatiga según su temporalidad. La fatiga aguda es entendida como una sensación de cansancio que desaparece con el descanso. En cambio, la fatiga crónica, también llamada sobre entrenamiento, es la que tiende a la cronicidad, siendo realmente endémica.

Las principales causas de aparición de la fatiga son una inadecuada organización de los entrenamientos, insuficiente, incrementos rápidos de las exigencias de entrenamiento, cargas de alta intensidad, participar en muchas competiciones o alteraciones de los hábitos de vida (123).

La monitorización permite evitar picos no planificados de CI en el jugador y además ajustar las cargas de entrenamiento cuando esté inmunodeprimido, con el fin de permitir que los biomarcadores del sistema inmunitario vuelvan a sus valores de referencia (124).

El efecto que causa en el organismo un determinado esfuerzo en función de la tarea que el entrenador asigna podría ser evaluado como CI. Los entrenamientos semanales vienen planificados en función de los objetivos marcados por el staff técnico, con presencia de trabajos metabólicos, neuromusculares, analíticos y tácticos.

Las características individuales de cada jugador como la condición física, diferentes biomarcadores, la CC, el historial de lesiones y la edad tienen un impacto significativo en la CI durante el entrenamiento del deportista. Por lo tanto, es aconsejable la monitorización longitudinal de todas estas variables para reducir el riesgo de lesiones y enfermedades (124).

Comprender la relación entre los perfiles de fatiga y recuperación tras un partido de fútbol, probablemente ayude a desarrollar programas de acondicionamiento que aumenten el rendimiento del equipo y reduzcan las lesiones y enfermedades (56).

Cada vez son más los autores que piensan que las pequeñas alteraciones originadas en el sistema osteomuscular y especialmente las que afectan a las fibras musculares, son las iniciadoras del síndrome de sobre entrenamiento y fatiga periférica muscular. A esta clase de lesiones se las conoce como micro traumas adaptativos y suelen ser producidas en el músculo por las contracciones

excéntricas y concéntricas; y en el sistema articular por los elevados volúmenes de trabajo en las que se hallan implicadas. El calificativo de adaptativas, se les aplica por considerarlas un proceso inflamatorio, cuyo destino final no es otro, que la curación del micro trauma (125).

El ejercicio excéntrico, además de producir agujetas, disminuye la fuerza máxima del músculo y produce fatiga de baja frecuencia. Del mismo modo, produce alteraciones de la banda Z en las miofibrillas, inflamación de las mitocondrias, aumento de la presión intramuscular, alteración de la síntesis de glucógeno, incremento de la relación fósforo inorgánico/fosfocreatina, y elevación de los niveles de lactato durante el reposo (88,126).

Teniendo en cuenta que después de una actividad física se produce un daño muscular, éste se asociará a una respuesta inflamatoria con una elevación de las citocinas y otros marcadores sanguíneos (98,100,127). Esto no solo es debido al daño muscular, sino que además es debido al estrés oxidativo que sigue a la actividad física (35,99,128,129). El estrés oxidativo y la inflamación están unidas por el daño muscular ya que el ejercicio aumenta la producción de radicales libres debido al gran aumento de consumo de oxígeno y la presencia de células fagocíticas activas en el lugar del daño muscular (10,100,130). La cantidad de la respuesta inflamatoria y de estrés oxidativo está relacionado con la cantidad del trabajo excéntrico y con las acciones a alta intensidad.

La fatiga acumulada en el tiempo puede causar sobre entrenamiento, lesión o síndrome de agotamiento (*burn-out*), por lo que su monitorización es muy importante, sobre todo en los deportistas de élite (100,131). Aunque a las 48 horas la fatiga central se ha recuperado, es necesario esperar a las 72 horas para decir que el jugador está completamente recuperado, ya que en ese momento es cuando se cree que los marcadores periféricos habrán vuelto a la normalidad (56,100,119,132).

No se debe olvidar, que existen también otros factores asociados a la fatiga, como la prensa o las obligaciones con el marketing que pueden contribuir al estrés de los jugadores (57).

Las principales lesiones observadas en fútbol profesional las podríamos dividir en (111-114,117):

- **Lesiones funcionales:** no hay evidencia macroscópica de daño muscular.
- **Lesiones estructurales:** si hay evidencia macroscópica de daño muscular. Estas lesiones son mucho más frecuentes que las funcionales.
 - 1) Isquiotibiales (15-20% del total de las lesiones). Tiempo medio de vuelta al juego: 6 días si es funcional y 18 días si es estructural.
 - 2) Aductores (8-10%). Tiempo medio de vuelta al juego: 13,5 días.
 - 3) Cuádriceps (5-6%). Tiempo medio de vuelta al juego: 5 días si es funcional y 19,5 días si es estructural.
 - 4) Gemelos (5-6%). Tiempo medio de vuelta al juego: 5,5 días si es funcional y 17,5 días si es estructural.
- Dentro de las **lesiones articulares** las más frecuentes son:
 - 1) Tobillo: (7%)
 - ligamento lateral externo (6%). Tiempo medio de vuelta al juego: 15 días.
 - ligamento lateral interno (1,0%). Tiempo medio de vuelta al juego: 13,5 días.
 - 2) Rodilla (6%):
 - Ligamento lateral interno (4%). Tiempo medio de vuelta al juego: 25 días.
 - Rotura de ligamento cruzado anterior (1%). Tiempo medio de vuelta al juego: 210 días.
 - Ligamento lateral externo (0,5%). Tiempo medio de vuelta al juego: 24 días.
 - Menisco lateral (0,5%). Tiempo medio de vuelta al juego: 50 días.
- Dentro de las **lesiones tendinosas** las más frecuentes son:
 - 1) Tendón de Aquiles (2%). Tiempo medio de vuelta al juego: 18 días.
 - 2) Tendón rotuliano: (1%). Tiempo medio de vuelta al juego: 18 días.

Las **fases de la lesión** se clasifican en:

- 1) Destrucción-inflamación: 4-6 días regulada por mediadores de la inflamación como las citoquinas. Es una fase importante para el proceso curativo.
- 2) Reparación-proliferación: 4-14 días. Formación de nuevos capilares y proliferación de células satélite para la formación de nuevas miofibrillas.
- 3) Remodelación: después de la primera semana y puede continuar mucho tiempo. Se forma una cicatriz preliminar fibrosa que sirve para ayudar a los depósitos de colágeno y al crecimiento de las nuevas fibras.

En las tres fases lo más importante desde el punto de vista nutricional para la recuperación de las lesiones es evitar las deficiencias de nutrientes. Las deficiencias energéticas, vitamínicas, de minerales y de macronutrientes, en especial de proteínas, harán más difícil la recuperación y provocarán una pérdida de masa muscular y del tendón(133,134).

Salvo en el caso de la creatina, la gelatina y del aporte extra de proteínas, el resto de los nutrientes se recomienda obtenerlos mediante la alimentación (135).

1.5.1 Consideraciones nutricionales ante una lesión

- **Consumo energético:** durante una lesión, tanto en la inmovilización como en la rehabilitación activa, es necesario un aporte energético mayor que el que se esperaría en una situación normal (que usualmente es de reposo por la lesión). Es necesario, por tanto, que no haya restricciones calóricas. Dependiendo de la inflamación se necesita entre un 15% y un 50% más de consumo calórico. Una dieta hipocalórica llevaría a la destrucción de la masa muscular. Sin embargo, tampoco puede ser demasiado calórica puesto que implicaría una ganancia de masa grasa y una disminución de la sensibilidad a la insulina, dándose por tanto una mayor pérdida de masa muscular (136). Sin embargo, el consumo energético “per se” no es el factor más importante.

- **Consumo proteico:** cuando se produce una lesión y hay inmovilidad, esta inmovilización reduce la sensibilidad del músculo para crear nuevas proteínas a partir de los aminoácidos y las sustancias reactivas al oxígeno llevan finalmente a una resistencia a la insulina. Por tanto, hay que proveer al organismo de suficientes aminoácidos para estimular la creación de nuevas proteínas, sobre todo de aminoácidos esenciales. Para ello, se recomienda tomar entre 1,6 y 2,5 g/kg/día de proteína distribuida en 4-6 tomas diarias (20-35 g) cada 3-4 horas (133,137). Esta proteína debe ser preferentemente animal, de digestión rápida (no es necesario antes de dormir) y con alto contenido en aminoácidos esenciales (sobre todo leucina). No se ha comprobado que la ingesta directa de aminoácidos esenciales sea mejor que la ingesta de la misma cantidad en forma de proteínas, por lo que se recomienda esta última forma (138).

- **Antioxidantes y antiinflamatorios:** Algunos micronutrientes como las vitaminas A, C y E, trazas de zinc, cobre, manganeso, selenio y polifenoles derivados de plantas juegan un papel importante para la producción endógena de defensas antioxidantes. En el proceso de lesión se producen gran cantidad de sustancias reactivas al oxígeno, por lo que suele decirse que la suplementación con antioxidantes es adecuada (137,139).

Sin embargo, aunque es cierto que una inflamación grande puede ser dolorosa, parece ser que el proceso inflamatorio y de producción de ROS es necesario para la regeneración y que una suplementación de antioxidantes y antiinflamatorios para reducir drásticamente la inflamación no es beneficiosa en este caso.

Igualmente sucede con los antiinflamatorios, como los ácidos grasos omega-3 y otros antiinflamatorios como la cúrcuma. La recomendación automática para todo tipo de lesiones no es adecuada, aunque una inflamación considerable pueda ser dolorosa (140,141).

Dada la importancia de las señales provocadas por las sustancias reactivas al oxígeno y por la inflamación en la regeneración de la lesión, se recomienda una ingesta adecuada pero no aumentada de sustancias

antioxidantes y antiinflamatorias, ingesta que debe consumirse preferentemente mediante alimentos y no con suplementación (142).

- **Colágeno:** La mayoría de los estudios recomiendan el consumo de gelatina y vitamina C para promover una mayor producción de colágeno, especialmente después de una ruptura del tendón y/o ligamento (134,136,143).

- **Probióticos:** No está clara su relación con la reparación de la lesión. Es posible que ayuden de forma indirecta a través del sistema inmune disminuyendo el tiempo necesario para la recuperación, aunque esto es algo que aún no está probado. Los probióticos más recomendados en el campo del deporte son el Lactobacillus y el Bifidobacterium, cuya dosis recomendada en los atletas es $\geq 10^{10}$ Unidades Formadora de Colonias (UFC) consumidos en comidas fermentadas como el yogur (140,144).

- **Selenio:** Es necesario para oxidar el glutatión, podría reducir el estrés oxidativo.

- **Glutatión:** Es el antioxidante más importante del cuerpo humano. Las suplementaciones de 1 g/día pueden aliviar la fatiga durante y después del ejercicio. Dos precursores del Glutatión son la N-Acetilcisteína en dosis de 150 mg/día disminuye la fatiga muscular y la L-Glutamina que además parece mejorar el sistema inmune (145,146).

- **Cúrcuma:** Es empleado en la prevención de lesiones como antioxidante y antiinflamatorio natural (147,148).

- **Vitamina D:** Tiene efectos positivos en la consolidación de las fracturas y la regulación del sistema inmunitario. Colabora en la síntesis de proteínas musculares, disminuye el riesgo de lesión y el dolor muscular crónico. Con 15 minutos diarios de sol más la dieta sería suficiente en latitudes soleadas. Con falta de sol se recomienda su suplementación (140,149).

- **Condroitina sulfato:** Posee efectos antiinflamatorios y estimula la síntesis de ácido hialurónico. Dosis de 800-1200 mg/día mejoran el movimiento de las articulaciones (150,151).

- **Colágeno hidrolizado:** Aporta aminoácidos para su producción, estimula las células productoras. Una dosis de 10 gramos diarios ha demostrado reducir el desgaste muscular (140,143).

- **Ácido hialurónico:** Regenera el cartílago articular y potencia la producción de hialuronato. Se recomienda una dosificación de 3 a 5 infiltraciones semanales (152).

- **Glucosamina:** Potencia la producción de ácido Hialurónico. Se recomiendan 1500mg /día (150).

- **β -Hidroxi-Metil-Butirato (HMB):** Este compuesto se ingiere en la dieta y es un metabolito de la leucina. Las investigaciones en animales indican que el HMB puede aumentar la masa corporal en animales. Como suplemento para humanos, el HMB se comercializa como un nutriente anti catabólico que disminuye la descomposición de las proteínas; se ha recomendado una dosis de unos 3 g/día (140).

- **Creatina:** El éxito del uso de la creatina durante la lesión no está del todo claro, pero parece que ayuda a mantener la masa muscular, a mantener o incrementar los receptores GLUT4 (proteína transportadora de glucosa con regulación mediante la insulina) y a aumentar el glucógeno del músculo. Hay, no obstante, algunos estudios que no encuentran resultados positivos. Dado que su consumo no parece tener efectos secundarios puede ser recomendable la suplementación con creatina (134).

- **Granada y cereza:** Tanto la cereza ácida como la granada ayudan a disminuir la inflamación y el estrés oxidativo (Figura 2).



Figura 2. Conclusiones del estudio realizado por Rojano y cols. (29) con la autorización del autor.

- **Quercetina:** Disminuye el daño y dolor muscular y acelera la recuperación (153) (Figura 3).

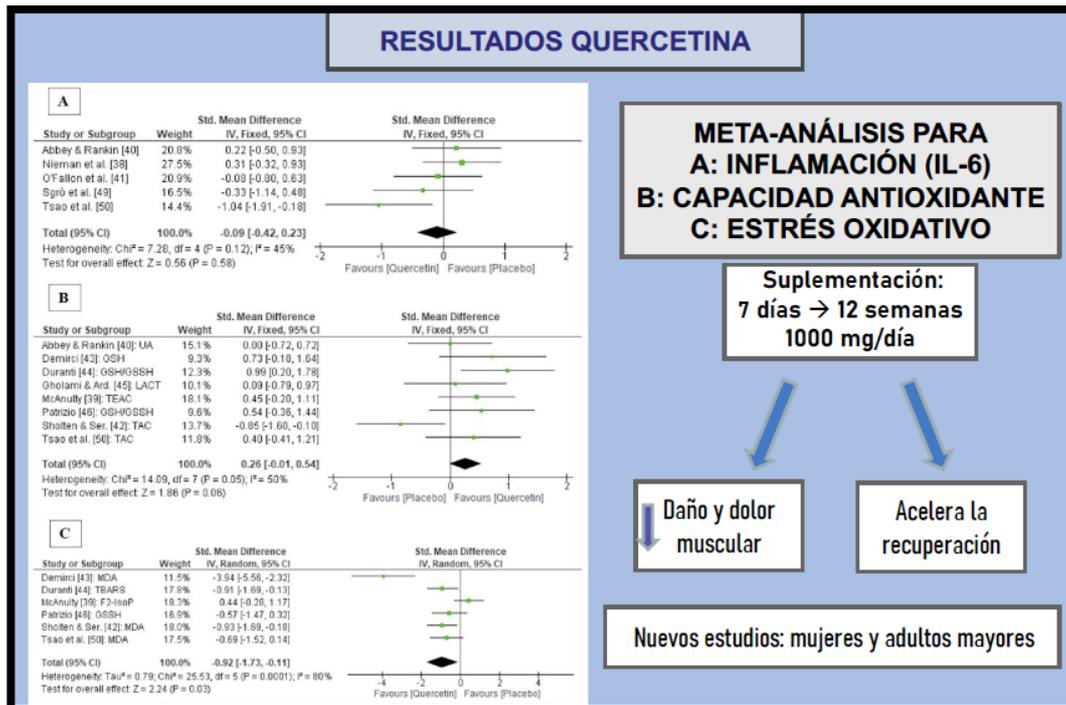


Figura 3. Resumen del meta-análisis de Rojano y cols. (153) con la autorización del autor.

Actualmente existen empresas que evalúan el número de lesiones que se dan en los diversos equipos de fútbol a final de la temporada.

En la Tabla 1, adaptada de *European Football Injury Index* de *Howden Sport & Entertainment* (154), se reflejan las lesiones en la Serie A italiana en la temporada 2020/2021.

Tabla 1. Incidencia de lesiones en la Serie A italiana en la temporada 2020-21. Adaptado de *European Football Injury Index* de *Howden Sport & Entertainment* (155).

Club de Fútbol	Número de lesiones Temporada 20-21
Benevento	21
Sampdoria	21
Udinese	22
Fiorentina	26
Atalanta	29
Crotone	29
Sassuolo	29
Bologna	33
Spezia	33
Torino	35
Cagliari	37
Nápoles	45
Verona	44
Genova	47
Inter de Milán	48
Roma	52
Lazio	52
Milán	55
Parma	61
Juventus	61

En la Tabla 2 observamos la relación entre las lesiones y el coste de estas para el club, según los datos elaborados por la *European Football Injury Index* de *Howden Sport & Entertainment* en la temporada 2021-2022 (154)

Tabla 2. Relación entre las lesiones y el coste de estas para el club de Serie A en la temporada 2021-2022. Adaptado de European Football Injury Index de Howden Sport & Entertainment (154).

Club de Fútbol	Número de lesiones	Coste en euros de las lesiones
Empoli	0-20	0-1 millones
Venezia	20-40	0-1 millones
Udinese	0-20	1-2 millones
Sampdoria	20-40	1-2 millones
Fiorentina	20-40	1-2 millones
Spezia	20-40	1-2 millones
Verona	40-60	1-2 millones
Salernitana	40-60	1-2 millones
Sassuolo	0-20	2-3 millones
Bologna	40-60	2-3 millones
Génova	40-60	4-5 millones
Atalanta	40-60	4-5 millones
Cagliari	40-60	4-5 millones
Lazio	20-40	5-6 millones
Roma	40-60	5-6 millones
Inter de Milán	20-40	6-7 millones
Torino	40-60	6-7 millones
Milán	40-60	9-10 millones
Nápoles	60-80	11-12 millones
Juventus	80-100	22-23 millones

JUSTIFICACIÓN

CAPITULO 2: JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha dado gran importancia a la alimentación a nivel deportivo y a los déficits nutricionales que se puedan generar debido a la práctica deportiva.

La figura del Dietista-Nutricionista en un equipo de fútbol se ha vinculado tradicionalmente al rol de la preparación de la suplementación como los isotónicos o el control del menú de los jugadores, pero se conoce poco de cómo puede interactuar el Dietista-Nutricionista con el staff sanitario para potenciar el rendimiento del jugador.

En esta tesis pretendemos establecer puntos y pautas donde el Dietista-Nutricionista puede ayudar a mejorar el rendimiento y la competitividad del equipo actuando sobre tres bloques:

- a. En la recuperación tras los entrenamientos.
- b. Interviniendo en la adaptación y preparación hacia la competición.
- c. Actuando en la recuperación tras la competición y la optimización de la composición corporal.

HIPÓTESIS

CAPITULO 3: HIPÓTESIS

Marco Teórico del trabajo de investigación:

En relación a lo expuesto en nuestro apartado de introducción, nos hacemos la siguiente pregunta. ¿Es efectiva la inclusión de un equipo de Nutricionistas en un Club de Fútbol Profesional?

H1: la inclusión de un equipo de nutrición en el staff sanitario de un equipo de fútbol profesional de la Serie A italiana, mejora el rendimiento físico de los jugadores y promueve un mejor estado de salud de los mismos.

H0: la inclusión de un equipo de nutrición en el staff sanitario en un equipo de fútbol profesional de la Serie A italiana no es capaz de mejorar el rendimiento físico del jugador y promover un mejor estado de salud de los jugadores.

OBJETIVOS

CAPITULO 4: OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Nuestro objetivo fundamental es demostrar que la inclusión de un programa de nutrición y suplementación elaborado por dietistas-nutricionistas dentro de un staff sanitario en un equipo de fútbol profesional, consigue mejorar la condición física, recuperar en mejores condiciones al jugador tras un partido o entrenamiento, y promueve un mejor estado de salud a través de la mejora en las variables morfológicas y funcionales controladas con medios o herramientas que dispone el club para el análisis de los parámetros asociados al rendimiento.

4.2 Objetivos Específicos

Los principales objetivos específicos son:

- 4.2.1.** Comprobar si la inclusión de estrategias nutricionales de recuperación post entrenamiento y post partido mejora la recuperación del jugador.
- 4.2.2.** Comprobar si los parámetros de CC evolucionan favorablemente a partir de la estrategia de suplementación complementaria al programa de actividad física.
- 4.2.3.** Comprobar qué biomarcadores son útiles en la prevención de la fatiga física y muscular y si estos mejoran con la suplementación.
- 4.2.4.** Evaluar la influencia de la fatiga crónica en la prevención de las lesiones.

METODOLOGIA

CAPITULO 5: METODOLOGIA

Nuestro proyecto se ha desarrollado en varias investigaciones con los jugadores del Udinese Calcio, equipo de la serie A italiana con sede en Udine (Italia). Los datos generales de la muestra total de nuestros deportistas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Características generales de los sujetos de nuestras investigaciones. n=29.

Variable	Media \pm DE		
	Caucásicos n=15	Mestizos n=6	Negros n=8
Peso (kg)	82,44 \pm 7,69	88,44 \pm 5,54	88,34 \pm 8,34
Estatura (cm)	183,26 \pm 4,19	188,74 \pm 2,41	187,99 \pm 3,49
Edad (años)	25,79 \pm 4,81	26,72 \pm 3,79	23,12 \pm 3,87

Estas investigaciones han sido realizadas bajo el protocolo de la declaración de Helsinki sobre experimentación en seres humanos (132), después de la firma del consentimiento informado (Anexo 1). Asimismo, los procedimientos de la investigación fueron aprobados con dictamen favorable del Comité de Ética en Investigación (CEI) de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío de Sevilla (España), con Código Promotor PIS-CC y Código Interno 2061-N-21 (Anexo 2).

5.1 La unidad de nutrición en el fútbol profesional

En la temporada 2018-2019 el staff sanitario del Udinese Calcio Spa incorporó a profesionales de la farmacología y nutrición para llevar a cabo tareas y estrategias nutricionales con el primer equipo de la Serie A Italiana. El trabajo en el club se vinculó con el programa de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla (España) y se desarrolló durante los siguientes cuatro años.

El Club Udinese dispone de unas instalaciones de comedor y cocina (Figura 4). El menú diario ha sido elaborado por el área de nutrición y ejecutado por los cocineros del club. El menú general contiene de manera aproximada un 50-55% de carbohidratos; 20-25% de ingesta de proteína y 25% de ingesta de

grasa, para de esta manera asegurar una ingesta aproximada de 5-7 g de hidratos de carbono por kg de peso corporal, y una ingesta superior a 1,6 g de proteína por kg de peso corporal, mostrando especial atención en las ingestas post entrenamiento y post partido.



Figura 4. Sala Club House Udinese Calcio. Comedor del Primer equipo.

En el servicio de comedor del Club Udinese, los nutricionistas somos los encargados de supervisar el emplatado de la comida al jugador durante la temporada y pretemporada. De esta manera, podemos participar más activamente en la educación nutricional del jugador. En este contexto hemos desarrollado un módulo de gestión interna del restaurante del Club en el software denominado "Soccer System Pro" (Figuras 5 y 6) y Anexo 3.

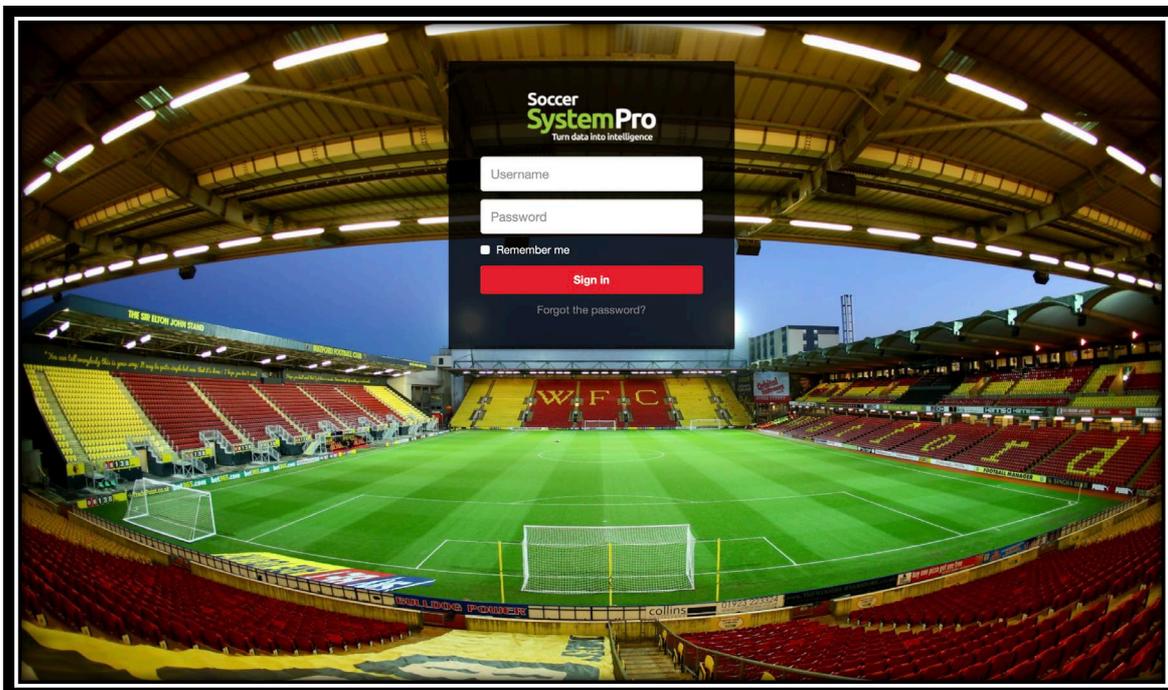


Figura 5. Pantalla acceso al Software Soccer System Pro.

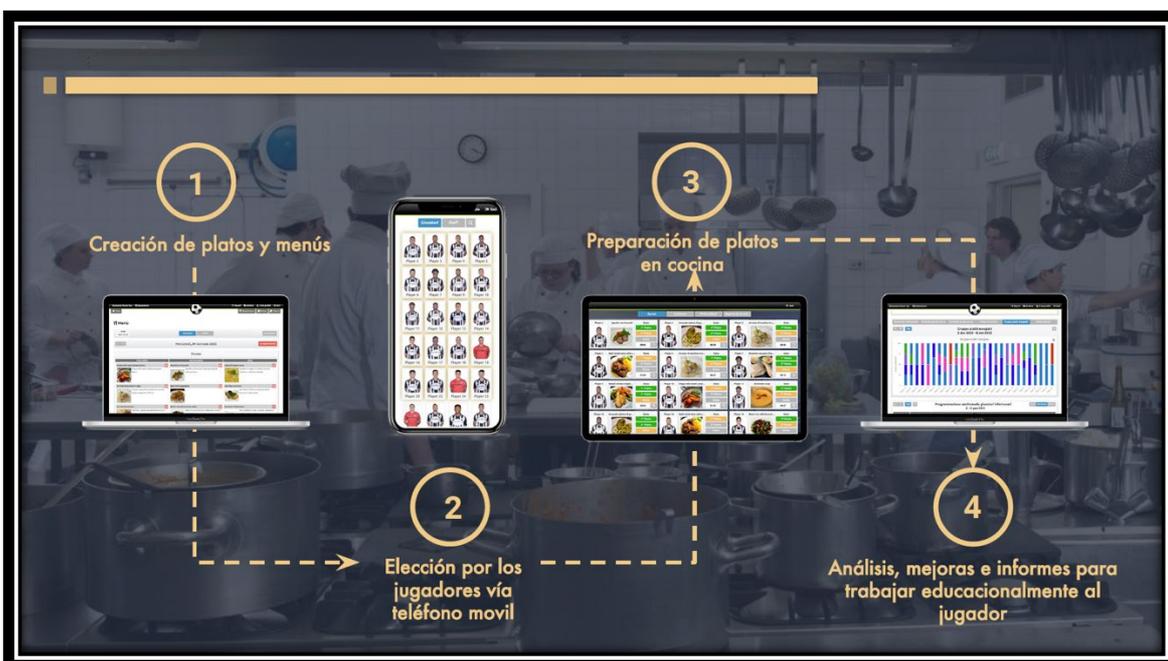


Figura 6. Esquema del software de gestión de elección alimentaria.

Los nutricionistas confeccionan recetas de platos con el grupo de cocineros, posteriormente se elaboran menús semanales combinando esos platos en función del programa de entrenamiento semanal. Los jugadores reciben las opciones del menú diario en su teléfono móvil cada mañana a las

9:00 h, rellenan sus peticiones y se genera un informe que pasa al nutricionista que evalúa los menús elegidos y comprueba que estos son aptos para el perfil del jugador, pudiendo el nutricionista modificar las cantidades de los alimentos. Posteriormente, este informe llega a cocina para su elaboración.

Al final de la semana el programa emite un informe global a cada jugador con las elecciones seleccionadas y recomendaciones del nutricionista en el ámbito de la educación nutricional deportiva.

5.2 Estrategias dietético-nutricionales post entrenamiento y post partido sobre el estrés oxidativo e inflamación.

La pretemporada dio comienzo a inicios del mes de julio de 2019 y tras tres meses en los que se desarrolló este periodo y dio comienzo la temporada, los jugadores no tomaron suplementación de antioxidantes específicos post actividad. Comenzada la temporada y durante el periodo de intervención se incorporaron los antioxidantes específicos post entrenamiento y post partido.

La muestra total estaba compuesta por 19 futbolistas profesionales (Tabla 4). Una muestra heterogénea, con jugadores de diferentes continentes, razas y posiciones de juego en el campo. Los deportistas firmaron un formulario de consentimiento en el que se les informaba del procedimiento que se iba a llevar a cabo en el estudio y de los riesgos y beneficios de su participación.

Tabla 4. Características generales de los sujetos al inicio del estudio. n=19.

Variable	Media \pm DE
Edad (años)	25,89 \pm 3,04
Peso (kg)	85,44 \pm 7,69
Estatura (cm)	186,26 \pm 4,49

Los atletas desde el comienzo de la pretemporada en el mes de julio recibieron suplementos nutricionales generales, basados en la ingesta en forma de batido, después de los entrenamientos y los partidos, que contenían 250 mL de bebida de arroz, 30 g de proteína aislada, 5 g de creatina y 5 g de glutamina, además de ácidos grasos poliinsaturados diarios, en dosis de 700 mg de ácido

eicosapentaenoico (EPA) y 240 mg de ácido docosahexaenoico (DHA), una dosis diaria de 2000 UI de vitamina D y sales minerales antes del entrenamiento.

Para garantizar el cumplimiento de la ingesta de estos suplementos básicos, se incorporó un sistema automatizado de dosificación personalizada mediante la máquina de blísteres TIMEDI JV-DEN (Figura 7) para la preparación de dosis únicas con una suplementación individualizada por jugador y hora de ingesta.



Figura 7. Máquina emblistadora TIMEDI JV-DEN.

El estudio experimental, con una intervención de diez semanas de duración, desde el 27 de octubre de 2019 al 5 de enero de 2020, en el que se disputaron diez partidos de competición oficial, se administró a los deportistas una suplementación específica, además de la general ya mencionada, a base

de antioxidantes después de los entrenamientos y partidos, mediante una mezcla de 250 mL de batido de piña natural y un sobre de 10 mL de un concentrado rico en polifenoles, tal y como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Información nutricional del suplemento de concentrado rico en polifenoles.

Composición del suplemento	Por dosis diaria (1 dosis = 10 ml)
Extracto seco de Remolacha Rednite™	500 mg
Extracto seco de Cerezas Vitacherry Sport®	450 mg
Extracto seco de Granada VitaGranate® - de los cuales punicalagina era 40%	250 mg - 100 mg
Extracto seco de Hojas de grosella negra	150 mg

Los atletas se sometieron a una extracción de sangre en ayunas antes y después de la intervención para analizar los siguientes parámetros específicos: PBA, MRO, AA/EPA, AA/DHA, ACTH, Zinc y Selenio, relacionados con el estrés oxidativo y la inflamación, y medidos por un laboratorio especializado (Tabla 6).

Tabla 6. Método utilizado y parámetros analizados.

Parámetro	Metodología	Instrumento de medición
Potencial Biológico Antioxidante (BAP)	Colorimetría	Siemens Advia 1799
Metabolitos reactivos del oxígeno (ROM)	Colorimetría	Siemens Advia 1800
Omega screening (AA/EPA y AA/DHA)	GC-MS	Hewlett Packard (Agilent) HP68902 GC System e MS 5973
Hormona adrenocorticotrópica (ACTH)	Quimioluminiscencia	Immulate 2000 XPI
Selenio	Espectroscopia de absorción atómica	Perkin Elmer Analyst 600
Zinc	Espectrofotometría	Perkin Elmer Analyst 600

5.3 Parámetros de Composición Corporal estudiados en pretemporada

Para este segundo estudio la muestra estuvo constituida por 23 jugadores del equipo Udinese Calcio, equipo de la primera división italiana de fútbol (Serie A). Se han eliminado cinco jugadores de la muestra al estar sometidos a un entrenamiento diferenciado o un período de lesión, por lo que la muestra final fue de 18 sujetos (Tabla 7).

Tabla 7. Características generales de los sujetos al inicio del estudio. n=18.

Variable	Media ± DE
Edad (años)	26,28 ± 5,1
Peso (kg)	85,09 ± 9,16
Estatura (cm)	185,5 ± 4,32

Este es un estudio longitudinal llevado a cabo durante cuatro semanas, entre el 11 de julio (pre-test) y el 11 de agosto de 2021 (post-test). La intervención se llevó a cabo en su totalidad en pretemporada, con un confinamiento en modalidad de aislamiento o burbuja total por prevención al contagio del COVID-19, dónde se monitorizaba en un alto porcentaje la vida del jugador, incluyendo factores como la alimentación, el descanso y el entrenamiento (Tabla 8).

Tabla 8. Parámetros medidos por el GPS durante las cuatro semanas de intervención (pretemporada), expresados en valores medios del grupo por semana. n=18.

Parámetro	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Distancia (m)	44062	50210	37924	43306
Energía (J/kg)	182084	215358	154981	186009
Potencia metabólica (W/kg)	5,7	6,5	4,6	5,8

En nuestra unidad de Nutrición del Udinese Calcio contamos con dispositivos indirectos y doblemente indirectos de evaluación de la CC, el DEXA y la BIA respectivamente.

El dispositivo BIA empleado para las mediciones ha sido un analizador octopolar, segmental y multifrecuencia, modelo MC-780 MA de la marca comercial Tanita (Tanita Corp., Tokio, Japón) (Figura 8). Las evaluaciones se realizan durante 30 segundos y aportan información acerca del peso, IMC, ACT, agua extra e intracelular (AEC y AIC), R, Xc y PhA (55,125). Todos los análisis con BIA se han realizado por el mismo profesional.



Figura 8. Impedancia bioeléctrica (BIA) Tanita MC-780 MA.

La evaluación se llevó a cabo entre las 8 y las 10 de la mañana, tras un ayuno nocturno de al menos 8 horas. Antes de realizar la evaluación los participantes miccionaron y se les indicó que se quitaran los elementos metálicos del cuerpo. Las condiciones fisiológicas para la medición fueron no haber consumido líquidos y alimentos seis horas antes de la prueba, ni haber consumido alcohol, ni realizado deporte de alta intensidad en las doce horas previas y estar en reposo durante cinco minutos antes de la medición. Se midió a los jugadores mientras estaban en bipedestación, con los pies descalzos sobre las plataformas para los pies y sujetando las empuñaduras, haciendo contacto con las cuatro placas para las manos. El dispositivo emite una corriente eléctrica sinusoidal de 900 μ A que funciona a 5, 50 y 250 kHz (multifrecuencia). Las mediciones estándar se realizaron de acuerdo con las directrices del fabricante. El PhA se calculó a partir del arco tangente de la relación X_c/R de todo el cuerpo a una frecuencia de 50 Hz.

Al mismo tiempo, se estudió mediante BIA la evolución de parámetros hídricos de los jugadores, sometidos a un entrenamiento intenso y a un control nutricional de su alimentación y suplementación.

En el caso de la DEXA de cuerpo completo, se empleó un modelo Prodigy Lunar de la marca comercial GE Healthcare (Madison, WI, EE.UU.) (Figura 9).

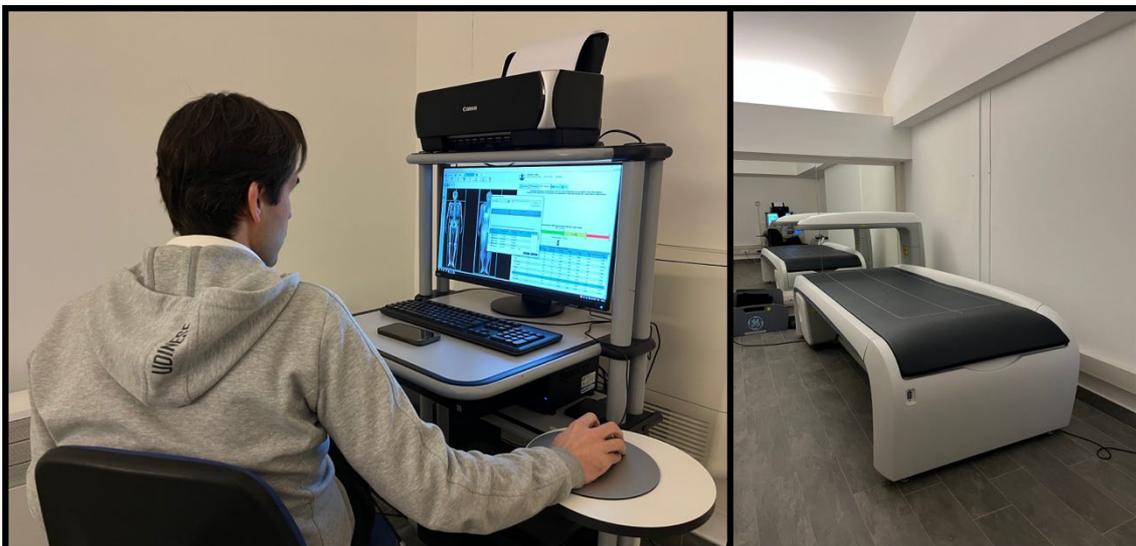


Figura 9. Absorciómetro Dual de Rayos X (DEXA) GE Healthcare.

Para la medición con DEXA, se posicionó al sujeto en decúbito supino en una sala con control de temperatura (23-25°C), manteniendo las mismas condiciones fisiológicas mencionadas para la BIA. El valor obtenido por DEXA fue la masa magra en ambos miembros inferiores (MMp).

Las medidas iniciales y finales de DEXA y BIA se realizaron el mismo día. La primera medida se llevó a cabo en todos los jugadores los días 10 y 11 de Julio de 2021, justo al volver del período de vacaciones. La segunda se realizó los días 11 y 12 de agosto de 2021, justo al terminar el período en Austria de pretemporada.

El entrenamiento fue controlado por el staff técnico mediante GPS (Tabla 8) con un control de la carga de entrenamiento aeróbico durante el período establecido. Las semanas de entrenamiento estaban constituidas por diez sesiones de entrenamiento aeróbico en el campo de fútbol y tres sesiones de entrenamiento de fuerza en gimnasio.

La suplementación a cada jugador fue administrada a diario mediante el Sistema Personalizado de Dosificación (SPD) con bolsas fabricadas por el robot de dosificación TIMEDI JV-DEN (Figura 7). La suplementación estuvo basada en antioxidantes, multivitamínicos, minerales y ácidos grasos poliinsaturados, combinados con los siguientes productos en forma de polvo para disolución elaborados por un fabricante italiano según las especificaciones marcadas por el área de nutrición del club:

1. Sobre compuesto por 3 g de creatina, 1 g de glutamina y 1 g leucina.
2. Dos sobres compuestos por aminoácidos esenciales y minerales (Tabla 9).

Tabla 9. Ingredientes del producto 2.

Ingredientes	Cantidad por dosis (2 sobres)
L-leucina	1640 mg
L-lisina	1260 mg
L-valina	1092 mg
L-isoleucina	840 mg
L-treonina	630 mg
L-fenilalanina	524 mg
L-tirosina	524 mg
L-histidina	420 mg
L-metionina	315 mg
L-cisteína	315 mg
L-triptófano	168 mg
Vitamina D3	3,0 µg (60% VNR)
Vitamina K2	45 µg (60% VNR)
Vitamina C	48 mg (60% VNR)
Tiamina (vit. B1)	0,66 mg (60% VNR)
Riboflavina (vit. B2)	0,84 mg (60% VNR)
Piridoxina (vit. B6)	0,84 mg (60% VNR)
Cobalamina (vit. B12)	1,5 µg (60% VNR)
Potasio	600 mg (30% VNR)
Calcio	240 mg (30% VNR)
Magnesio	112,5 mg (30% VNR)

5.4 Metodología de la Prevención de lesiones en el fútbol

5.4.1 Administración de Quercetina y valores de carga interna: cortisol e IgA

Para este estudio hemos utilizado la información, sobre las ventajas del uso de la quercetina en humanos, de la revisión bibliográfica realizada por miembros de nuestro grupo de investigación CTS-595 y publicada en 2023 (153).

Es un estudio longitudinal realizado con 27 jugadores del equipo del Udinese Calcio, con las características que se muestran en la Tabla 10, en los que se llevaron a cabo dos evaluaciones, a finales del mes de noviembre de 2020 y finales de marzo 2021.

Tabla 10. Características generales de los sujetos al inicio del estudio. n=27

Variable	Media \pm DE
Edad (años)	25,24 \pm 6,8
Peso (kg)	86,33 \pm 9,76
Estatura (cm)	184,5 \pm 8,3

La pretemporada comenzó el tres de agosto y la competición el tres de septiembre. En la primera evaluación se midieron los valores de IgA y cortisol transcurridas 60-72 horas post partido, el 30 de noviembre, sin que estos hubiesen tomado quercetina durante ese periodo de cuatro meses. A finales del mes de marzo, el día 22, se llevó a cabo una segunda evaluación del cortisol e IgA a 60-72 horas post partido, en la que los jugadores habían ingerido dos comprimidos a base de 250 mg de quercetina al día siguiente de cada uno de los partidos que se celebraron desde noviembre a marzo (un total de 19 partidos), a fin de comparar estos valores con los obtenidos en la primera evaluación.

Los jugadores realizaron los test de cortisol e IgA, siempre supervisados por el nutricionista. Una vez obtenida la muestra, se analizó de forma inmediata. Esta técnica ha demostrado ser eficaz y fiable para determinar el cortisol en reposo después del ejercicio, así como para medir las respuestas al estrés agudo y crónico (86,87).

Para valorar el cortisol e IgA salivares hemos usado el sistema SOMA BIOSCIENCE, un sistema basado en un lector LFD de cortisol e IgA, no invasivo, rápido y fácil de utilizar.

Los componentes necesarios para el test son: un lector de LFD de SOMA; un hisopo de colector de fluidos orales (OFC) de SOMA; un tampón de OFC de SOMA y una tira de LFD de SOMA, en este caso de cortisol e IgA (Figura 10). El SOMA Cortisol LFD se correlaciona bien con los valores medidos en el laboratorio por ELISA, por lo que la prueba es precisa y fiable.

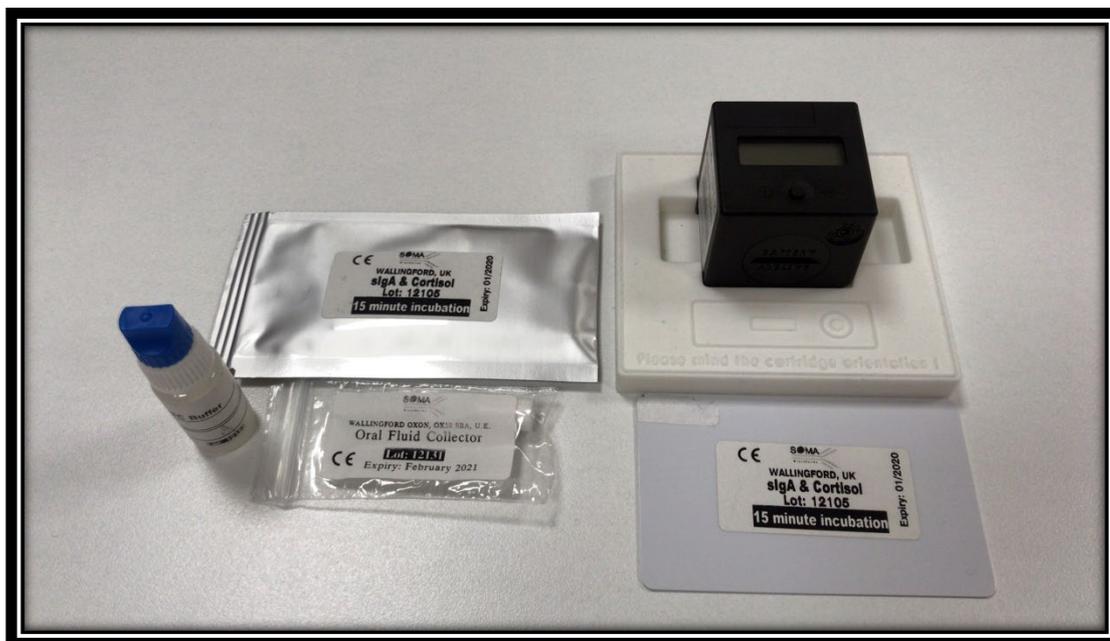


Figura 10. Kit SOMA bioscience: lector LFD, hisopo, buffer, tira y tarjeta lote.

El SOMA OFC II consta de dos partes, un hisopo para la recolección de saliva y una botella de tampón donde posteriormente se introduce el hisopo. Se recomienda que el hisopo sea colocado encima de la lengua y se mantenga la boca cerrada mientras se toma la muestra, a fin de reclutar fluido oral de todas las glándulas salivares. En la mayoría de los individuos, en circunstancias normales, la recogida tarda menos de un minuto en completarse.

5.4.2 Evaluación de IL-6 e Inmunoglobulinas específicas de clase G (IgG) durante la etapa competitiva en fútbol profesional

En este otro estudio, no publicado, en relación al control de lesiones y la alimentación, se realizaron dos tipos de análisis a 23 jugadores con una edad comprendida entre 18 y 30 años al inicio de la temporada 2020/2021: una medición de IL-6 mediante la técnica de quimioluminiscencia, test realizado en el laboratorio Synlab Italia SRL y una medición de IgG en un panel de 92 alimentos individuales (Figura 11). Este último test ha sido desarrollado por la empresa Unifarco con sede en Belluno (Italia).

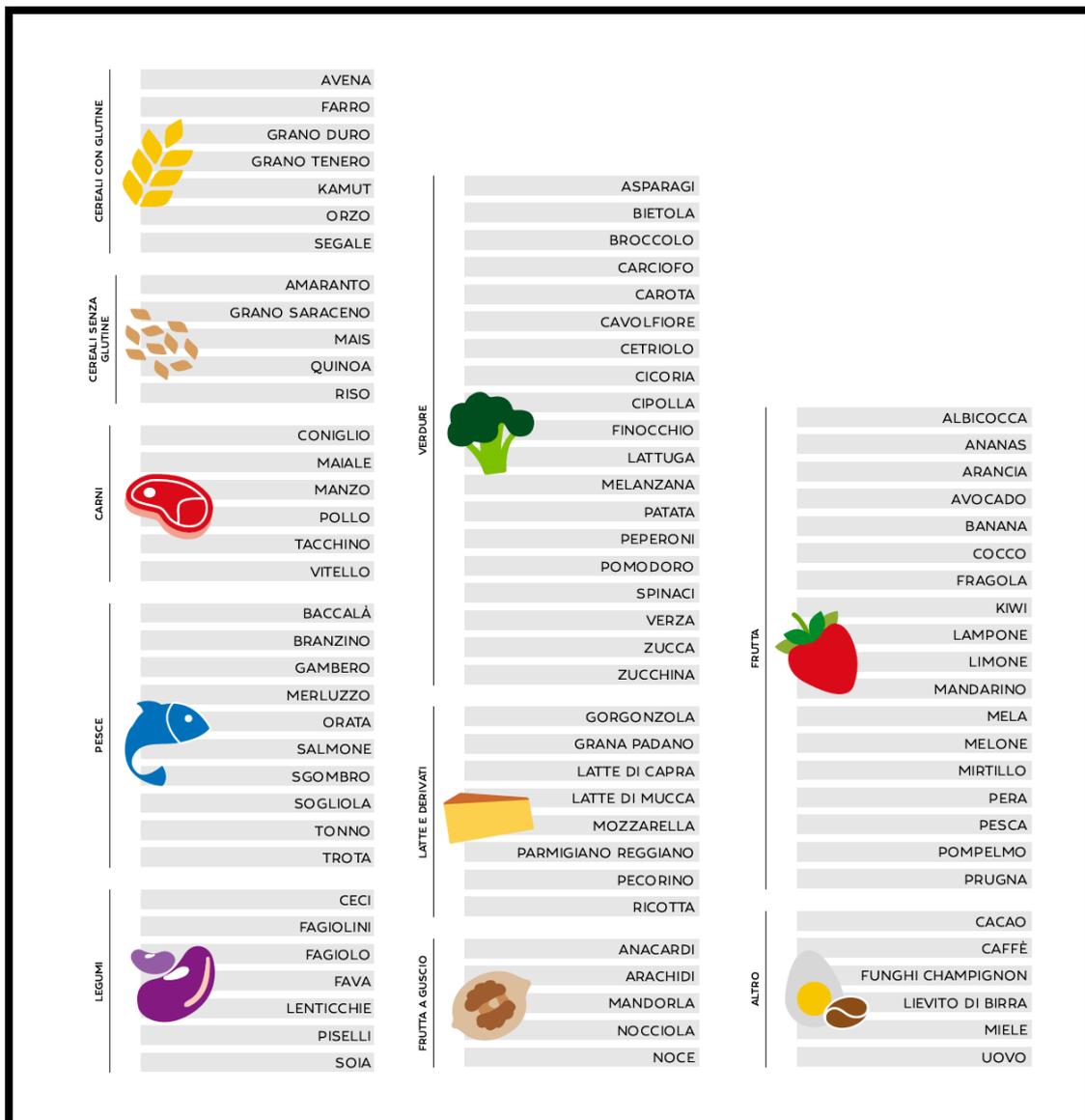


Figura 11. Informe del programa *Foodplan* correspondiente al panel de 92 alimentos analizados.

La confirmación de una reacción adversa a los alimentos mediada por IgG implica el ensayo de los niveles de inmunoglobulina G mediante la tecnología MicroArray (una evolución del método E.L.I.S.A.) y mediante el sistema HBCMicoscan®. Este método se basa en la misma reacción de reconocimiento antígeno-anticuerpo que se produce en el organismo. Una alteración de la barrera intestinal permite el paso de proteínas alimentarias no digeridas, lo que estimula una respuesta del sistema inmunitario, que produce IgG, cuya

identificación precisa permite ver qué alimentos desencadenan una respuesta adversa.

La reactividad se evalúa en grado de porcentaje, del 26% al 100%, y se indica con un histograma. Los valores entre el 5% y el 25%, si se presentan en el informe, no se deben tener en cuenta puesto que son alimentos bien tolerados por el organismo (Figura 12).

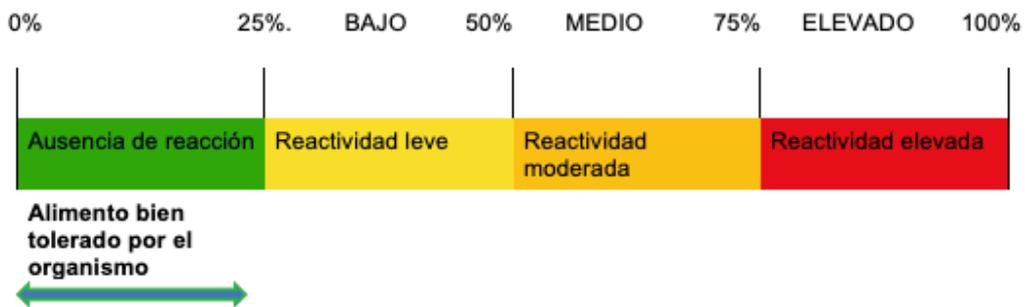


Figura 12. Rango de la reactividad al alimento estudiado en función de los valores de IgG.

5.5 Análisis estadístico de las investigaciones

El análisis estadístico se realizó con el paquete de software SPSS para Windows, v. 25.0 (SPSS Inc., EE.UU.).

En los distintos estudios se calcularon las medias y las desviaciones estándar de todas las variables. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos. Cuando se cumple esta condición, se realizan pruebas t de Student para determinar las diferencias significativas entre el pre-test y el post-test; en caso contrario, se realiza la prueba de Wilcoxon.

Se realizaron las pruebas r de Pearson y rho de Spearman para evaluar la correlación entre los distintos parámetros mediante un modelo de regresión lineal simple. En el estudio sobre estrategias dietético-nutricionales post entrenamiento y post partido sobre el estrés oxidativo e inflamación, además, se calculó la d de Cohen para conocer el tamaño del efecto y se interpretó de

acuerdo al siguiente criterio: mínimo efecto (<0.20), efecto pequeño ($0.20-0.50$), efecto moderado ($0.50-0.80$), efecto grande (> 0.80). Las estadísticas descriptivas se presentan como medias \pm desviaciones estándar (DE).

Finalmente, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar si existía una relación entre la variación experimentada en el PhA y la variación experimentada en MMp. Se interpretó el coeficiente de correlación de acuerdo con el criterio propuesto por Hopkins: $r < 0.1$, trivial; $0.1 < r = 0.3$, débil; $0.3 < r = 0.5$, moderado; $0.5 < r = 0.7$, fuerte; $0.7 < r = 0.9$, muy fuerte; and $r > 0.9$, casi perfecto. Los resultados fueron considerados significativos para una $p < 0,05$.

RESULTADOS

CAPITULO 6: RESULTADOS

6.1 La unidad de nutrición en el fútbol profesional

Las funciones que se han implementado en el área de nutrición en el Udinese Calcio son:

A. Cuidado de la alimentación diaria:

1. Aportando la ingesta energética y nutricional necesaria a los jugadores. Ingestas inferiores a las necesarias pueden llevar a un estado de déficit energético que se traduce en una desnutrición energético-proteica, lo que produce una disminución del rendimiento deportivo, pérdida de masa muscular, disminución de glucógeno muscular y pérdida de peso, entre otros.
2. Controlando la hidratación del jugador con el adecuado aporte de líquido, en función de las pérdidas derivadas del ejercicio físico evitando la deshidratación.

B. Control de la CC del deportista:

La modificación de masa grasa y masa muscular viene influenciada en cierta medida por la alimentación que tiene el futbolista, así como el entrenamiento que ha realizado; de esta manera, el aumento de masa muscular o la disminución del componente graso va a depender directamente de la relación entre estos dos factores y de la realización de estrategias adecuadas para llegar al objetivo marcado.

C. Ayuda en la optimización del rendimiento durante la competición:

Está demostrado que las estrategias nutricionales llevadas a cabo con el objetivo de aumentar las reservas de glucógeno muscular influyen

positivamente en el rendimiento, retrasan la aparición de la fatiga y evitan el catabolismo muscular exacerbado. Así mismo el aporte de hidratos de carbono durante los entrenamientos exigentes y las competiciones es vital para disminuir la oxidación de glucógeno muscular y evitar la fatiga por depleción de las reservas.

D. Ayudar en los procesos de recuperación deportiva:

Una buena recuperación posterior al entrenamiento o competición es básica para la recuperación del estado hídrico del futbolista, así como de las reservas de glucógeno muscular y la mejora de la recuperación del catabolismo muscular induciendo la síntesis proteica. El tiempo de administración de los alimentos o suplementos recuperadores y el tipo influyen en la medida de la recuperación.

E. Control de los déficits nutricionales:

Es evidente que, si se puede dar la situación de déficit energético, también es posible tener ciertas deficiencias a nivel de micronutrientes. Para controlarlo se administran suplementos minerales o vitamínicos. No debemos olvidar que en nutrición deportiva no se busca solo el mejor estatus posible para el rendimiento, sino también, el mantenimiento de la salud. Por ello, una parte importante de la actividad del área nutricional se basa en la nutrición clínica deportiva, ayudando a preservar la salud.

F. Educación nutricional del deportista:

Suministrar herramientas para una correcta alimentación en las comidas realizadas en el Club y mediante programas informáticos para la elección de alimentos según las necesidades individuales. Para este fin hemos desarrollado un sistema de elección de los platos del menú diario con el jugador con un nuevo módulo en el Software *Soccer System Pro*. Los pasos a seguir son:

1. Confección de los platos que forman parte de los menús semanales mediante el trabajo coordinado del nutricionista y el jefe de cocina (Figura 13).

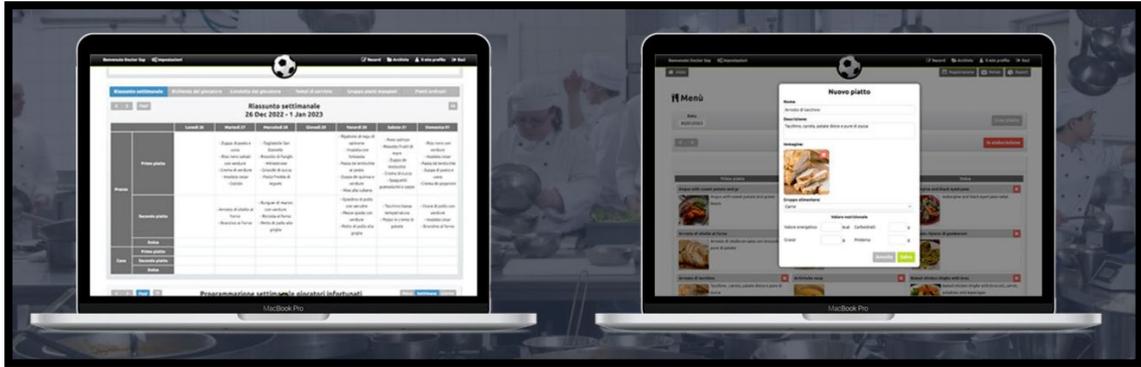


Figura 13. Zona de creación de platos y menús en Soccer System Pro.

2. El jugador elige un primer y segundo plato entre las opciones que componen el menú (Figura 14). Para generar esta elección recibe un mensaje en su teléfono móvil a las 9:00 h de la mañana.

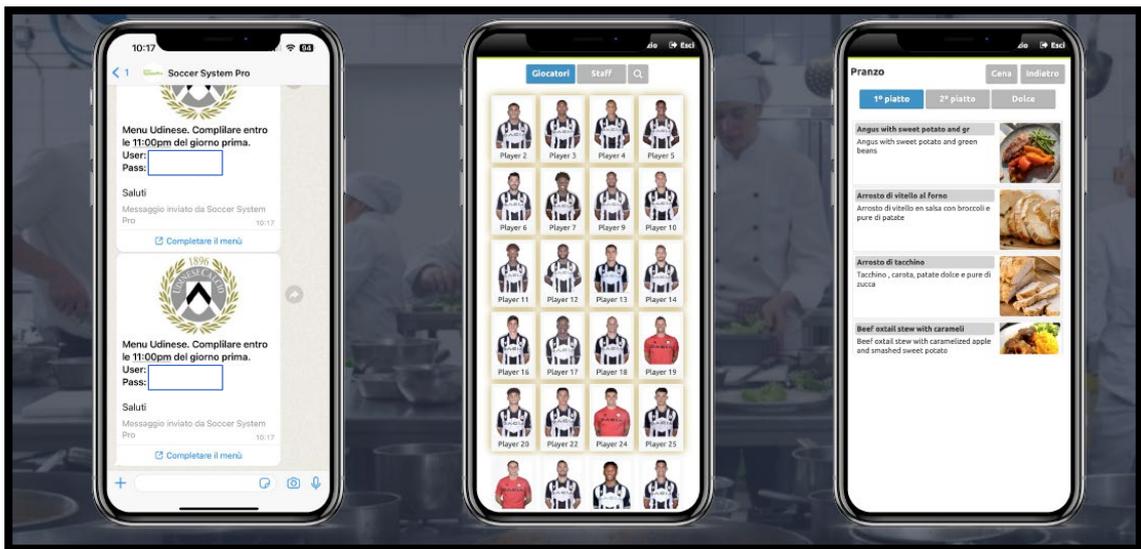


Figura 14. Módulo de elección de menú individualizado.

3. La cocina recibe las peticiones de elaboración en base a la presencia del jugador en el restaurante. El nutricionista puede

modificar y adaptar las opciones elegidas por los jugadores, supervisando el emplatado de manera individual adaptándose a su perfil de composición corporal o estado fisiológico (Figura 15).

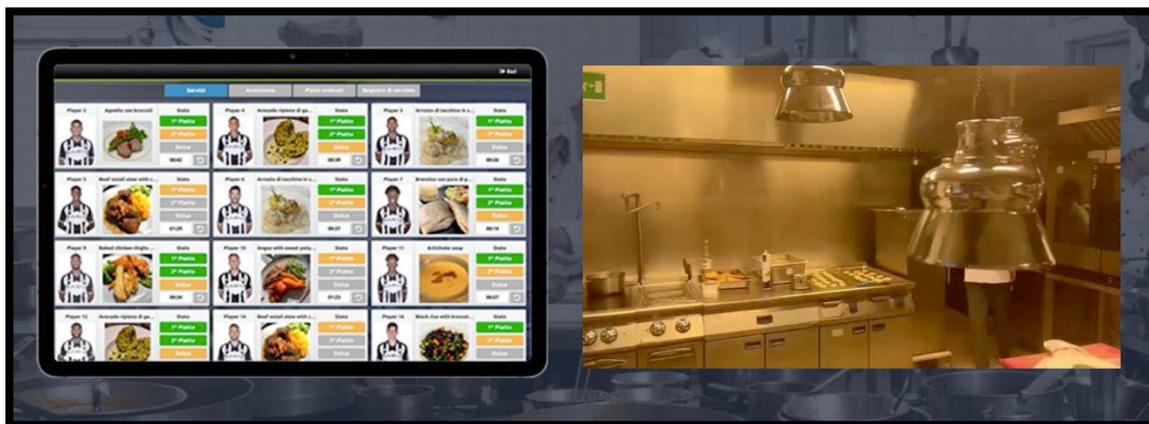


Figura 15. Panel que se presenta en la pantalla instalada en la zona de cocina.

4. El sistema genera de manera individual un informe de todos los platos elegidos por el jugador incluyendo recomendaciones del nutricionista. Estos informes se envían al jugador al final de cada semana (Figura 16).



Figura 16. Ejemplos de modelo de informe que recibe el jugador semanalmente.

G. Interpretación de los parámetros técnicos:

Se analizan los datos de entrenamientos y partidos facilitados por el staff técnico, a fin de obtener la información necesaria para marcar las estrategias nutricionales.

H. Control de parámetros de percepción subjetiva:

Se valoran parámetros de bienestar en relación con recuperación como herramienta de control y seguimiento del jugador y aporte de suplementos diarios.

I. Control de parámetros bioquímicos:

Los mismos permitirán evaluar las estrategias de intervención específicas a nivel nutricional y control de las lesiones.

En nuestra Unidad Nutricional hemos considerado conveniente llevar a cabo diferentes acuerdos o proyectos de investigación con empresas que nos ayudaron en la implantación de las medidas referenciadas.

En concreto, para poner en marcha las estrategias, se consiguieron cuatro proyectos de investigación (Anexo 7.12):

1. Proyecto de investigación denominado *"Desarrollo e implementación de una plataforma de comunicación online, de parámetros nutricionales, deportivos y culinarios aplicados al deporte profesional"* que nos ha permitido desarrollar una plataforma de comunicación online con los jugadores en materia de nutrición deportiva. Código PATDF/Y.
2. Para la implantación de las estrategias de suplementación era necesario un consumo elevado de suplementos de alta calidad y valor económico, por lo que solicitamos un nuevo proyecto de investigación denominado *"Studi sulla composizione corporea e l'uso di biomarcatori per valutare il proceso di recupero post-partita nei calciatori professionisti"*, en este caso a la empresa International Sport Nutrition S.R.L para que subvencionara

todos los suplementos a utilizar en nuestros estudios. Código PIARDFE/SRL.

3. Para la mejora el proceso de adherencia y cumplimiento de la suplementación pautaada al futbolista se optó por concursar a un proyecto de investigación que nos fue concedido al grupo de investigación CTS-595 por el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la empresa Blíster Applications SL. (Ti Medi SL), con nº de referencia PIARDFE/BA y denominado *“Estudios de composición corporal y uso de biomarcadores para evaluar el proceso de recuperación post partido en jugadores de fútbol profesional”*, mediante el cual hemos podido obtener una máquina emblistadora automática de suplementos nutricionales para establecer un sistema de dosificación personalizada en formato de bolsitas con certificado de calidad (Anexo 10). Con este formato podemos no solo hacer que el deportista tome la suplementación en el club, sino que también podemos dársela preparada para que la tome en casa los días de no asistencia al estadio. Además, la máquina tiene asociado un software y un equipo informático que ha sido posible obtener también gracias a la subvención concedida, y que permite llevar el control de los suplementos y sus pautas de dosificación.

Para contar con suplementos que nos sirvieran en diversos protocolos de intervención se llevó a cabo un contrato OTRI entre la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y el Laboratorio UNIFARCO SpA para asesoramiento técnico en el área médica, farmacéutica y nutricional (Anexo 7.13) con referencia Universitas XXI: 2021/00142/001.

Además, para apoyar todo el trabajo de investigación realizado, me incorporé al grupo de investigación CTS-595 de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla denominado Ejercicio, Salud y Alto Rendimiento (ESAR).

6.2 Estrategias dietético-nutricionales post entrenamiento y post partido sobre el estrés oxidativo e inflamación

Para poder establecer diferentes intervenciones en materia de nutrición y suplementación realizamos una revisión sobre algunos principios activos que podrían ser interesantes a fin de mejorar el rendimiento de los jugadores del Udinese Calcio.

Estudiamos las ventajas de la toma de suplementos de cereza y granada para poder establecer que son nutrientes eficaces para promover la recuperación después de un daño muscular inducido por el ejercicio. Este trabajo se publicó en una revista JCR de primer cuartil (Anexo 7.3). Este estudio sirvió para definir la intervención que vamos a realizar con los jugadores, y demostró el mismo potencial para acelerar la recuperación de variables de rendimiento funcional, variables perceptivas y la inflamación.

Para nuestro primer estudio hemos evaluado en los jugadores el efecto antioxidante y antiinflamatorio de una suplementación específica, tras los entrenamientos y partidos. Los resultados de los parámetros estudiados se muestran en la Tabla 11.

En el periodo analizado, se observó una disminución significativa de los valores de MRO, mientras que los niveles de PBA y de selenio sérico se redujeron significativamente. La relación PBA/MRO aumentó significativamente entre los dos periodos. Los valores de las relaciones AA/DHA y AA/EPA disminuyeron, aunque esto no fue significativo. La ACTH aumentó ligeramente, aunque no fue estadísticamente significativa. La concentración de Zinc disminuyó, pero no de forma significativa entre las dos evaluaciones.

La tabla 12 muestra las variables en las que se obtuvieron diferencias significativas entre ambas mediciones y para cada uno de los jugadores estudiados. Hay que destacar la disminución significativa de los valores del MRO.

Tabla 11. Principales valores de los parámetros analizados. n = 19

Variables	Octubre -19 Media ± DE	Enero -20 Media ± DE	Valores de referencia	Tamaño efecto D de Cohen
PBA (µmol/L)	2141.21 ± 167.27	2008.21 ± 214.39**	2000-2200	-0.69
MRO (Carr U.)	435.47 ± 73.98	373.74 ± 75.4**	250-320	-0.82
AA/DHA	3.218 ± 1.036	3.112 ± 0.934	1.6-3.6	-0.11
AA/EPA	6.728 ± 2.724	5.366 ± 2.184	1.6-3.6	-0.55
ACTH (pgl/mL)	37.427 ± 23.791	39 ± 22.028	<46	0.07
Selenio (ug/L)	116.91 ± 8.15	106.02 ± 10.97**	50-130	-1.12
Zinc (ug/L)	925.05 ± 56.1	919.89 ± 54.13	800-1600	-0.09
PBA/MRO	5.02 ± 0.76	5.53 ± 1.02*	-	0.57

PBA, Potencial biológico antioxidante; MRO, Metabolitos reactivos al oxígeno. AA/DHA, Relación Ácido Araquidónico/Ácido Docosahexaenoico; AA/EPA, Relación Ácido Araquidónico/Ácido Eicosapentaenoico; ACTH, Hormona Adrenocorticotrópica * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Una Carr U. es igual a peróxido de hidrógeno /dL.

Tabla 12. Evaluación individual de los jugadores estudiados. n=19.

	PBA		MRO		Índice PBA/MRO		Selenio	
	Octubre	Enero	Octubre	Enero	Octubre	Enero	Octubre	Enero
J1	2299	2307	449	391	5.12	5.9	108.8	82.9
J2	2030	1915	415	296	4.89	6.47	125.9	120
J3	2507	2282	474	328	5.29	6.96	113.4	88.3
J4	2169	2053	382	302	5.68	6.8	126.3	112.1
J5	2007	1896	377	359	5.32	5.28	119.8	118
J6	2286	2211	487	423	4.69	5.23	127.8	116
J7	2199	2119	377	398	5.83	5.32	109.4	118.9
J8	1840	1752	470	460	3.91	3.81	112.1	109
J9	2104	1698	502	403	4.19	4.21	122.6	100.4
J10	2199	2065	411	353	5.35	5.85	103.7	90.9
J11	2120	1899	358	407	5.92	4.67	107.5	99.4
J12	2011	1970	465	334	4.32	5.9	121.6	106.5
J13	2065	2107	319	303	6.47	6.95	128.2	108.8
J14	2030	1995	410	296	4.95	6.74	118.4	110.7
J15	2135	2005	556	409	3.84	4.9	123	119.5
J16	2055	1647	399	280	5.15	5.88	112.7	100.2
J17	1908	1721	392	331	4.87	5.2	113.7	96.1
J18	2385	2082	630	591	3.79	3.52	123.2	106.2
J19	2334	2432	401	437	5.82	5.57	103.1	110.5

J, jugador; PBA, Potencial biológico antioxidante; MRO, Metabolitos reactivos al oxígeno.

En la Figura 17 se muestran los valores individuales del índice PBA/MRO para las mediciones de octubre y enero.

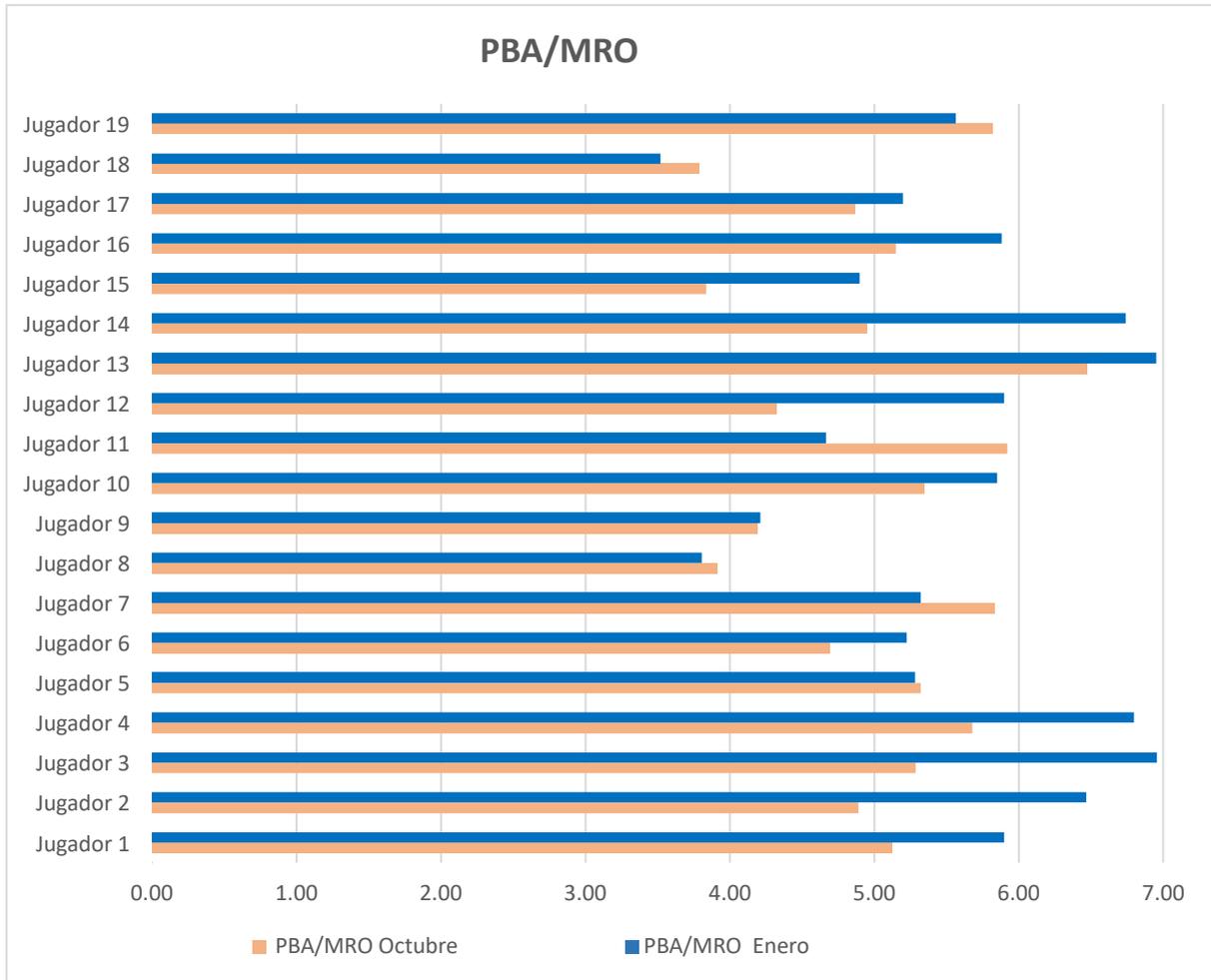


Figura 17. Índice PBA/MRO.

Los resultados obtenidos confirman que los jugadores que tomaron antioxidantes durante el periodo de intervención en forma de una mezcla de un batido de piña natural con un concentrado de cereza ácida, granada, grosella negra y remolacha en forma de stick, mejoraron significativamente los parámetros asociados al estrés oxidativo, aunque no se observó una mejora significativa en los parámetros relacionados con la inflamación.

Los jugadores presentaron una mejora del PhA y del componente magro en los miembros inferiores, con una moderada correlación entre ambos ($r = 0,6$). Con respecto al AIC y AEC, señalar que, a pesar de la alta intensidad del ejercicio durante cuatro semanas, éstas se han mantenido constantes sin presentar variaciones significativas durante el periodo de estudio, lo que indica que no se ha producido un proceso de deshidratación del jugador. Estos resultados han sido publicados en 2022 en la revista científica Retos (Anexo 7.2) (156).

Posteriormente buscamos otros suplementos que pudiéramos usar en la mejora del rendimiento del deportista, estudiamos las ventajas de té verde, trabajo de revisión publicado en la revista JCR de primer cuartil Acta Physiologica como Meeting Abstract (Anexo 7.11 Meeting Abstract 9).

En otra de las publicaciones que presentamos en el Congreso Europhysiology en Copenhague y posteriormente publicado como Meeting Abstract en la revista Acta Physiologica (Anexo 7.11. Meeting Abstract 7), se pudo apreciar que la suplementación con 1000mg de EPA y 700 mg de DHA mejoró significativamente el valor de la relación AA/EPA en nuestros jugadores (Tabla 13).

Tabla 13. Resultados obtenidos a nivel inflamatorio por los jugadores

	Parámetros	Pre-test Media \pm DE	Post-test Media \pm DE	p-valor
Grupo de intervención n=11	AA/DHA	2,72 \pm 1,07	2,48 \pm 0,59	0,722
	AA/EPA	4,25 \pm 2,47	0,75 \pm 0,35	0,001**
Grupo de intervención n=7	AA/DHA	3,80 \pm 1,18	3,65 \pm 0,54	0,661
	AA/EPA	8,97 \pm 4,44	9,57 \pm 8,31	0,805

AA/DHA, Relación Ácido Araquidónico/Ácido Docosahexaenoico; AA/EPA, Relación Ácido Araquidónico/Ácido Eicosapentaenoico. Diferencias significativas entre pre y post. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

6.3 Parámetros de Composición Corporal estudiados en pretemporada

En la tabla 14 se muestran la evolución de los parámetros hídricos de agua intracelular (AIC) y de agua extracelular (AEC) de los jugadores, sometidos a un entrenamiento intenso en la pretemporada y a un control de su alimentación y suplementación. Observamos que, de media, los jugadores presentaban algo menos de 18 kg (21,07 % del peso total) en el contenido de AEC, así como unos 35 kg en AIC (41,57 % del peso total). En cuanto al índice de AIC/AEC presentan valores cercanos a dos, lo que quiere decir que, por cada kg de componente hídrico extracelular, presentan 1,97 kg del intracelular.

En cuanto a la MMp obtenida por DEXA, los jugadores poseen algo más de 27 kg en el inicio del período, evolucionando de manera positiva hasta llegar al final del período con más de 2 kg de ganancia de masa magra (2,144 kg), cambio este estadísticamente significativo.

El PhA de los miembros inferiores mejora significativamente tras el período de pretemporada, lo que nos indica que ha mejorado la integridad y la salud celular.

Tabla 14. Medias y desviaciones típicas de las variables del estudio obtenidas por BIA y DEXA. Diferencias significativas y tamaños del efecto.

Parámetros	Pre Media ± DE	Post Media ± DE	p-valor	Tamaño del efecto D de Cohen
AEC (kg)	17,93 ± 1,23	17,87 ± 1,07	0,310	-0,05
AIC (kg)	35,37 ± 4,4	35,52 ± 3,76	0,607	0,04
ACT (kg)	53,31 ± 5,59	53,37 ± 4,60	0,874	0,01
AIC/AEC (kg)	1,97 ± 0,12	1,98 ± 0,10	0,186	0,09
AIC/ACT (kg)	0,66 ± 0,01	0,66 ± 0,01	0,111	0,00
PhA (°)	7,28 ± 0,73	7,54 ± 0,76**	0,000	0,35
MMp (kg)	27,52 ± 4,21	29,66 ± 4,02**	0,000	0,52

Obtenidos por BIA: AEC, Agua Extracelular; AIC, Agua Intracelular; ACT, Agua Corporal Total; AIC/AEC, Índice Agua Intracelular/Agua Extracelular; AIC/ACT, Índice Agua Intracelular/Agua Corporal Total; PhA, Ángulo de fase en grados. Obtenido por DEXA: MMp, Masa Magra en piernas; DE, Desviación Estándar. *Diferencias significativas entre el pre y post. * p < 0.05, ** p < 0.01.

Además, se han observado fluctuaciones en los componentes hídricos (AEC, AIC y ACT), pero ninguno de ellos presenta un cambio estadísticamente significativo. Por otro lado, la correlación que obtuvimos del PhA y la MMp fue moderada ($r = 0,601$) (Figura 18). Todos estos resultados han sido publicados en 2022 en la revista de impacto JCR International Journal of Morphology (Anexo 7.1).

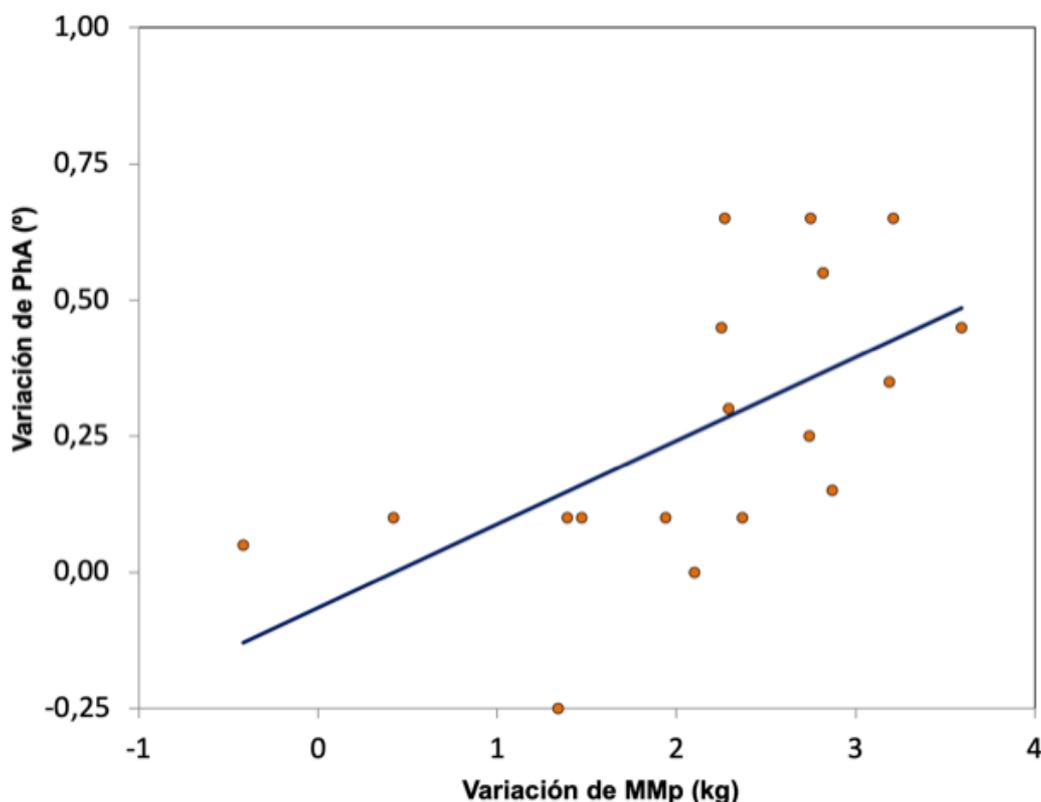


Figura 18. Diagrama de dispersión y recta de ajuste de la variación de ángulo de fase (PhA) y Masa Magra de los miembros inferiores (MMp).

En el año 2021 realizamos una investigación en la que observamos una correlación positiva entre el PhA obtenido por BIA de nuestros jugadores y los marcadores de daño muscular y respuesta inflamatoria tras un partido de competición oficial. Estos hallazgos se publicaron en la revista Polish Journal of Sport and Tourism (Anexo 7.5), donde apreciamos que no había correlaciones significativas entre el PhA y el resto de las variables del estudio antes del partido. Sin embargo, se encontraron relaciones importantes 36 horas post partido entre el PhA y la mayoría de los marcadores bioquímicos medidos, tales como la LDH ($r = 0,714$, $p = 0,001$), la CK ($r = 0,787$, $p = 0,000$) y la PCR ($r = 0,554$, $p = 0,017$).

Durante el periodo de estudio de esta tesis doctoral el mundo sufrió un confinamiento por la epidemia del SARS-CoV-2 y el grupo de investigación consideró interesante estudiar la evolución de los parámetros de CC en este periodo. Observamos que una intervención nutricional y una prescripción de actividad física específicas pudieron atenuar los cambios de parámetros de CC hídricos y PhA. En este periodo no se hallaron diferencias significativas en los parámetros de CC, pero sí en el descenso del PhA. En este estudio se abordó el uso del PhA como indicador de calidad muscular, y abrió una nueva línea de investigación que profundizaría más en este aspecto para ser un biomarcador que usamos en nuestro estudio de intervención relacionado con el incremento del componente muscular. Estos hallazgos fueron publicados en una revista de impacto JCR, la International Journal of Morphology (Anexo 7.7).

También pudimos apreciar en otra investigación con los futbolistas del primer equipo, el aumento significativo que sufre el PhA desde pretemporada al inicio de la temporada, hallazgos que fueron presentados en el 36th World Congress of Sports Medicine en Grecia (Atenas) y publicados como Meeting Abstract en la revista JCR Medicina Dello Sport (Anexo 7.10 Meeting Abstract 6).

Otra línea de estudio en la que participamos en 2021 sobre la CC, fue establecer comparativas entre los diferentes métodos de campo y de laboratorio en jugadores de fútbol profesional, de este estudio concluimos aplicar el fraccionamiento tetracompartimental del método de campo antropométrico analizado con el software KINBIA® y, en el caso de utilizar DEXA y/o BIA, a aplicar las fórmulas propuestas en este estudio. Esta estrategia en la que participamos fue publicada por la editorial Wanceulen como capítulo de libro (Anexo 7.8. Capítulos de libro 2).

Ese mismo año en la revista Medicina Dello Sport, revista JCR, publicamos los efectos de tres meses de vitamina D, creatina y grasas poliinsaturadas en los parámetros bioquímicos en jugadores de fútbol profesionales, así como en su CC, obteniendo como resultado un aumento

significativo de la masa muscular, una estabilización de los parámetros hídricos, así como el control del incremento de los marcadores de daño muscular e inflamatorio, cuando de forma fisiológica, sin suplementación alguna se esperaría un aumento de los mismos (Anexo 7.4).

Una vez estudiada la evolución de la CC durante pretemporada, con el fin de aportar información adicional a los objetivos establecidos en nuestro estudio, observamos que el somatotipo predominante en los jugadores era ecto-mesomórfico y que la tendencia actual en su configuración morfológica es reducir aún más el componente endomórfico, hallazgos que publicamos en la revista JCR International Journal of Morphology en el año 2022 (Anexo 7.6).

6.4 Prevención de lesiones en el fútbol

6.4.1 Administración de Quercetina y valores de carga interna: cortisol e IgA

En valores brutos, la media de las medidas de cortisol de los jugadores a 72 horas post partido pasa de 3,841 a 3,286 y la media de IgA pasa de 304,93 a 125,71 tras la intervención con la quercetina, comparando las dos evaluaciones, siendo el cambio en los valores de cortisol significativo ($p < 0,05$), mientras que el cambio producido en la IgA es muy significativo ($p < 0,01$). Estos resultados están en proceso de publicación.

6.4.2 Evaluación de IL-6 e Inmunoglobulinas específicas de clase G (IgG) durante la etapa competitiva en fútbol profesional

En las mediciones de IL-6, los resultados del análisis de sangre se realizaron en un gráfico utilizando como rangos los límites fisiológicos, inferiores a 40 pg/ml (Figura 19). Los resultados se presentan en la Figura 20.

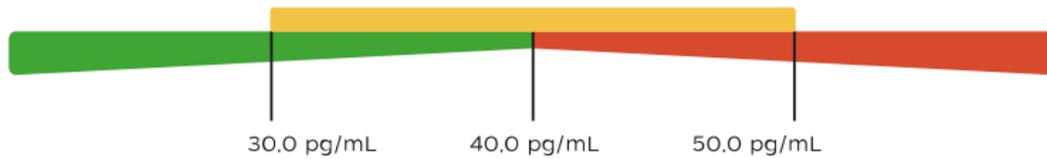


Figura 19. Límites fisiológicos usados como punto de referencia en la medición de la IL-6.

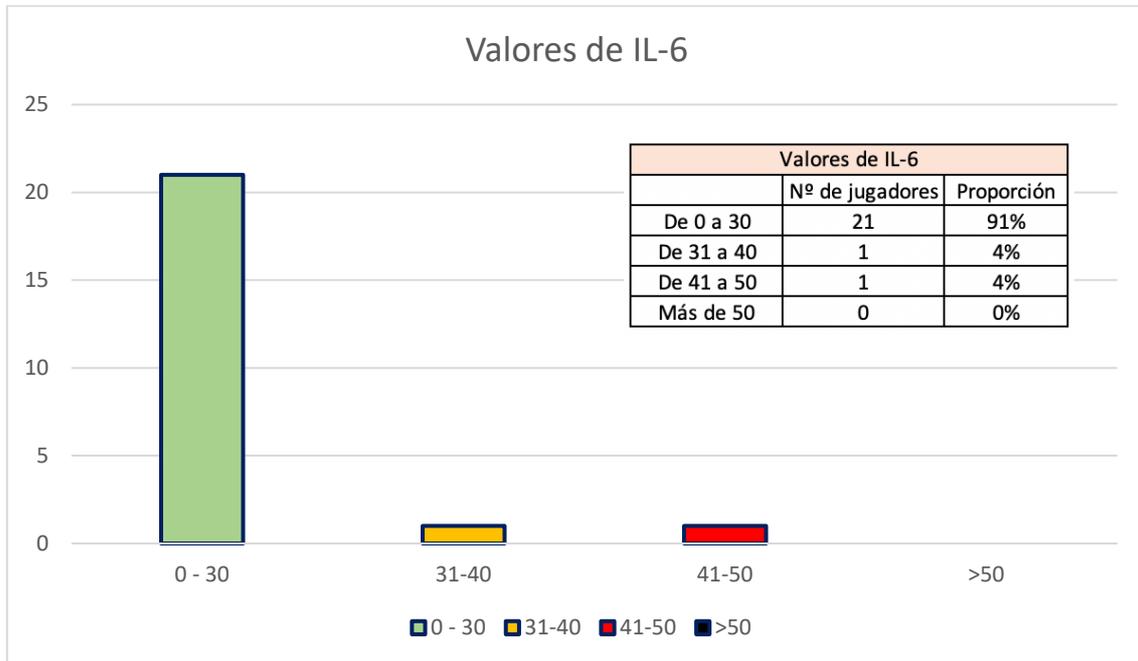


Figura 20. Relación entre los valores de IL-6 y número de sujetos.

En relación a la medición de IgG en un panel de 92 alimentos individuales, en la muestra estudiada de 23 jugadores, 4 de ellos presentaron reactividad alimentaria (Tabla 15). Los grupos de alimentos que más reactividad produjeron son los cereales con gluten, lácteos y frutos secos.

Las nueces ($r=0,666$, $p<0,01$), avellanas ($r=0,497$, $p<0,05$) y anacardos ($r=0,479$, $p<0,05$) son los alimentos con mayores valores de positividad en los jugadores que presentan valores más elevados de IL-6.

Tabla 15. Relación de alimentos analizados con número de jugadores positivos que presentan reactividad. n=23.

Alimento	Nº de jugadores con reactividad	Grupos de alimentos
Quesos (gorgonzola, mozzarella, ricota, grana padano, parmigiano)	11	Lácteos
Leche de vaca	10	
Kamut	4	Cereales con gluten
Espelta	3	
Cebada	3	
Centeno	2	
Trigo	8	
Huevo	6	Huevo
Cacahuetes, anacardos, almendra,	6	Frutos secos
Leche de cabra	3	Otros lácteos
Levadura de cerveza	3	Otros
Cerdo	1	
Cacao	1	

DISCUSIÓN

CAPITULO 7: DISCUSIÓN

7.1 La unidad de nutrición en el fútbol profesional

Hace unos años, el Departamento de Nutrición de un equipo de fútbol profesional se encargaba de la preparación de las ayudas ergogénicas y controlaba la correcta CC de los jugadores, atendiendo básicamente al peso, siempre bajo la supervisión del médico del equipo. La incorporación de nutricionistas especializados ha hecho que los departamentos de nutrición aborden también la suplementación natural de los jugadores en función a sus características individuales. Además, muchos clubes, gracias al aumento presupuestario por ingresos televisivos y venta de jugadores, han apostado por incluir en el Club un restaurante y maquinaria específica para la medición del estado físico y fisiológico del jugador, siendo el nutricionista un eslabón más en la gestión y funcionamiento del staff sanitario, a fin de optimizar el rendimiento deportivo y prevenir las lesiones.

Hoy día, las características competitivas del fútbol actual requieren una mejora del físico del jugador con respecto a años anteriores y una mejora de la recuperación post partido por el incremento de número de competiciones a lo largo de la temporada. La tendencia actual es hacia el aumento de la masa muscular del jugador y disminución de su porcentaje graso, jugando la alimentación un rol fundamental para alcanzar estos objetivos.

En el fútbol, la calidad del futbolista es esencial pero una mala gestión de su alimentación y de sus estilos de vida, que condicione su estado físico, puede hacer que el jugador no llegue a cumplir su objetivo. Tal y como citó el Prof. Ron Maughan (157), y que podemos aplicar al fútbol de élite: *“Una buena alimentación no va a convertir a un atleta mediocre en un campeón en un día, pero unas malas pautas de nutrición y suplementación pueden convertir a un potencial campeón en un atleta mediocre”*.

Para el desempeño del trabajo del nutricionista en un club de fútbol, el mismo debe tener a su alcance una serie de herramientas que le servían para optimizar sus funciones: dispositivos para la evaluación y seguimiento de la CC, suplementos nutricionales y ayudas ergogénicas, biomarcadores bioquímicos y

fisiológicos, cocineros, etc... Será el nutricionista en función de la disponibilidad de dichas herramientas, el que genere protocolos de evaluación, tratamiento y seguimiento del deportista para mejorar su condición física.

7.2 Estrategias dietético-nutricionales post entrenamiento y post partido sobre el estrés oxidativo e inflamación

El ejercicio físico extenuante conduce a un aumento de la producción de MRO, generando estrés oxidativo en las estructuras celulares, lo que tiene un impacto negativo en el rendimiento (29,158). La eliminación de los radicales libres se lleva a cabo mediante el sistema de defensa antioxidante endógeno del organismo, junto con los antioxidantes exógenos consumidos a través de la dieta, que proceden principalmente de la ingestión de frutas y verduras (159,160). Hay algunas pruebas que sugieren que las MRO desempeñan un importante papel fisiológico en el proceso de recuperación y que los suplementos antioxidantes pueden dificultar las adaptaciones celulares específicas al ejercicio (39). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el impacto negativo de los antioxidantes en forma de suplementos sobre el PBA, en el proceso de adaptación al entrenamiento, nunca se ha correlacionado con los alimentos antioxidantes naturales (161).

Margaritelis y cols. destacaron la importancia de asegurar la ingesta de antioxidantes para mejorar el rendimiento, así como para mejorar el perfil redox, lo que sería de interés para que el sujeto alcanzara concentraciones óptimas de antioxidantes durante la competición (162).

La mejora de los protocolos de recuperación de los futbolistas es un objetivo fundamental del área de nutrición del club. Los jugadores profesionales tienen un mayor estrés oxidativo en comparación con la población normal, por lo que algunos autores han discutido la conveniencia de incluir suplementos antioxidantes (28,29,31,37). El estrés oxidativo es la consecuencia de un desequilibrio entre la producción de MRO y PBA. Este estrés puede tanto causar

daños en los componentes celulares como tener efectos perjudiciales en condiciones fisiológicas, durante el ejercicio físico o en enfermedades (163).

Los compuestos fenólicos son una pieza clave en la recuperación del jugador. Compuestos como los flavonoides y las antocianinas tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias previniendo la inflamación y el estrés oxidativo, así como ayudan a que los atletas se recuperen de los daños musculares inducidos por el ejercicio. La cereza ácida y la granada son dos frutas con altos niveles de polifenoles. Su poder antioxidante y propiedades antiinflamatorias han atraído recientemente un interés sustancial por su potencial para reducir la pérdida de fuerza y promover la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio (29).

Las pruebas existentes sugieren que, con ligeras diferencias, el uso de suplementos de cereza ácida y granada son buenas estrategias para acelerar la recuperación de las variables de rendimiento, variables de percepción, inflamación y estrés oxidativo. Sin embargo, sus efectos positivos son más efectivos cuando la suplementación comienza unos días antes de producirse el daño muscular y finaliza algunos días después, por un período total de suplementación de al menos 8/10 días con un contenido total del componente fenólico de al menos 1200 mg/día.

En 2019, Omi y cols. administraron isoquercetina modificada enzimáticamente a jugadores de fútbol americano tras el entrenamiento durante un periodo de cuatro meses, y observaron una mejora en el estado antioxidante expresada por el índice PBA/MRO correlacionando esta mejora con un aumento de la masa muscular (73). Además, observaron una disminución de los valores medios de MRO y de PBA.

Tras nuestra intervención nutricional con antioxidantes (concentrado rico en polifenoles - Tabla 5) durante diez semanas, observamos una disminución significativa de la cantidad de MRO, y un aumento significativo del índice PBA/MRO, y, por tanto, de la capacidad antioxidante, a pesar de que el PBA disminuyó. Esta disminución no se corresponde con los valores observados por Bolner y cols. (164) quienes encontraron un aumento proporcional de la PBA y del MRO en atletas sometidos a altas cargas de actividad muscular. Los autores

consideraron que este exceso era una adaptación al entrenamiento, que ponía en marcha el propio mecanismo antioxidante del organismo.

En la actualidad hay pruebas de que dosis altas y sostenidas de antioxidantes pueden dificultar ciertas adaptaciones. Autores como Merry y cols. aportan datos que pueden apuntar al efecto protector de los antioxidantes utilizados en la intervención post-entrenamiento y post-partido frente al daño muscular inducido por el ejercicio, siendo importante referirse siempre al periodo de intervención y a la dosis establecida para evitar entrar en controversia con posibles adaptaciones negativas en otros periodos de intervención o dosis más altas de antioxidantes (165).

En futuros estudios, sería interesante establecer si la suplementación con antioxidantes puede producir un desequilibrio y provocar adaptaciones fisiológicas negativas en el PBA que no puedan ser compensadas por la capacidad antioxidante endógena, o en caso contrario, evaluar si una suplementación sostenida con antioxidantes es más adecuada en el control del PBA.

En consecuencia, la pregunta sería, ¿podría la ingesta de antioxidantes durante un periodo controlado de post actividad prevenir el daño muscular inducido por el ejercicio?. Según los datos obtenidos en nuestra investigación, encontramos una disminución significativa del MRO ($p < 0,01$) tras el periodo de intervención, aunque la capacidad antioxidante endógena o PBA había disminuido de forma no significativa, lo que no podría llevar a pensar que se ha producido una disminución del daño muscular y una mejora del equilibrio oxidativo solo atendiendo a los valores de MRO e índice PBA/MRO.

Por otro lado, el selenio está relacionado con la capacidad antioxidante endógena (35) y se observó en nuestros jugadores una disminución de la concentración de selenio entre los dos periodos, lo que se podría atribuir a una adaptación al administrar exógenamente antioxidantes.

Tras el análisis de nuestros resultados, también observamos que el valor de ACTH aumenta durante este período, hecho que concuerda con la evolución descrita por Bolner y cols. en 2019 tras la exposición a ejercicio de una alta intensidad (164).

Los antioxidantes están ganando un interés creciente debido a sus propiedades relacionadas con el estrés oxidativo, la inflamación y el daño muscular después del ejercicio (31). La suplementación con concentrado de cereza ácida en deportes intermitentes como el fútbol, en los que se midieron los marcadores de estrés inflamatorio y oxidativo, es una buena herramienta para optimizar y acelerar la recuperación en los atletas (74), cuando se ingiere días antes y varios días después de una competición (29). Otros autores también señalan este potencial afirmando que la cereza ácida mejora la recuperación (166) así como el estrés oxidativo después de un entrenamiento de alta intensidad (167,168).

El zumo de remolacha es otra ayuda ergogénica con alta capacidad antioxidante, que ha demostrado mejorar el dolor muscular y la recuperación de la función muscular (171-173). También se ha utilizado la grosella negra, que ha demostrado una mejora del rendimiento en el ciclismo (171).

Es bien sabido que el ejercicio regular puede beneficiar la salud al mejorar las defensas antioxidantes del organismo. Sin embargo, el ejercicio intenso puede generar un exceso de MRO, lo que conduce a un daño tisular relacionado con el estrés oxidativo y a un deterioro de la contractilidad muscular. Curiosamente, la exposición moderada a los MRO es necesaria para inducir las respuestas adaptativas del organismo, como la activación de los mecanismos de defensa antioxidantes.

El té verde también es popular entre las bebidas ricas en compuestos polifenólicos (172). Sus beneficios para la salud se deben a las propiedades antioxidantes de las catequinas, de las cuales la epigallocatequina-3-galato, considerada la más bioactiva, representa entre el 50-80% del contenido total de catequinas (173,174). Estos autores han informado de los efectos positivos de la suplementación con té verde en la reducción del estrés oxidativo tras el ejercicio en animales.

En la revisión que hemos publicado sobre el té verde (Anexo 7.11, Meeting Abstract 9), concluimos que la administración de té verde antes del ejercicio y durante un periodo de una semana, con un contenido entre 400-800 mg de catequinas, se trata de una efectiva estrategia de protección celular contra el estrés oxidativo. Sin embargo, ninguno de los estudios incluidos en esta revisión analizó los marcadores de estrés oxidativo a más de 24 horas después del ejercicio y, por este motivo, no lo usamos en la intervención del estudio de recuperación con los jugadores.

Otros autores han afirmado encontrar mejoras con la suplementación de antioxidantes en el rendimiento, la recuperación y el daño muscular (175); que la suplementación con vitaminas antioxidantes es beneficiosa para combatir el estrés oxidativo y que el glutatión exógeno influye en la capacidad de resistencia de los atletas (176).

Schneider y cols. en 2018 realizaron un estudio de intervención con dos dietas con diferentes concentraciones de antioxidantes durante catorce días en triatletas, obteniendo una mejora del estado redox. Además, se observó un menor daño proteico, mostrado por la disminución de los niveles de carbonilo, y un aumento de la capacidad antioxidante (177).

En el ámbito del deporte de élite, el omega-3 ha cobrado especial importancia en los últimos años, y se han realizado numerosos estudios para establecer un protocolo de administración y obtener efectos bioquímicos claramente definidos (178), siendo también estudiado en la mejora de diferentes parámetros de inflamación y rendimiento deportivo (180-183).

La disponibilidad tisular de los Ácidos Grasos Poliinsaturados del inglés *Polyunsaturated Fatty Acids* (PUFA) depende de varios factores, como la ingesta alimentaria, el ejercicio físico, la variación genética y el recambio metabólico. Sin embargo, hay pocos estudios que concluyan si una actividad de entrenamiento de carrera por sí sola puede influir en los índices asociados al metabolismo de los PUFA, como el índice omega-3/omega-6 y la relación AA/EPA (178).

En nuestra intervención con el compuesto de antioxidantes rico en polifenoles (Tabla 5) durante diez semanas, no está claro si el protocolo estudiado disminuye el daño muscular tras el entrenamiento y los partidos, ya que, aunque se observó una disminución de los índices AA/DHA y AA/EPA, éstos no fueron significativos. El EPA actúa de forma competitiva frente al AA para las enzimas ciclooxigenasa y lipoxigenasa, que son clave para reducir la inflamación, y en consecuencia, un valor elevado de la relación AA/EPA podría ser un marcador de inflamación crónica (178).

Según Davinelli y cols. (183) el entrenamiento puede contribuir negativamente a los cambios en la relación AA/EPA. Otros autores como Ramos-Campos y cols. (184) incorporaron la suplementación con DHA reesterificado (2,1 g/día) y EPA (240 mg/día) durante el mismo período de tiempo que nuestro estudio, 10 semanas, obtienen menores concentraciones de inflamación (IL-6) y disminución de los valores de los marcadores de daño muscular (CPK y LDH). Tras observar los valores medidos en nuestro estudio (Anexo 7.2), no pudimos establecer una relación clara entre la intervención y los valores obtenidos para la relación AA/DHA, aunque la dosis de DHA tomada por nuestros jugadores de DHA fue mucho menor que en el estudio de Ramos-Campos.

Otros investigadores han demostrado que la administración de un suplemento de omega-3 mejora los parámetros del EPA y del DHA a nivel sanguíneo en jugadores de fútbol profesionales (181,185). Por este motivo decidimos estudiar las variaciones de AA/EPA y AA/DHA en el período de pretemporada (Anexo 7.11 Meeting Abstract 7), en el que observamos que la suplementación mejoró significativamente el valor de la relación AA/EPA tras administrar 1000 mg de EPA y 700 mg de DHA. En cambio, el valor de la relación AA/DHA aunque mejoró, no fue significativo, lo que puede deberse a que el EPA y el DHA compiten entre sí cuando se administran juntos (186), o tal vez que la dosis administrada no fue suficiente. Por otra parte, los jugadores del grupo control no mejoraron sus valores en ambos parámetros (AA/EPA y AA/DHA), e incluso empeoraron en el valor de AA/EPA.

Es esencial realizar más estudios que se centren en minimizar el daño oxidativo y maximizar la respuesta adaptativa inducida por el ejercicio. El desarrollo de estrategias prometedoras que combinen una dieta antioxidante natural eficaz con el ejercicio personalizado en una variedad de poblaciones podría mejorar en gran medida la salud y la calidad de vida (187).

7.3 Parámetros de Composición Corporal estudiados en pretemporada

En un equipo profesional de fútbol, la medición de la CC a lo largo de la temporada nos permite establecer objetivos físicos en el jugador orientados a mejorar su componente graso y muscular, asociándose esto a una mejora de su rendimiento.

Uno de los retos que se le presenta al departamento de nutrición es comprobar si los parámetros de CC evolucionan positivamente en función a la estrategia de suplementación y al programa de actividad física. Estos parámetros nos permitirán tomar mejores decisiones en materia de nutrición y programas de actividad física individualizados basados en los objetivos finales del deportista y conocer con precisión la evolución de la CC y estado de salud.

Existen diferentes técnicas antropométricas para la estimación de la CC, bien por métodos de campo o de laboratorio. Entre las técnicas aplicadas en nuestros futbolistas, la antropometría de campo mediante pliegues cutáneos se centra en la estimación del tejido celular subcutáneo por la fórmula propuesta de Withers y cols. (188), obtenida con atletas de alto rendimiento. Este cálculo se traduce en valores absolutos de masa grasa mucho más bajos que por el resto de los métodos de laboratorio analizados, BIA y DEXA, dado que estos dos métodos de laboratorio estiman la grasa en base a una población de referencia no deportista (Anexo 7.8. Capítulo de libro 2).

Al comparar la medición de la CC por antropometría, BIA y DEXA observamos que la evolución de las masas, expresadas en porcentaje, siguen

una misma tendencia de pérdida, aunque no siendo posible la comparación de las técnicas por los valores absolutos obtenidos.

La ganancia del componente muscular es infravalorada por BIA en relación con los otros dos métodos, lo que puede ser debido a que este método realiza sus cálculos en base a la estimación del agua corporal. Los cambios de la composición hídrica intra y extracelular en deportistas de élite, pueden ser factores determinantes en la valoración de la masa muscular. Por todo ello, estimamos la medición por DEXA como la técnica ideal para evaluar los cambios del componente muscular en nuestros jugadores.

En la estimación del componente muscular, además de tener en cuenta la masa magra por DEXA, analizamos el PhA de los miembros inferiores obtenido por BIA, puesto que se ha demostrado recientemente que los cambios de este parámetro están más fuertemente relacionados con el rendimiento que los valores del PhA de cuerpo completo (189).

En el estudio que hemos realizado con jugadores de fútbol profesional desde el comienzo de la pretemporada al inicio de la temporada (Anexo 7.1), hemos analizado el comportamiento del PhA obtenido por BIA con las posibles mejoras del componente magro en miembros inferiores (MMp) evaluado por DEXA, así como la evolución de los parámetros hídricos obtenidos por BIA. Los jugadores evaluados estaban sometidos a un entrenamiento intenso y a un control nutricional completo de dieta y suplementación.

Se ha observado un cambio significativo en el PhA y en la MMp, con una correlación moderada entre ellas. En cambio, los parámetros hídricos no sufrieron cambios estadísticamente significativos.

Distintos estudios concluyen que la BIA es una técnica de laboratorio fiable para estimar la CC, y que puede ser útil para medir de manera aislada a los deportistas o para hacer un seguimiento de los mismos a largo plazo (51). Además, se ha observado que el PhA obtenido por este método está relacionado con la integridad y salud celular (190,191). Del mismo modo los índices hídricos de los componentes de agua corporal total, AIC, AEC y masa celular corporal

están relacionados con el PhA, por lo que podría ser interesante ser estudiados en deportistas de alto nivel (54).

Como argumentaron Mundstock y cols. (192) en su metaanálisis, el ejercicio está relacionado con una mejora del PhA siendo un indicador de la actividad física y el estado nutricional (193), pudiendo ser utilizado éste como un marcador de rendimiento físico. En jugadores de fútbol masculino se observó que, en comparación con el nivel de élite, los jugadores de menor nivel de rendimiento tenían PhA más bajos (194).

En el ámbito del deporte y del alto rendimiento, estudios muy recientes como los de Da Silva y cols. (195) concluyen que existe una relación entre el estrés oxidativo y la inflamación derivada de la práctica deportiva y el PhA.

Esto abre una ventana más sobre la utilidad del PhA como herramienta de medición del deportista profesional. Barbosa-Silva y cols. (196) presentaron valores de referencia del PhA de cuerpo completo para población normal, siendo su muestra, hombres y mujeres sanos categorizados por edad. Los varones entre 20-29 años poseen un PhA de 8,02, lo que consideramos excesivo y algo superior a la media, si bien los instrumentos de medida fueron diferentes (BIA monofrecuencia a 50 kHz).

El valor medio del PhA en miembros inferiores de nuestros deportistas (7,28 pre-test y 7,54 en el post-test) es ligeramente superior a otros estudios realizados con deportistas de élite, como los que observaron Yáñez-Sepúlveda y cols. (197) de 7,1 en una muestra de saltadores de élite de paracaidismo. Otros autores como Hernández-Jaña y cols. (198) observan en mujeres, que el entrenamiento tanto de fuerza como de resistencia mejora el PhA en todos los segmentos del cuerpo, al mismo tiempo que disminuye la grasa y aumenta la masa muscular.

Autores como Berral-Aguilar y cols. (199) observaron, en una muestra similar a la nuestra, el efecto del confinamiento sobre la CC debido a la pandemia, concluyendo que la CC no empeoró, aunque sí lo hizo el PhA, por lo que el entrenamiento de alta intensidad controlado por GPS (104,105) junto al

control de la alimentación y suplementación de los jugadores, pudo ser en nuestra población el factor determinante en la evolución positiva del PhA.

Observamos que el PhA está asociado con la fuerza muscular, por lo que es de interés estudiar cómo varía la ratio AIC y AEC, así como la masa celular corporal (191), habiéndose publicado estudios recientes que correlacionan positivamente el PhA, el AIC y índice AIC/AEC (54).

Un estudio del PhA como un predictor de daño muscular e inflamación en jugadores de fútbol profesional, en el que he colaborado, ha sido descrito por Moya-Amaya y cols. (200) quienes concluyen que este parámetro podría ser utilizado en la recuperación del jugador dada su relación con los parámetros bioquímicos de daño muscular. Estos autores miden las actividades de LDH y CK en plasma como marcadores de daño muscular y las concentraciones de PCR e IL-6 como marcadores de inflamación, junto al PhA antes y después de la competición.

Tomeleri y cols. (201) estudiaron las correlaciones entre los cambios en el PhA y los cambios en TNF- α , la PCR, la IL-6 y la IL-10 en mujeres mayores después de 12 semanas de entrenamiento de resistencia. Encontraron correlaciones significativas negativas entre los cambios en el PhA y los cambios en el TNF- α y la PCR, y una correlación significativa positiva entre el PhA y la IL-10. No se encontró ninguna correlación con los cambios en la IL-6.

7.3.1. Suplementación para la mejora de la composición corporal (CC)

En nuestro principal trabajo publicado (Anexo 7.1) empleamos las dosis recomendadas en la suplementación diaria tal y como establecieron Collins y cols. (202) en la declaración del grupo de expertos de la UEFA, que apoya la reducción del componente inflamatorio y la mejora del PhA. Es cierto que los jugadores de fútbol profesional que inician la pretemporada mejoran en sus parámetros de CC, fundamentalmente porque vienen de un período vacacional

en el que han perdido componente muscular y, por tanto, poseen un mayor margen de mejora. No obstante, hay estudios que describen cambios en la CC no uniformes en los resultados obtenidos en la pretemporada (198-200).

En nuestro caso el trabajo de pretemporada ha estado centrado en recuperar el rendimiento del jugador, con el objetivo de mejorar sus valores de máximo rendimiento, lo que pensamos hemos conseguido basados en el control de la vida del jugador en este periodo, entrenamiento, dieta y suplementación, que explicaría la mejora de la CC encontrada tras el periodo de intervención.

Al igual que observamos en nuestros deportistas, Milanese y cols. (206), utilizando DEXA, han observado un aumento de la masa magra durante la temporada respecto a los valores iniciales de pretemporada, siendo independientes los valores de la posición de juego. Además, los cambios fueron más significativos en los miembros inferiores. Estos autores concluyen que la DEXA puede ser una herramienta de monitoreo muy útil para profesionales de la actividad física a fin de valorar la CC del jugador.

Los cambios en la composición hídrica del jugador también han sido descritos en la literatura. Aunque algunos autores como Marini y cols. (54) hallaron una correlación negativa entre el PhA y el Índice AEC/AIC, en nuestro estudio no se observó una correlación significativa entre estos parámetros.

Mascherini y cols. (207) observaron que durante la pretemporada aumentó el AIC y AEC, argumentando que esto podría haber sucedido por la expansión del volumen plasmático. Además, afirman que el PhA aumentó considerablemente, así como la masa celular corporal durante la temporada. Uno de estos valores entra en controversia con los obtenidos en nuestro estudio, ya que nuestra muestra mantuvo el AIC y el AEC casi estables durante todo el período de pretemporada, sin presentar variaciones significativas, aunque sí hemos encontrado mejoras significativas del PhA, coincidiendo con lo aportado por estos autores y por Micheli y cols. (194). Señalar que el estudio de Mascherini y cols. se realizó en jugadores de cuarta división, mientras que nuestra muestra era de primera división.

Por último, en nuestro estudio observamos un incremento significativo del componente magro en los miembros inferiores, ganancia que no fue

acompañada de un aumento significativo de AIC y AEC. Con el entrenamiento intenso, y en el caso de no intervención, se esperaría una deshidratación intracelular (208). Esto no ha acontecido en nuestra población que ha mantenido los niveles hídricos posiblemente por el efecto de la creatina administrada, la cual se ha reportado que disminuye el riesgo de deshidratación durante el ejercicio (209) por ganancia de peso al retener agua debido al aumento del glucógeno muscular (157). También la leucina administrada provoca ganancia de la masa muscular (210).

7.4 Prevención de lesiones en el fútbol

7.4.1 Uso de Cortisol e IgA como medidores de carga interna. Factores que pueden influir en sus resultados.

Para poder medir si una estrategia de suplementación consigue un objetivo en cuanto a la mejora de la recuperación o adaptación al entrenamiento, es necesario estudiar qué biomarcadores y qué estrategias de medición deben establecerse antes de efectuar la intervención. Para ello participamos en una serie de investigaciones que nos sirvieron para definir estos biomarcadores.

Analizamos si los jugadores del Udinese Calcio se enfrentan a los entrenamientos y partidos en las mejores condiciones en función a la valoración de los datos de dos variables tomadas en saliva, el cortisol y la IgA. En primer lugar, analizamos la relación entre el cortisol y diferentes factores como el lugar del partido, el resultado y parámetros físicos del partido relacionados con la recuperación post-partido (Anexo 7.8. Capítulo de libro 7).

Investigamos para determinar si el cortisol salivar es una herramienta útil como biomarcador en la determinación de estrés físico y/o mental, convirtiéndose en un indicador de cansancio o fatiga tras la carga acumulada de los entrenamientos y/o partidos. Así mismo estudiamos si el cortisol y la IgA salivar podrían ser biomarcadores que nos sirvieran para determinar capacidad

de recuperación del jugador y así tras medirlos poder determinar la eficacia de nuestra intervención.

El cortisol en saliva puede aumentar o disminuir después del ejercicio de alta intensidad, dependiendo de lo entrenado que esté el sujeto (24). El sobreentrenamiento parece ser una respuesta inadaptada al ejercicio excesivo sin el adecuado descanso, vinculado con alteraciones de los sistemas endocrino, inmunitario y neurológico, lo que nos conduce a una fatiga crónica. Los trastornos psicológicos parecen ser predominantemente centrales, mediante cambios en la función de los neurotransmisores (121).

Los entrenadores deben ser conscientes de la variabilidad individual, entre partidos y entrenamientos de estos marcadores (13). Para medir fatiga física, en reposo y después del ejercicio, puede ser usado el cortisol salivar, ya que es un método fiable. El cortisol se usa para medir respuestas agudas y crónicas al estrés (211). La recolección de muestras de saliva es no invasiva e indolora. Relacionado con datos de marcadores en análisis de sangre, nos servirá para poder interpretar la respuesta del sistema nervioso simpático y suprarrenal al sobreentrenamiento (86), puesto que, a mayor intensidad de entrenamiento, mayores valores de cortisol se esperan.

El cortisol junto con la testosterona actúa como indicadores de procesos adaptativos al ejercicio o entrenamiento, y las posibles alteraciones que surgen por una mala capacidad de adaptación a las cargas y niveles de intensidad y duración (91).

Se ha demostrado que las exigencias físicas del fútbol profesional se han vuelto más intensas en las últimas temporadas (2). El monitoreo debe incluir la medición de la CE mediante el uso de la tecnología de GPS para obtener una mejor visión de la actividad individual y control de la CI a través de la medición de la respuesta fisiológica al entrenamiento, competición y otros factores de estilo de vida. Las pruebas de saliva que miden biomarcadores útiles en la medición de esta respuesta fisiológica representan un método rápido, conveniente y no invasivo para obtener información detallada sobre las respuestas inmuno-endocrinas. Actualmente se le está prestando gran atención al cortisol salivar al ser un posible indicador de estrés, sobreentrenamiento o

fatiga física y a la inmunoglobulina A (IgA) al suponer la primera barrera de defensa de nuestro sistema inmunológico.

La competición deportiva es un ejemplo de exposición aguda que activa el eje HPA (82). En anticipación o en respuesta a la presencia de agentes estresores psicológicos, se estimula el eje HPA (81). El hipotálamo integra diferentes influencias de estrés, y las repuestas se reflejan vía sistema endocrino, sistema nervioso central y la conducta (82). La activación del eje HPA se asocia con la liberación de glucocorticoides al torrente sanguíneo, especialmente cortisol, el glucocorticoide más activo (83). El cortisol tiene un efecto antiinflamatorio, y participa en el incremento de la vasoconstricción causada por la adrenalina, preparando al cuerpo para cambios externos y adaptaciones como respuesta al estrés (84). Esta hormona interviene en respuestas fisiológicas y conductuales por los cambios físicos y estresores psicológicos; es decir, prepara al cuerpo para responder a una situación estresante de naturaleza física, inestable e incontrolable (212), como lo es la competición deportiva.

El cortisol salivar es un marcador de fatiga mental, y su medida se ve influenciada notablemente por los resultados obtenidos, en la misma línea que la marcada por Doan y cols. (75) en golfistas profesionales, donde encontraron una correlación entre el incremento de niveles de cortisol salivar y la ansiedad. Resultados similares fueron obtenidos en los estudios en jugadores de rugby adultos (76), y en tenistas adultos (77). Por otra parte, se ha demostrado que un alto nivel de ansiedad cognitiva se correlaciona con altos niveles de cortisol salivar en judocas adultos (213). También en baloncesto, tenemos estudios que mostraron que la ansiedad somática se correlacionó con el cortisol salivar precompetitivo en estos deportistas (79).

La temporada 2019-2020 de fútbol profesional en Italia, conocida como Serie A, fue suspendida el 8 de marzo de 2020 debido a la crisis sanitaria provocada por la pandemia global. En el momento de la suspensión quedaban por jugar 10 jornadas de competición. El Udinese Calcio Spa, equipo de la serie A italiana debía completar estos diez partidos para finalizar la competición y la

Federación Italiana de Fútbol estableció un período de recuperación de estos partidos comprendido entre el 23 de junio y el 2 de agosto, a puerta cerrada y sin público.

El Udinese Calcio Spa es un equipo habituado a jugar un partido semanal de competición liguera como norma general, pero en esta nueva etapa de competición, por ajustes de calendario, se vio obligado a jugar hasta tres partidos semanales. Su objetivo era lograr la permanencia en la Serie A y en el momento de la suspensión se encontraba a tres puntos de la zona de descenso.

Nuestro principal objetivo en la investigación ha sido poder determinar qué variables afectan a los cambios en los valores de cortisol obtenidos de los jugadores. El hecho de haber usado técnicas mínimamente invasivas nos ha ayudado a poder monitorizar el estrés próximo a la competición (214) así como el nivel de supresión inmunitaria, dado que la acumulación de partidos y/o entrenamientos también tiene un impacto sobre la función inmune, provocando la supresión de la IgA (215,216).

La individualización de los datos que hemos reportado de los jugadores se corresponde con lo descrito por Marqués-Jiménez y cols. (13) en cuanto al establecimiento de las estrategias de recuperación y comunicación de los resultados al cuerpo técnico. Hay autores como Girard y cols. (123) que muestran cómo el aumento del cortisol en los jugadores cuya actividad fue de 80 minutos, se traduce en una línea ascendente de este parámetro y tiene relación directa con la acumulación de partidos.

El estrés atribuido a la competición deportiva puede desencadenar una serie de sentimientos emocionales en los deportistas, provocando respuestas neuroendocrinas capaces de cambiar de manera aguda o crónica la función orgánica (217). La ansiedad, como respuesta a estímulos estresantes, es un estado emocional no placentero caracterizado por el nerviosismo, preocupación y aprensión, asociados con la activación del cuerpo (218). A menudo se manifiesta a través de respuestas individuales de falta de adaptación a escala fisiológica, comportamental y cognitiva, que obstaculizan el rendimiento. Aunque

algunos trabajos han examinado el impacto de la intensidad del ejercicio en la respuesta inmune y fisiológica aguda en entrenamientos (90) y en partidos (219), no hay publicaciones que evalúen el impacto de la carga en la respuesta de estos biomarcadores en el fútbol profesional.

Podemos afirmar que la elevación en la concentración de cortisol bajo el efecto de estrés resultante de una carga física o mental por la competición y/o entrenamiento está bien documentada en nuestra investigación; no obstante, los valores de cortisol e IgA salivares no están suficientemente estudiados en el fútbol en un periodo de tiempo largo, como una temporada, probablemente debido a que es una prueba costosa, por lo que pensamos que la correlación entre la CE y esta variable pudiera proveer de una alternativa para medir la fatiga muscular.

Encontramos que con posterioridad al partido fuera de casa se presentaron valores más bajos de cortisol (Figura 21, Tabla 16 y Anexo 7.10 Meeting Abstract 5) así como la variación significativa de los valores de cortisol e IgA de una semana a otra, por su relación con la distribución de las cargas de entrenamiento monitorizadas mediante GPS (Anexo 7.9 Meeting Abstract 1).

Tal vez, el jugar a puerta cerrada como ha ocurrido en estos partidos evaluados, pueda eliminar esa influencia negativa sobre el estrés agudo, a diferencia de lo expresado en estudios como los de Reynoso-Sánchez y cols. (220). No vimos ninguna diferencia especial cuando el equipo jugaba fuera o en casa, posiblemente debido en parte a que los partidos se jugaban sin público por la emergencia causada por el COVID-19.

Hemos valorado también la distancia media recorrida por partido de los futbolistas que jugaron más de 80 minutos (DMR+80), junto a los valores medios de cortisol obtenidos a la mañana siguiente al partido, en los deportistas que jugaron más de 80 minutos (CM+80) (Tabla 17). Los datos de ambos parámetros se muestran en la Figura 21.

Estos valores se han relacionado con el lugar del encuentro del partido y el resultado obtenido (Tablas 18 y 19).

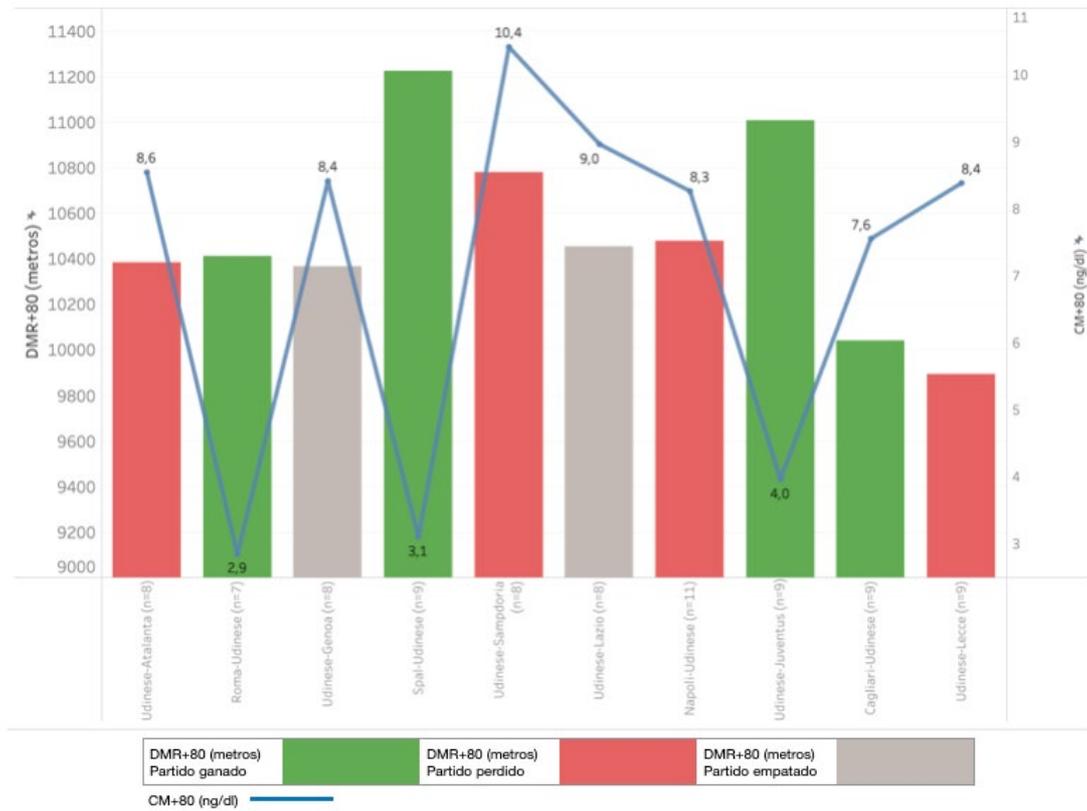


Figura 21. Relación DMR+80 y CM+80.

Tabla 16. Resultados de los encuentros y niveles de cortisol medios.

Partido (Fecha)	CORTISOL (ng/dL) > 80 min/partido	Resultado	Objetivo de la temporada
Udinese – Atalanta n=8 28-06-20	8,55	2-3	Permanencia en serie A
Roma – Udinese n=7 02-07-20	2,85	0-2	Permanencia en serie A
Udinese – Genoa n=8 05-07-20	8,42	2-2	Permanencia en serie A
Spal-Udinese n=9 09-07-20	3,11	0-3	Permanencia en serie A
Udinese – Sampdoria n=8 12-07-20	10,42	1-3	Permanencia en serie A
Udinese – Lazio n=8 15-07-20	8,97	0-0	Permanencia en serie A
Napoli-Udinese n=11 10-07-20	8,97	2-1	Permanencia en serie A
Udinese – Juventus n=9 23-07-20	3,97	2-1	Permanencia alcanzada en serie A
Cagliari – Udinese n=9 26-07-20	7,56	0-1	Permanencia alcanzada en serie A
Udinese – Lecce n=9 29-07-20	8,39	1-2	Permanencia alcanzada en serie A

Tabla 17. Valores medios de distancia recorrida (DMR+80) y cortisol (CM+80).

Partido	DMR+80	CM+80 (ng/dl)
Udinese-Atalanta (n=8)	10384,47	8,55
Roma-Udinese (n=7)	10409,87	2,85
Udinese-Genoa (n=8)	10366,11	8,42
Spal-Udinese (n=9)	11223,01	3,11
Udinese-Sampdoria (n=8)	10778,41	10,42
Udinese-Lazio (n=8)	10452,81	8,97
Napoli-Udinese (n=11)	10476,65	8,27
Udinese-Juventus (n=9)	11007,37	3,97
Cagliari-Udinese (n=9)	10040,75	7,56
Udinese-Lecce (n=9)	9892,86	8,39

DMR+80: Distancia Media Recorrida en metros por los futbolistas que jugaron más de 80 minutos por partido. CM+80: valor del cortisol medido en los futbolistas que jugaron más de 80 minutos por partido tomado a la mañana siguiente del partido.

Tabla 18. Valores medios de cortisol (CM+80) según resultado y lugar del partido.

Encuentro	Partido ganado	Partido perdido	Partido empatado	CM+80 min (ng/dl)
Udinese-Atalanta * (n=8)		x		8,55
Roma-Udinese ** (n=7)	x			2,85
Udinese-Genoa * (n=8)			x	8,42
Spal-Udinese ** (n=9)	x			3,11
Udinese-Sampdoria * (n=8)		x		10,42
Udinese-Lazio* (n=8)			x	8,97
Napoli-Udinese ** (n=11)		x		8,27
Udinese-Juventus * (n=9)	x			3,97
Cagliari-Udinese ** (n=9)	x			7,56
Udinese-Lecce * (n=9)		x		8,39

CM+80: Cortisol Medido en los futbolistas que jugaron más de 80 minutos por partido tomado a la mañana siguiente del partido.
*competición en casa **competición fuera de casa**.

Tabla 19. Valores medios de los partidos jugados por los futbolistas que jugaron más de 80 minutos.

Valor Medio de CM+80 de partidos jugados en casa (ng/dl)	Valor Medio de CM+80 de partidos jugados fuera	Valor medio de CM+80 de partidos ganados	Valor medio de los CM+80 de los partidos perdidos	Valor medio de los CM+80 de los partidos empatados
7,37	4,32	3,78	8,83	8,69

CM+80: Cortisol Medido en los futbolistas que jugaron más de 80 minutos por partido tomado a la mañana siguiente del partido.

Teniendo en cuenta todo lo descrito, pensamos se debería realizar una clarificación del tiempo necesario de recuperación de los diferentes valores fisiológicos tras un partido de fútbol, a fin de garantizar la prevención de las lesiones, enfermedades y otros estados de sobreentrenamiento (16).

7.4.2 Suplementación para la mejora de la adaptación al entrenamiento y recuperación - estudio quercetina

La quercetina es uno de los flavonoides más consumidos en la dieta humana y se encuentra ampliamente distribuida en frutas y verduras.

La quercetina es el eliminador de MRO más potente de la familia de los flavonoides (221) y mejora la capacidad antioxidante del cuerpo al modular los niveles de glutatión (222).

En un estudio realizado con triatletas no profesionales (223) se observó que la administración de quercetina mejoró la velocidad de recuperación y parámetros relacionados con el rendimiento (Figura 22).

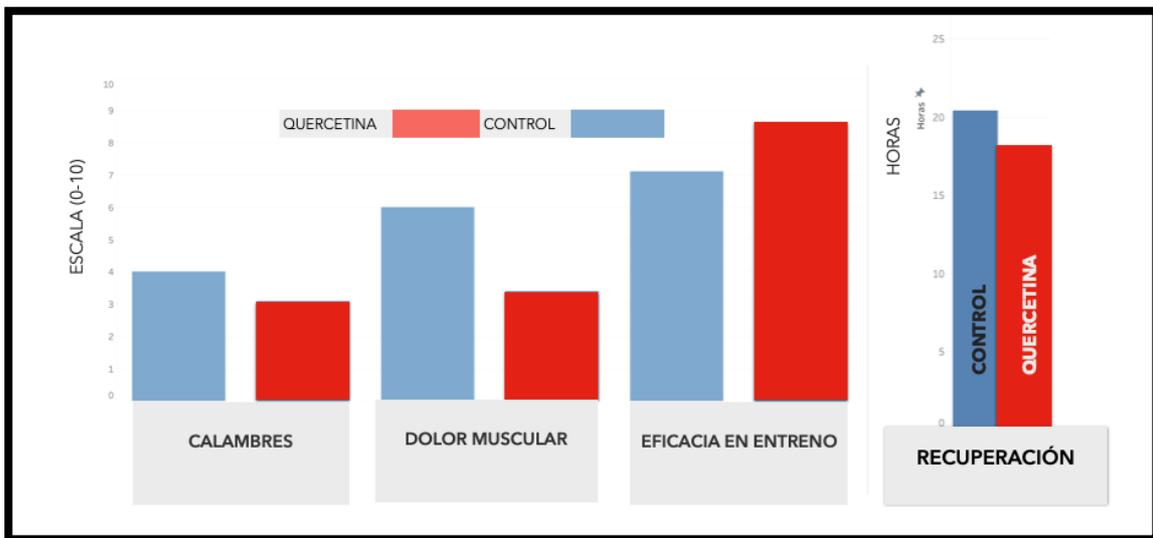


Figura 22. Mejora del tiempo de recuperación y aumento del rendimiento, modificada de Riva y cols. en 2018 (223).

Según Rojano y cols. el uso de quercetina en humanos favorece la recuperación post ejercicio, aumenta la actividad antioxidante, reduce el estrés oxidativo y el daño muscular, acelerando la recuperación después de un ejercicio intenso (153).

Estudiamos la incidencia de un suplemento como la quercetina en la mejora de recuperación a las 48 horas post partido, tomando en cuenta los valores de cortisol e IgA Salivar a 60-72 horas. Encontramos que la administración de quercetina post partido reduce los valores de cortisol de manera significativa y los de IgA de manera muy significativa y por tanto puede relacionarse con una mejor recuperación, tal y como se argumenta en otras investigaciones (153,223).

7.4.3 Evaluación de IL-6 e Inmunoglobulinas específicas de clase G (IgG) durante la etapa competitiva en fútbol profesional

A nivel intestinal la defensa del organismo, ante microorganismos patógenos, es ejercida a varios niveles. La primera línea de defensa la constituye la microbiota intestinal, el segundo nivel es el epitelio de la mucosa intestinal y el tercero, el sistema inmunitario propio que a su vez se subdivide en innato o adaptativo (224).

Las dietas occidentales son ricas en azúcares refinados, azúcares simples, ácidos grasos saturados y omega 6 y pobres en frutas y verduras, lo que puede ser un factor desencadenante de enfermedad inflamatoria intestinal (225), así como de carencia de Vitamina D (226). Los pacientes con enfermedad inflamatoria intestinal presentan una permeabilidad intestinal aumentada respecto a los sujetos sanos, siendo responsable de este hecho una respuesta inflamatoria exagerada (227).

Un paciente que tiene un aumento de la permeabilidad intestinal es un paciente cuyo tubo digestivo, de entrada, se relaciona mal con lo que come. La IL-6 es producida de forma rápida y transitoria en respuesta a infecciones y lesiones tisulares, contribuyendo a la defensa del huésped mediante la estimulación de las respuestas de fase aguda, hematopoyesis y reacciones inmunitarias. Aunque su expresión está estrictamente controlada por mecanismos transcripcionales y postrcripcionales, la síntesis continua desregulada de IL-6 desempeña un efecto patológico en la inflamación crónica y la autoinmunidad (228).

La IL-6 es una citocina que se libera en el cuerpo solo cuando la inflamación ya está presente y establecida. Esto nos permite saber si el evento está solo en sus etapas iniciales o ha alcanzado un nivel que contribuye a inflamación sistémica.

La IL-6 contribuye en gran medida al mantenimiento de la homeostasis intestinal, participando en la interacción inmunitaria, epitelial y bacteriana y manteniendo la integridad de la mucosa (229).

En 2022, Chantler y cols. demostraron que el entrenamiento en jugadores de rugby provoca un aumento del daño y la permeabilidad de las células endoteliales intestinales en comparación con sujetos en condiciones basales (230). Al mismo tiempo, la permeabilidad intestinal es clave en el aumento de intolerancias alimentarias (231).

En nuestro estudio no encontramos una correlación entre los valores de IL-6 y los valores más altos de intolerancia alimentaria en los jugadores, ya que esta situación solo se presentó en dos futbolistas (Figura 20), por lo que no podemos justificar la influencia de los alimentos en el estado inflamatorio, al menos en el momento que llevamos a cabo la medición que se realizó en plena temporada y en la que se había controlado previamente la alimentación.

Se apuesto por una eliminación de los productos lácteos y alimentos con gluten en función a diversos estudios previos de actividad inmunológica de los jugadores a estos grupos de alimentos.

Otros autores han valorado también la evidente relevancia de los nutrientes de la dieta en el mantenimiento de la homeostasis de distintos componentes de la barrera mucosa (232), los cuales:

1. Desempeñan un papel importante en el mantenimiento del epitelio intestinal al actuar sobre el crecimiento de las células epiteliales y la homeostasis.
2. Regulan la función de la barrera epitelial intestinal.
3. Modulan la inmunidad intestinal.
4. Tienen el potencial de mejorar las anomalías de la mucosa presentes en pacientes con trastornos gastrointestinales.

En definitiva, consideramos importante realizar estos estudios para establecer criterios en la planificación alimentaria, estimando para futuras intervenciones estudiar de una manera directa la permeabilidad intestinal mediante marcadores más específicos frente a la proteína beta lactoglobulina y anticuerpos IgG y test de liberación de histamina en presencia de alimentos, a fin de conocer de forma directa y cuantitativa el efecto de estos en el jugador.

7.5 Limitaciones de nuestra investigación

Limitaciones al estudio de los antioxidantes:

Los jugadores además de los antioxidantes suministrados estuvieron tomando antioxidantes en su dieta diaria en forma de frutas y verduras, bien enteras o en forma de extractos y centrifugados, por lo que no podemos cuantificar el efecto antioxidante provocado por estos alimentos.

No se pudo establecer un grupo control, situación difícil de programar en el alto rendimiento con un grupo de menos de 30 jugadores.

No se pudo controlar los fármacos que tomaron los jugadores en este periodo, por ejemplo, en el caso de la toma de antiinflamatorios indicados por el equipo médico y que pueden alterar parámetros de tipo inflamatorio.

Limitaciones al estudio de composición corporal:

No se pudo establecer un grupo control, situación difícil de programar en el alto rendimiento con un grupo de menos de 30 jugadores. Tampoco se pudo cuantificar con GPS el trabajo de fuerza desarrollado en el gimnasio.

Limitaciones al estudio de la quercetina:

Los resultados de los partidos no se tuvieron en cuenta en la evolución de los resultados y como ya observamos en nuestros estudios los valores de cortisol variaban en función del resultado del partido.

Los valores de cortisol e IgA son muy individuales y por tanto el grupo de jugadores que jueguen el partido pueden influir en los resultados.

El tipo de táctica usada en cada partida puede cambiar las demandas físicas de los jugadores y sus valores de recuperación.

CONCLUSIONES

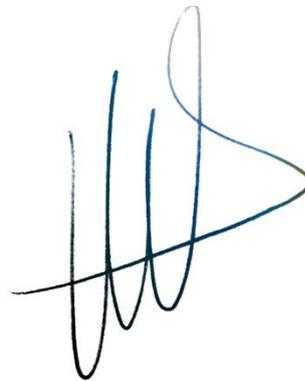
CAPITULO 8: CONCLUSIONES

Expuestos los resultados y discutidos los mismos, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. La inclusión en el Staff Sanitario de un equipo de nutricionistas, en un Club de Fútbol profesional, mejora el estado de salud de los jugadores y optimiza el rendimiento motor y la prevención de lesiones.
2. Un concentrado rico en polifenoles a base de cereza ácida, granada, remolacha y grosella negra, junto a un licuado de piña, reduce los parámetros relacionados con el efecto oxidativo derivado de la práctica de ejercicio intenso, al disminuir los valores de MRO y mejorar el índice PBA/MRO.
3. El ratio bioquímico AA/EPA mejora tras un período de administración de omega-3 durante la pretemporada, a una dosis de 1g de EPA y 700 mg de DHA.
4. La administración de aminoácidos de cadena ramificada, junto a glutamina, creatina, vitaminas y minerales post entrenamiento produce mejoras PhA y componente magro de los miembros inferiores.
5. El cortisol salivar es un indicador de fatiga física y se relaciona de forma positiva con los datos obtenidos por GPS. A lo largo de la temporada el cortisol se incrementa en relación con la carga de partidos.
6. Las semanas con más acumulación de partidos y/o entrenamientos tienen un impacto negativo sobre la función inmune, provocando una supresión de la IgA.

7. Existe una alta correlación entre la carga de entrenamiento externa y la respuesta fisiológica del cortisol e IgA, por lo que se podría considerar a estos una herramienta útil para establecer la programación del entrenamiento semanal individual o en grupo.

8. La administración de 500 mg de quercetina, el día posterior al partido, es una buena estrategia de recuperación en fútbol, al mejorar la respuesta inmunológica y la adaptación al estrés producido por el evento competitivo, lo que consideramos conlleva secundariamente a una prevención de la lesión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several vertical strokes and a large loop on the right side.

PROPUESTA

CAPITULO 9: PROPUESTA DE PROTOCOLO

El Udinese Calcio es un club de fútbol que obliga a sus jugadores a realizar dos comidas al día en el restaurante del estadio, por lo que el equipo de nutrición puede influir de una manera directa en la alimentación y educación nutricional de sus jugadores.

Para confeccionar la dieta se optó por el patrón de dieta mediterránea apostando por la calidad de la materia prima. El pescado es fresco y seleccionado por los nutricionistas apostando siempre por la máxima calidad; las frutas y verduras son variadas y se presentan de maneras diversas o bien en forma de fruta entera, verdura cruda o cocinada o licuados de frutas y verduras. Las carnes son siempre biológicas cuidando la procedencia del animal y su alimentación.

Las estrategias utilizadas y periodizadas durante los ciclos semanales de entrenamiento pueden constituir un elemento diferencial con respecto a otros equipos de fútbol en cuanto al rendimiento del jugador en el plano físico y de prevención de la lesión al evitar procesos de fatiga crónica.

La selección de los suplementos nutricionales utilizados y la individualización de los programas establecidos necesitan de profesionales especializados y de herramientas de evaluación de las medidas adoptadas.

Los cuatro años de trabajo con jugadores de fútbol en el seno del staff sanitario nos han permitido establecer un organigrama de objetivos y funciones del área de nutrición. El nutricionista dentro de un club de fútbol profesional es un eslabón más que contribuye al objetivo de grupo, ganar partidos.

En las Figuras 23 y 24 presentamos la estructura general de un club y la posición del nutricionista o área de nutrición dentro del área deportiva y del área encargada de rendimiento deportivo del equipo. El rendimiento del futbolista dependerá de diversos factores como el mantenimiento de un buen estado de salud, una buena CC, la capacidad fisiológica de recuperarse entre una sesión de entrenamiento y la siguiente, y la continuidad en los entrenamientos y partidos. Con este objetivo trabajan los diferentes miembros del staff vinculados al área de rendimiento.

ESTRUCTURA GENERAL EQUIPO PROFESIONAL

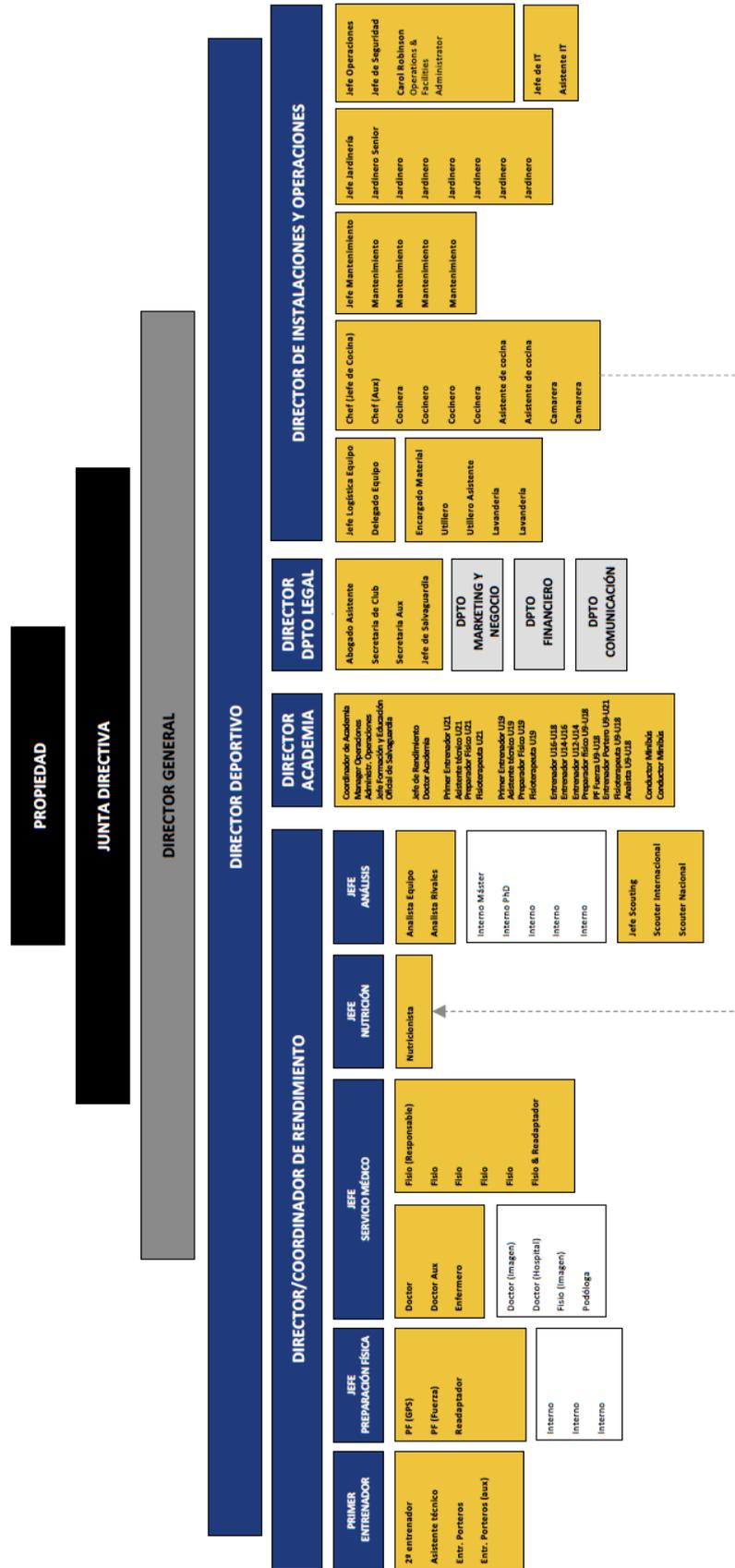


Figura 23. Estructura general de un equipo de fútbol profesional.

ESTRUCTURA DEPORTIVA EQUIPO PROFESIONAL

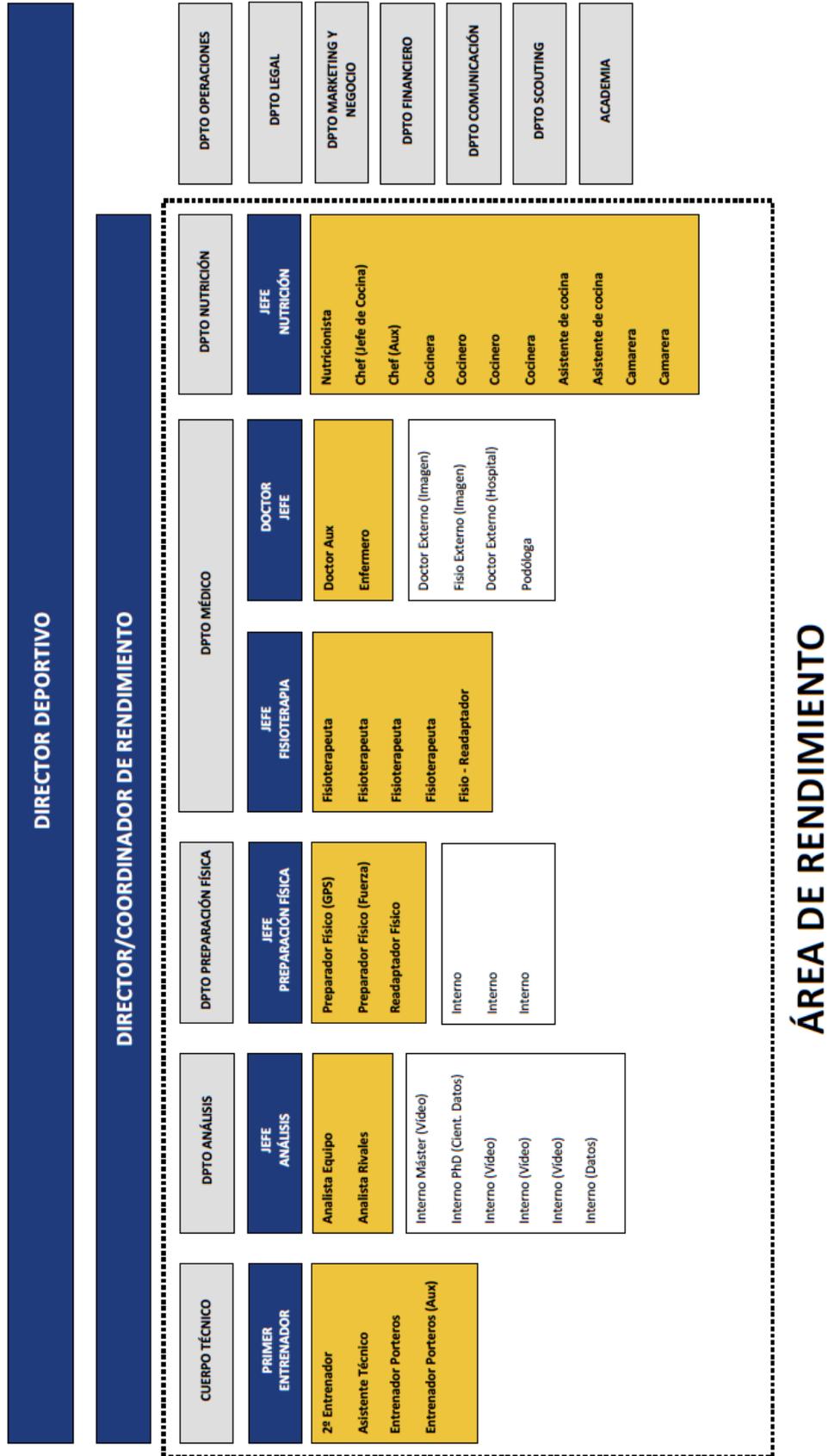


Figura 24. Área de rendimiento de un equipo de fútbol profesional.

Las intervenciones dietético-nutricionales producen cambios morfológicos y funcionales en los jugadores. Dichas modificaciones influyen en el rendimiento, por lo que en el departamento de nutrición del club se trabaja en el análisis de los mismos y la evolución que pueden llegar a alcanzar. Por tanto, nuestro objetivo es establecer un sistema de recogida de información y seleccionar la mejor estrategia de intervención en los jugadores con el fin de una mejor adaptación a la carga de entrenamiento, mejorando la CC y la capacidad física del jugador en los partidos.

El área de nutrición debe colaborar con el área técnica en la mejora de la recuperación y adaptación del jugador al trabajo propuesto y rendimiento en partidos. Además, controlar que los jugadores mantengan una correcta CC según unos criterios establecidos y consensuados con el cuerpo técnico en función de las características del jugador.

Para la ejecución de estas medidas el área de nutrición debe coordinar y supervisar el personal del área del restaurante donde comerán los jugadores y establecer relaciones con empresas externas que suministran al club alimentos o suplementos nutricionales en función del criterio de calidad establecidos por el nutricionista.

La utilización de programas informáticos que permitan la optimización del servicio de restaurante servirá al nutricionista para controlar mejor las ingestas de los jugadores y la calidad del producto utilizado. En nuestro caso hemos desarrollado un módulo en el software *Soccer System Pro* muy usado en equipos de fútbol profesionales (Anexo 3).

Para establecer los programas de suplementación y evaluar el estado de salud del deportista, las analíticas bioquímicas de sangre nos permitirán evaluar distintos biomarcadores. En el control semanal que evalúa la adaptación a la carga de entrenamiento medido con cortisol e IgA salivar (Figura 25), son un elemento importante en los programas de prevención de lesiones. Los informes deben aportar datos individuales y de grupo (Figura 26) sobre el estado fisiológico del jugador/es con respecto a la aceptación de la CE de los días anteriores a la medición (Anexo 4).

En materia de evaluación de la CC el uso de la BIA, la antropometría y la DEXA son fundamentales (Figura 25). Se deben generar informes fáciles de entender por el cuerpo técnico y el jugador, donde se marquen claramente los ítems a mejorar (Anexo 5).

Es importante al inicio de la temporada establecer una periodicidad en dichas mediciones.

TEST DE EVALUCION DEL AREA DE NUTRICION		
	EVALUACIÓN SEMANAL	EVALUACIÓN BI MENSUAL
COMPOSICION CORPORAL	Peso	Masa muscular
	Hidratación	Masa grasa
	Balance AIC/ACT	Masa ósea
	Angulo de fase	Composición segmental
	EVALUACIÓN SEMANAL	EVALUACIÓN BI MENSUAL
ANALISIS BIOQUIMICOS	Cortisol e IgA salivar	Bioquímica
	Osmolaridad salivar	Hemograma
		Enzimas y salud digestiva
		Parámetros inflamatorios
		Parámetros inmunológicos
		Estrés oxidativo
		Clínica patológica
	Toxicología	

Figura 25. Test para realizar por el área de nutrición y periodicidad de los mismos.

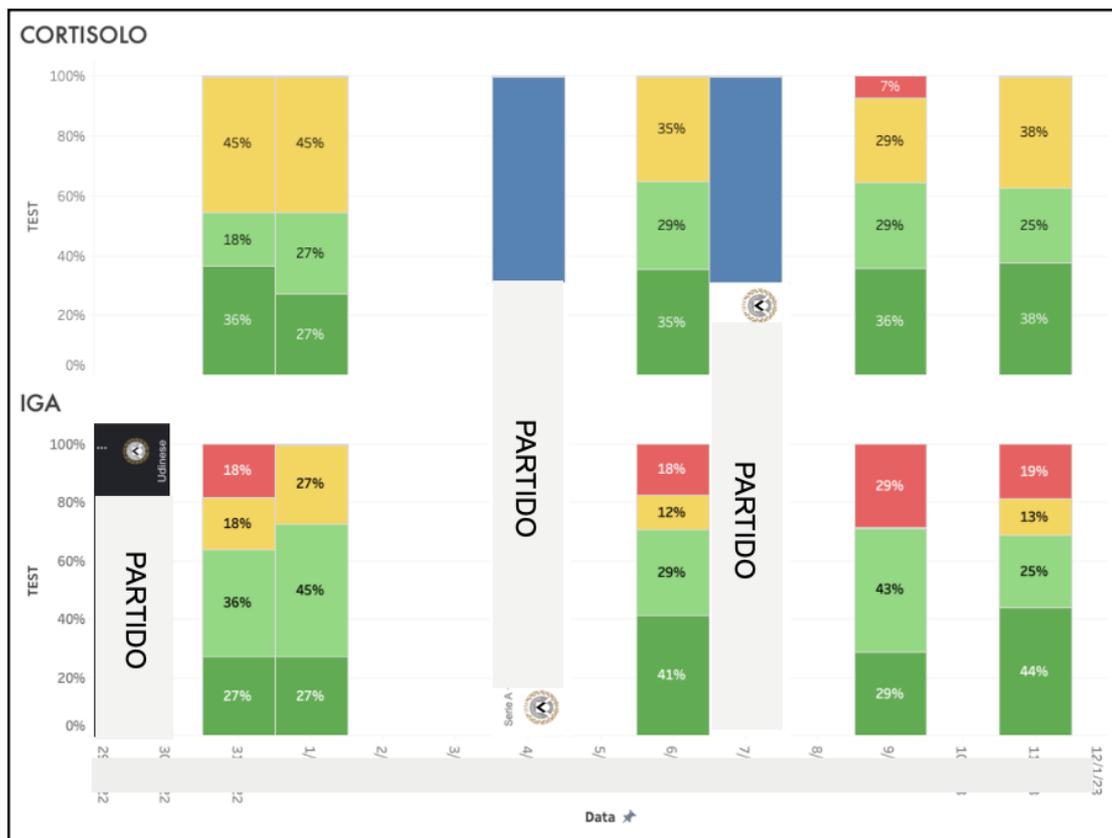


Figura 26. Relación entre los test realizados y su evaluación a 48 y 72 horas post partido.

Para la mejora de la adherencia a los tratamientos es recomendable la inclusión de sistemas de dosificación personalizados automáticos o semiautomáticos que nos permitirán gestionar mejor el almacén de suplementos y la periodización de los programas de suplementación. En este contexto la utilización de robot de dispensación en formatos personalizados es una excelente opción si está al alcance económico del club (Figura 7 y Anexo 6).

En el siguiente esquema proponemos las principales funciones del nutricionista dentro del club de fútbol:

NUTRICIÓN

OPTIMIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

MEJOR PERFIL INDIVIDUAL (GRASA, MÚSCULO, AGUA...)

ESTRATEGIAS NUTRICIONALES ESPECÍFICAS (COMIDA DIARIA - RESTAURANTE)

MEJORA DE LA ADAPTACIÓN Y LA RECUPERACIÓN DE LA CARGA

EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DIARIA

INTERVENCIÓN NUTRICIONAL (PRE, DURANTE Y POST)

PROGRAMA DE SUPLEMENTACIÓN INDIVIDUAL

PREVENCIÓN DE LESIONES

ANÁLISIS DE PRUEBAS DE SANGRE Y SALIVA (IgA, CORTISOL, HIDRATACIÓN...)

ALERTAS PREVIAS AL ENTRENAMIENTO

MEJORA DE LA SALUD GENERAL

CONTROLES BIOQUÍMICOS

En el desarrollo de los objetivos marcados se establecerán una serie de tareas que necesitarán de un trabajo de coordinación con otras áreas, que resumimos en la Figura 27:

OBJETIVOS Y TAREAS DPTO NUTRICIÓN

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN / NUTRICIONISTA	
<p>PROPÓSITO PRINCIPAL</p> <p>Líder el departamento de nutrición, coordinando a los nutricionistas del club, elaborando los planes para que cada jugador obtenga el mejor rendimiento. Evaluar la composición corporal por diferentes medios (BIA, DEXA...) para determinar los mejores valores de cada jugador y los objetivos que tiene que alcanzar, evaluar a nivel hormonal los cambios producidos por el entrenamiento como prevención de lesiones y evaluar los valores bioquímicos en sangre para detectar cualquier problema y reforzar la salud de los jugadores, diseñando el plan de suplementación para todos. Controlar el restaurante, coordinando chefs y camareros, eligiendo proveedores e ingredientes, elaborando los menús y mostrando la filosofía del departamento al resto de departamentos.</p>	
<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Diseñar el plan de suplementación de los jugadores, creando los protocolos y pautas para realizar las órdenes oportunas</p> <p>Líder la nutrición de los jugadores</p> <p>Participar en las pruebas de los jugadores ayudando a establecer sistema de alarmas para la reducción de lesiones</p> <p>Generar conocimiento, actualizando el departamento con todas las tecnologías emergentes que puedan aportar rendimiento a nuestro club. Evaluar precios de mercado y buscar las mejores empresas en relación a precio y calidad.</p> <p>Participar en el proceso de selección de perfiles idóneos para el departamento en colaboración con el Director/Coordinador de Desempeño.</p>	<p>TAREAS</p> <p>Diseñar y pautar con el Sistema SPD de producción de planes de nutrición</p> <p>Realización de pedidos de suplementos</p> <p>Recepción y almacenamiento de pedidos de suplementos</p> <p>Elaboración de planes de tratamiento diarios específicos</p> <p>Supervisar el cumplimiento de la ingesta de suplementos.</p> <p>Elaboración de complementos para partidos oficiales y amistosos</p> <p>Isotónicos diarios y proteína post-entrenamiento</p> <p>Elige la disposición de suplementos en el comedor</p> <p>Selección diaria de frutas</p> <p>Proponer y supervisar el menú postpartido en casa y en viajes</p> <p>Seguimiento de las comidas de los jugadores en situaciones clínicas específicas</p> <p>Supervisión de producción de extracto de fruta</p> <p>Supervisión del cumplimiento del menú diario por parte del chef</p> <p>Control de snacks</p> <p>Control de raciones en almuerzos y cenas de jugadores</p> <p>Evaluación de los análisis de sangre. Bioquímica. Parámetros individualizados y de referencia</p> <p>Evaluación de la hidratación del jugador</p> <p>Realización de pruebas de medición de composición corporal (BIA y DEXA)</p> <p>Realización de pruebas de control e IGA</p> <p>Establecimiento de objetivos de pérdida de grasa o incremento de masa muscular. Reducción de desequilibrios</p> <p>Sistema de alarmas con los datos hormonales para la reducción de lesiones</p> <p>Clasifique el OneDrive y las plataformas (Soccer System Pro). Sube la información</p> <p>Mejorar en el uso de tecnologías</p> <p>Actualización y mantenimiento de nuestro hardware y software</p> <p>Reuniones con empresas de espectáculos</p> <p>Actualizar y reciclar conocimientos sobre metodología, hardware, plataforma y software</p> <p>I+D+i Actualización, artículos, nuevas sugerencias</p> <p>Congreso I+D+i, coloquios, master</p> <p>Definir el perfil de personal idóneo para aportar valor al departamento. Criterios de selección</p> <p>Participación en la relación con Universidades cercanas para la búsqueda de perfiles idóneos y cualificados que puedan desarrollar sus proyectos de investigación dentro del club.</p> <p>Proponer candidatos que cumplan con los criterios establecidos</p> <p>Explicación a los candidatos de la filosofía de trabajo que el club desea implantar</p> <p>Participar en entrevistas de candidatos. Evaluación de los perfiles</p> <p>Coordinación del grupo interno (división de tareas y timing)</p> <p>Formación del grupo interno (invertir tiempo en formación para la posible incorporación al grupo)</p>
<p>ASPECTOS A CONSIDERAR/COORDINAR</p> <p>EW Coordinar con el Dpto Financiero y Dto de Marketing y Negocio</p> <p>EV Coordinar con Director de Operaciones e instalaciones e almacenamiento</p> <p>EV Coordinar con el Dto de Marketing y Negocio</p> <p>ED Diseñar sistema para que el nutricionista pueda controlar en un único punto</p> <p>EG Coordinación con interinos para la hidratación durante el entreno</p> <p>ES Coordinación con interinos para la hidratación durante el entreno</p> <p>EV Coordinación con cocina para la elaboración</p> <p>EG Coordinación con cocina para la elaboración</p> <p>ED Coordinación con Doctor</p> <p>EV Formar a los camareros para que los realicen ellos mismos</p> <p>ED Revisar si los platos cumplen con las pautas de elaboración</p> <p>EV Coordinarse con auxiliar de cocina para el emplazado</p> <p>ED Coordinación con Doctor para la evaluación y los planes individuales</p> <p>EM Coordinarse para realizarlos en ayunas a primera hora</p> <p>ED Dar los resultados 1 hora antes del entrenamiento para toma de decisiones</p> <p>EM Coordinarse con preparadores físicos para establecimiento de objetivos y temporalización</p> <p>ES Chequear con otras alarmas del resto de departamentos (físicos, doctores, GPS...)</p> <p>EM Asegurar que toda la información del departamento quede registrado en las plataformas</p> <p>EV Para informar y solucionar todos los problemas con él</p> <p>EV Realizar reuniones de actualización en el grupo. Pide revisiones intermedias.</p> <p>EV Crear grupo de discusión y actualización sobre preparación física</p> <p>EV Fomentar la asistencia a congresos y cursos entre los miembros del grupo</p> <p>EV Acuerdos con el Coordinador de Interinos</p> <p>EV Acuerdos con el Coordinador de Interinos</p> <p>EV Acuerdos con el Coordinador de Interinos y Recursos Humanos</p> <p>EV Acuerdos con el Coordinador de Interinos</p> <p>EV Acuerdos con el Coordinador de Interinos</p>	

Figura 27. Objetivos y tareas del área de nutrición de un equipo de fútbol profesional.

Por último, es muy importante la individualización de todo lo descrito. Para ello debemos conocer al jugador y establecer con él un perfil que nos servirá para el trabajo de adaptación y recuperación al entrenamiento propuesto con el objetivo de mejorar su rendimiento (Figuras 28 y 29).



Figura 28. Relación entrenamiento-recuperación-adaptación a la CE.

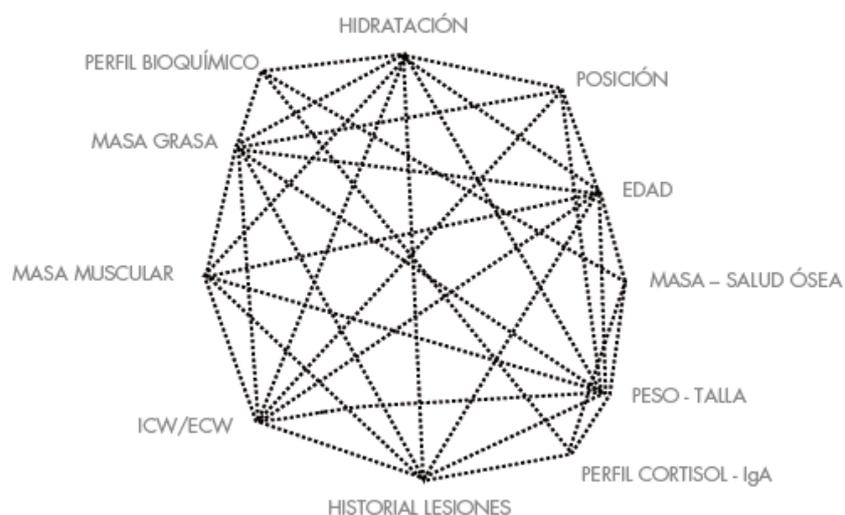


Figura 29. Pilares fundamentales para estudiar en el perfil individual del futbolista profesional.

Los planes de suplementación elaborados deben perseguir los objetivos propuestos tras la evaluación del jugador (Figura 30). Los suplementos utilizados deben estar seleccionados y evaluados por el nutricionista que debe contar con fuentes de información además de trabajar en contacto estrecho con las casas de suplementación que los producen. La individualización y periodización de esos programas es fundamental.

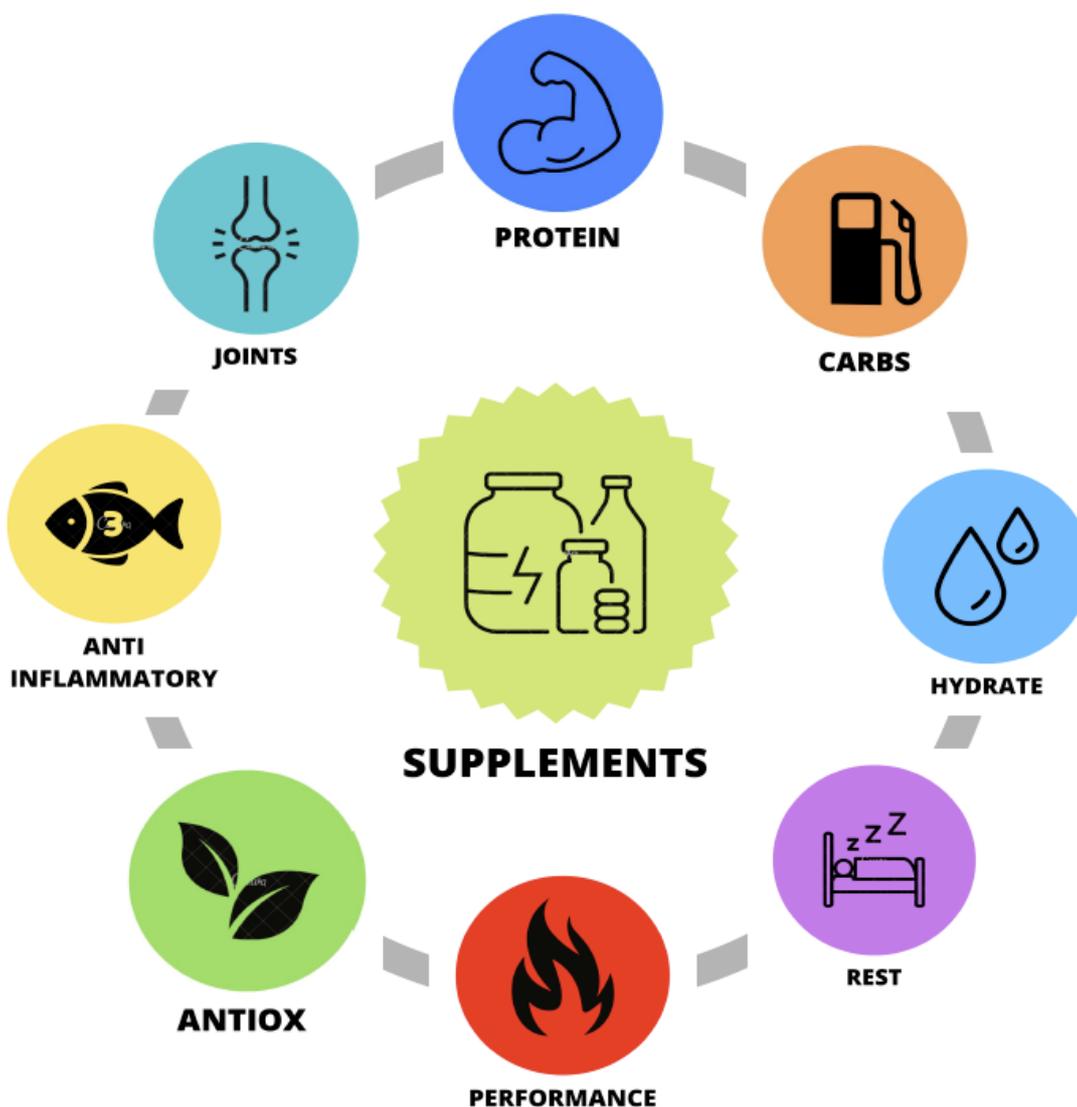


Figura 30. Grupos de suplementos usados por el nutricionista.

Todos los planes deben tener como objetivo un beneficio que se pueda relacionar con el incremento del rendimiento del jugador (Figura 31).

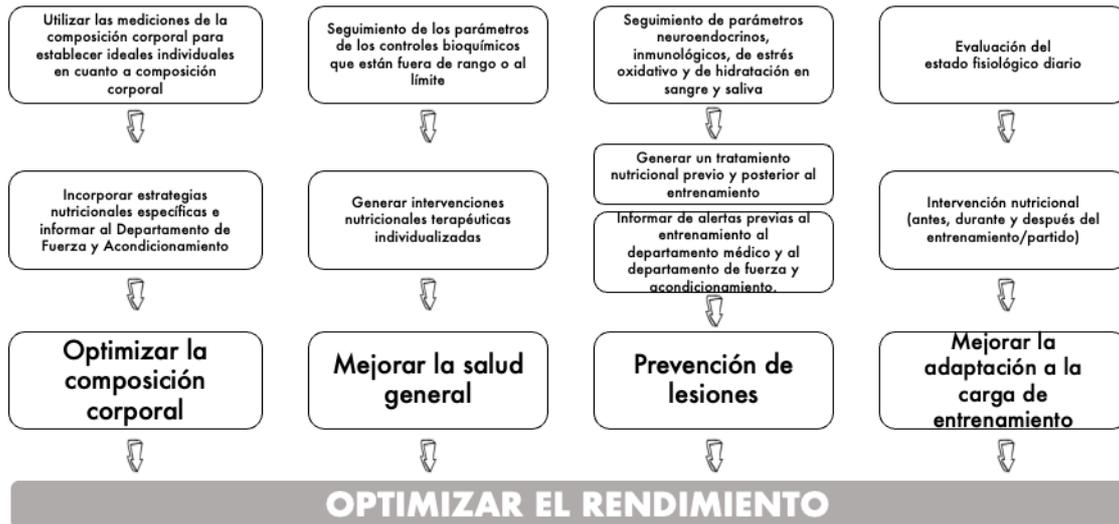


Figura 31. Objetivos orientados a mejorar el rendimiento y dependientes del área de nutrición en un equipo de fútbol profesional.

La relación del área sanitaria del club con grupos de investigación universitarios en alto rendimiento permite estudiar la eficacia de las medidas y poder establecer acuerdos con empresas de nutrición deportiva con el objetivo de proponer suplementos más eficaces y adaptados a las exigencias del colectivo o del fútbol en general.

El principal objetivo que se deben marcar todas las áreas del ámbito sanitario del club, es en definitiva evitar la lesión del jugador, dado que un jugador que se lesiona supone un alto costo económico para el club y una falta de rendimiento del equipo al no poder contar el cuerpo técnico con todos sus efectivos.

Al final de las temporadas 2020/2021 y 2021/2022 los datos que se publicaron de lesiones en nuestro Club del Udinese Calcio, fueron inferiores a los de otros equipos de la serie A, según los estudios realizados por la European Football Injury Index de Howden Sport & Entertainment ya referenciados en la Tabla 2 y que mejoraron de forma sustancial a los que fueron publicados en la temporada 208/2019 graficados en la Figura 32.

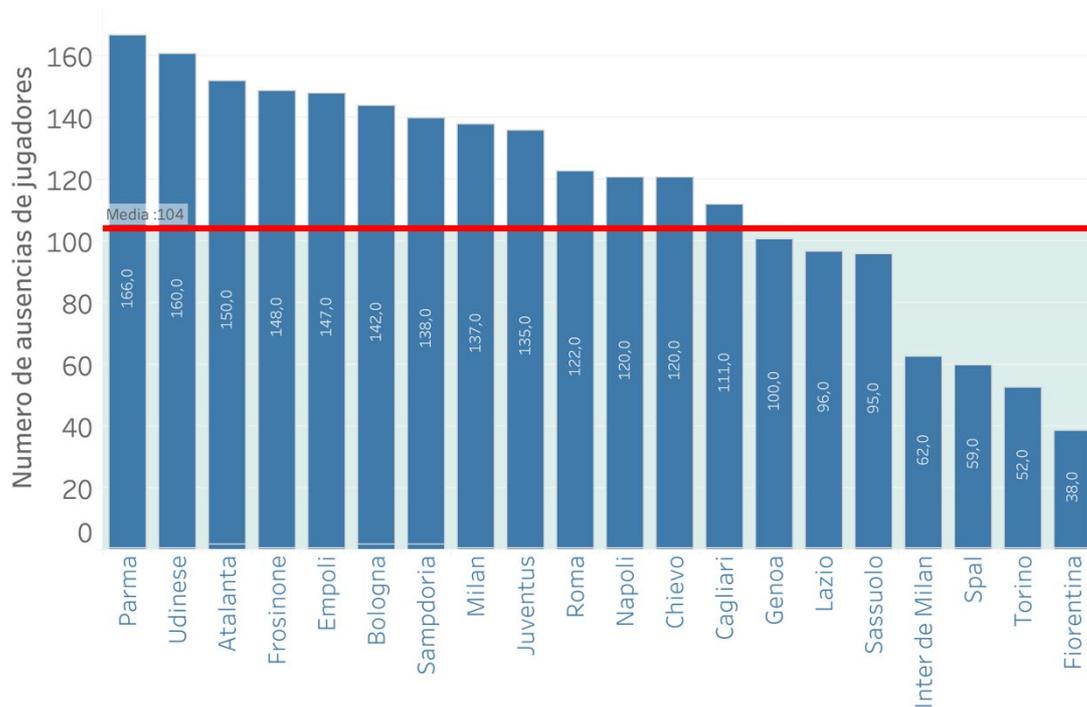


Figura 32. Número de ausencias en competición por lesión de jugadores en partidos en la temporada 2018-2019 en el campeonato de Serie A adaptado de La Gazzetta dello Sport.

El fútbol es un deporte que cuenta con infinidad de seguidores y su repercusión en los medios de comunicación es muy alta. Un estudio realizado con futbolistas puede generar una divulgación mayor en redes públicas que en otros foros y el nutricionista debe aprovechar esta ventaja para establecer acuerdos con diferentes colaboradores (Figura 33).

LO STUDIO

L'Udinese è diventata protagonista anche nella ricerca applicata al calcio. L'assunzione regolare d'integratori alimentari da parte di atleti professionisti può contribuire a contrastare l'eccesso di radicali liberi, ossia il fenomeno che si ritrova alla base del processo dello stress ossidativo. Lo afferma uno studio condotto dal nutrizionista della stessa Udinese, Antonio Molina Lopez, durante la scorsa stagione. L'esperimento ha coinvolto i 19 giocatori di prima squadra e gli integratori utilizzati sono prodotti dalla padovana 4+ Nutrition. Lo studio è stato condotto da Molina per un periodo di 10 settimane, somministrandoli ai calciatori. I parame-

Studio su 19 giocatori bianconeri dimostra il valore degli integratori

(capienza ancora ridotta al 50%). Non è da escludere, anzi è probabile, che l'affluenza dei tifosi possa tornare entro un mese al 100%, come è negli auspici delle varie società.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

ATTIVITÀ

Gli allenamenti intensi e prolungati in preparazione alle gare, come la pratica di endurance, richiedono diverse ore di esercizio aerobico. Quest'ultima attività fisica si basa sull'utilizzo, da parte dei muscoli sche-

letrici, di ossigeno a scopo energetico. Una condizione che nasconde diverse insidie. Può indurre un aumento eccessivo nella produzione di specie reattive

NUTRIZIONE: I BRILLANTI RISULTATI DEL PROGETTO DEL PROFESSOR MOLINA LEGATO A SPORT E STRESS OSSIDATIVO

dell'ossigeno (ros), note anche come "radicali liberi". Lo studio sui bianconeri aveva lo scopo di evidenziare se l'assunzione d'integratori antiossidanti naturali con certificazione antidoping potesse rappresentare una strategia nutrizionale utile a migliorare alcuni parametri analitici. Nel periodo di 10 settimane (ottobre - gennaio) sono state disputate 10 partite ufficiali e ai calciatori è stata offerta un'integrazione specifica. I 19 protagonisti costituivano un gruppo eterogeneo, di diversa età, naziona-

IL CURRICOLO

Antonio Molina Lopez, farmacista e nutrizionista, è specialista in nutrizione sportiva e membro del gruppo di ricerca Paldi Cts-595-Esercizio, salute e alte prestazioni" all'Università Pablo de Olavide di Siviglia. È inoltre il responsabile dell'Area nutrizione dell'Udinese. L'intero studio è stato condotto dal dipartimento del club, in stretto coordinamento con il gruppo di ricerca "Cts-595-Esercizio, salute e alte prestazioni" dell'Ateneo spagnolo e con diversi professori della stessa Università di Siviglia.

St.GI.
© RIPRODUZIONE RISERVATA

Figura 33. Pubblicazione in la Gazzetta dello Sport del día 12 de febrero de 2022.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FIFA. FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. FIFA Communications Division, Information Services. 2007;31:1–12.
2. Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bush M, Bradley PS. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med.* 2014;35(13):1095–100. DOI:10.1055/s-0034-1375695
3. Zhou C, Gómez MÁ, Lorenzo A. The evolution of physical and technical performance parameters in the Chinese Soccer Super League. *Biol Sport.* 2020;37(2):139–45. DOI:10.5114/BIOLOSPORT.2020.93039
4. Lago-Penas C, Casais L, Dellal A, Rey E, Domiguez E. Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. *J Strength Cond Res.* 2011;25(12):3358–67. DOI:10.1519/JSC.0b013e318216305d
5. Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med.* 2007;28(12):1018–24. DOI:10.1055/s-2007-965158
6. Doeven SH, Brink MS, Kosse SJ, Lemmink KAPM. Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: A systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2018;4(1):1–10. DOI:10.1136/bmjsem-2017-000264
7. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports Med.* 2006;40(3):193–201. DOI:10.1136/bjsm.2005.025270
8. Carling C. Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *J Sports Sci.* 2010;28(3):319–26. DOI:10.1080/02640410903473851
9. Clemente FM, Couceiro MS, Martins FML, Ivanova MO, Mendes R. Activity profiles of soccer players during the 2010 World Cup. *J Hum Kinet.* 2013;38(1):201–11. DOI:10.2478/hukin-2013-0060
10. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in Soccer. *Sport Med.* 2012;42(12):997–1015. DOI:10.1007/bf03262308
11. Mujika I, Halson S, Burke LM, Balagué G, Farrow D. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(5):538–61. DOI:10.1123/ijspp.2018-0093
12. Reilly T, Ekblom B. The use of recovery methods post-exercise. *J Sports Sci.* 2005;23(6):619–27. DOI:10.1080/02640410400021302
13. Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel I, Terrados N. Marcadores bioquímicos recuperación fútbol. *Arch Med Deport.* 2016;33(6):404–12.
14. Abbott W, Brett A, Cockburn E, Clifford T. Presleep Casein Protein Ingestion: Acceleration of Functional Recovery in Professional Soccer Players. *Int J Sport Physiol Perform.*

- 2019;14(3):385–91. DOI:10.1123/ijsp.2018-0385
15. Harty PS, Cottet ML, Malloy JK, Kerksick CM. Nutritional and Supplementation Strategies to Prevent and Attenuate Exercise-Induced Muscle Damage: a Brief Review. *Sport Med.* 2019;5(1):1–17. DOI:10.1186/s40798-018-0176-6
 16. Souglis A, Bogdanis GC, Giannopoulou I, Papadopoulos C, Apostolidis N. Comparison of Inflammatory Responses and Muscle Damage Indices Following a Soccer, Basketball, Volleyball and Handball Game at an Elite Competitive Level. *Res Sport Med.* 2015;23(1):59–72. DOI:10.1080/15438627.2014.975814
 17. Nowakowska A, Kostrzewa-Nowak D, Buryta R, Nowak R. Blood biomarkers of recovery efficiency in soccer players. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(18):3279. DOI:10.3390/ijerph16183279
 18. Fredericks S, Fitzgerald L, Shaw G, Holt DW. Changes in salivary immunoglobulin A (IgA) following match-play and training among english premier league footballers. *Med J Malaysia.* 2012;67(2):155–8.
 19. Bosch AN, Dennis SC, Noakes TD. Influence of carbohydrate loading on fuel substrate turnover and oxidation during prolonged exercise. *J Appl Physiol.* 1993;74(4):1921–7. DOI:10.1152/jappl.1993.74.4.1921
 20. Hills SP, Russell M. Carbohydrates for soccer: A focus on skilled actions and half-time practices. *Nutrients.* 2018;10(1):22. DOI:10.3390/nu10010022
 21. Baker J, Horton S. A review of primary and secondary influences on sport expertise. *High Abil Stud.* 2004;15(2):211–28. DOI:10.1080/1359813042000314781
 22. Rodríguez Rivera VM, Urdampilleta A. Nutrición y Dietética para la Actividad Física y el Deporte. Manual práctico. La Coruña. Spain.: Gesbiblo; 2013. 122–128 p.
 23. Gutierrez F, Canda A, Heras M, Boraita A, Rabadán M, Lillo P, et al. Análisis, valoración y monitorización del entrenamiento de alto rendimiento deportivo. Composición corporal y somatotípico como indicadores de pronóstico de rendimiento deportivo. Madrid: Consejo Superior de Deportes; 2010. 339–342 p.
 24. Palacios G, Pedrero-Chamizo R, Palacios N, Maroto-Sánchez B, Aznar S, González-Gross M. Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Rev Esp Nutr Comunitaria.* 2015;21:235–42. DOI:10.14642/RENC.2015.21.sup1.5070
 25. De la Cruz-Sanchez E, Moreno-Contreras MI, Pino-Ortega J, Martínez-Santos R. Leisure time physical activity and its relationships with some mental health indicators in Spain through the National Health Survey. *Salud Ment.* 2011;34(1):45–52.
 26. Perez AC, Cabral de Oliveira AC, Estevez E, Molina AJ, Prieto JG, Alvarez AI. Mitochondrial, sarcoplasmic membrane integrity and protein degradation in heart and skeletal muscle in exercised rats. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.* 2003;134(2):199–206. DOI:10.1016/s1532-0456(02)00247-8
 27. Issurin VB. Generalized training effects induced by athletic preparation. A review. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009;49(4):333–45.

28. Yavari A, Javadi M, Mirmiran P, Bahadoran Z. Exercise-induced oxidative stress and dietary antioxidants. *Asian J Sports Med.* 2015;6(1):1–7. DOI:10.5812/asjasm.24898
29. Rojano-Ortega D, López-Molina A, Moya-Amaya H, Berral-de la Rosa F. Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review. *Biol Sport.* 2020;38(1):97–111. DOI:10.5114/biol sport.2020.97069
30. Djordjevic B, Baralic I, Kotur-Stevuljevic J, Stefanovic A, Ivanisevic J, Radivojevic N, et al. Effect of astaxanthin supplementation on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2012;52(4):382–92.
31. Jayedi A, Rashidy-Pour A, Parohan M, Sadat Zargar M, Shab-Bidar S. Dietary antioxidants, circulating antioxidant concentrations, total antioxidant capacity, and risk of all-cause mortality: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective observational studies. *Adv Nutr.* 2018;9(6):701–16. DOI:10.1093/ADVANCES/NMY040
32. Nogueira A, Salguero del Valle A, Molinero González O, Márquez Rosa S. Evaluación del uso de métodos de recuperación entre los corredores populares españoles (Evaluation of the use of recovery methods amongst Spanish amateur runners). *Retos.* 2021;41:823–33. DOI:10.47197/retos.v41i0.86035
33. Ceballos-Gurrola O, Bernal-Reyes F, Jardón-Rosas M, Enríquez-Reyna MC, Durazo-Quiroz J, Ramírez-Siqueiros MG. Composición corporal y rendimiento físico de jugadores de fútbol soccer universitario por posición de juego (Body composition and physical performance of college soccer by player's position). *Retos.* 2020;2041(39):52–7. DOI:10.47197/retos.v0i39.75075
34. Coll JS, Marín DM, Pérez FJG, Sánchez IB, Gil MCR, Arroyo JM, et al. Influence of soccer training on parameters of oxidative stress in erythrocytes. *Nutr Hosp.* 2019;36(4):926–30. DOI:10.20960/nh.02381
35. Fernández-Lázaro D, Fernandez-Lazaro C, Mielgo-Ayuso J, Navascués L, Córdova Martínez A, Seco-Calvo J. The Role of Selenium Mineral Trace Element in. *Nutrients.* 2020;12(6):1790.
36. Lee SR. Critical role of zinc as either an antioxidant or a prooxidant in cellular systems. *Oxid Med Cell Longev.* 2018;2018:91562. DOI:10.1155/2018/9156285
37. Takam R, Ama Moor V, Nansseu J, Pieme C, Azabji M, Moukette B, et al. Effects of chronic strenuous physical exercise on oxidative stress and antioxidant capacity in Sub-Saharan African professional soccer players. *Eur J Sport Med.* 2016;3(1):15–26.
38. Kojo S. Vitamin C: Basic Metabolism and Its Function as an Index of Oxidative Stress. *Curr Med Chem.* 2005;11(8):1041–64. DOI:10.2174/0929867043455567
39. Gomez-Cabrera MC, Borrás C, Pallardo F V., Sastre J, Ji LL, Viña J. Decreasing xanthine oxidase-mediated oxidative stress prevents useful cellular adaptations to exercise in rats. *J Physiol.* 2005;567(1):113–20. DOI:10.1113/jphysiol.2004.080564
40. Zimmermann MB. Vitamin and mineral supplementation and exercise performance.

- Schweizerische Z Sport. 2003;51(1):53–7.
41. Morrison D, Hughes J, Della Gatta PA, Mason S, Lamon S, Russell AP, et al. Vitamin C and e supplementation prevents some of the cellular adaptations to endurance-training in humans. *Free Radic Biol Med.* 2015;89:852–62. DOI:10.1016/j.freeradbiomed.2015.10.412
 42. Pascual S, Martínez J, Pérez-Mateo M. La barrera intestinal: trastornos funcionales en enfermedades digestivas y extradigestivas. Vol. 24, *Gastroenterología y hepatología*. Barcelona: Ediciones Doyma; 2001. p. 256–67. DOI:10.1016/S0210-5705(01)70167-7
 43. Karin M, Liu ZG, Zandi E. AP-1 function and regulation. *Curr Opin Cell Biol.* 1997;9(2):240–6. DOI:10.1016/S0955-0674(97)80068-3
 44. Rescigno M. The intestinal epithelial barrier in the control of homeostasis and immunity. *Trends Immunol.* 2011;32(6):256–64. DOI:10.1016/j.it.2011.04.003
 45. Salvo-Romero E, Alonso-Cotoner C, Pardo-Camacho C, Casado-Bedmar M, Vicario M. Función barrera intestinal y su implicación en enfermedades digestivas. *Rev Esp Enferm Dig.* 2015;107(11):686–96.
 46. Zheng D, Liwinski T, Elinav E. Interaction between microbiota and immunity in health and disease. *Cell Res.* 2020;30(6):492–506. DOI:10.1038/s41422-020-0332-7
 47. Castizo-Olier J, Iruñtia A, Jemni M, Carrasco-Marginet M, Fernández-García R, Rodríguez FA. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *PLoS One.* 2018;13(6):1–26. DOI:10.1371/journal.pone.0197957
 48. Caldwell B, Peters D. Seasonal Variations in the Physiological Fitness of Semi-Professional Footballers (Abstract). *J Sports Sci.* 2007;25(3):367–8.
 49. Buffa R, Mereu E, Succa V, Latini V, Marini E. Specific BIVA recognizes variation of body mass and body composition: Two related but different facets of nutritional status. *Nutrition.* 2017;35:1–5. DOI:10.1016/j.nut.2016.10.009
 50. Wang Y, Nogueira R, Fan LX. A comparison of bioelectrical impedance analysis and skinfold measurements with Medix DR Dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body fat percentage. *Sci Sports.* 2019;34(3):173.e1-173.e5. DOI:10.1016/j.scispo.2019.03.002
 51. Moon JR. Body composition in athletes and sports nutrition: An examination of the bioimpedance analysis technique. *Eur J Clin Nutr.* 2013;67(S1):S54–9. DOI:10.1038/ejcn.2012.165
 52. Di Vincenzo O, Marra M, Scalfi L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: A systematic review. Vol. 16, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. BioMed Central Ltd.; 2019. p. 1. DOI:10.1186/s12970-019-0319-2
 53. Baumgartner N, Chumlea W. Status of anthropometry and body composition data in elderly subjects. 1989;50:1158–66.
 54. Marini E, Campa F, Buffa R, Stagi S, Matias CN, Toselli S, et al. Phase angle and

- bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clin Nutr.* 2020;39(2):447–54. DOI:10.1016/j.clnu.2019.02.016
55. Llames L, Baldomero V, Iglesias ML, Rodota LP. Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; Estado nutricional y valor pronóstico. *Nutr Hosp.* 2013;28(2):286–95. DOI:10.3305/nh.2013.28.2.6306
 56. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sport Med.* 2018;48(3):539–83. DOI:10.1007/s40279-017-0798-8
 57. Meister S, Faude O, Ammann T, Schnittker R, Meyer T. Indicators for high physical strain and overload in elite football players. *Scand J Med Sci Sport.* 2013;23(2):156–63. DOI:10.1111/j.1600-0838.2011.01354.x
 58. Heisterberg MF, Fahrenkrug J, Krustrup P, Storskov A, Kjær M, Andersen JL. Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(5):1260–71. DOI:10.1519/JSC.0b013e3182653d17
 59. Rebelo A, Candeias J, Fraga M, Duarte J, Soares J, Magalhães C, et al. The impact of soccer training on the immune system. *J Sport Med Phys Fit.* 1998;38(3):258–61.
 60. Fallon KE. The clinical utility of screening of biochemical parameters in elite athletes: Analysis of 100 cases. *Br J Sports Med.* 2008;42(5):334–7. DOI:10.1136/bjism.2007.041137
 61. Andelković M, Baralić I, Dordević B, Stevuljević JK, Radivojević N, Dikić N, et al. Hematological and Biochemical Parameters in Elite Soccer Players during A Competitive Half Season. *J Med Biochem.* 2015;34(4):460–6. DOI:10.2478/jomb-2014-0057
 62. Huggins R, Fortunati A, Curtis R, Looney D, West C, Lee E, et al. Monitoring Blood Biomarkers and Training Load Throughout a Collegiate Soccer Season. *J Strength Cond Res.* 2019;33(11):3065–77. DOI:10.1519/JSC.0000000000002622.
 63. Filaire E, Lac G, Pequignot J. Biological, hormonal, and psychological parameters in professional soccer players throughout a competitive season. *Percept Mot Ski.* 2003;97(3 Pt 2):1061–72. DOI:10.2466/pms.2003.97.3f.1061
 64. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(11 SUPPL.):52–69. DOI:10.1097/00002060-200211001-00007
 65. Raya-González J, Suárez-Arrones L, Moreno-Puentedura M, Ruiz-Márquez J, Sáez de Villarreal E. Efectos en el rendimiento físico a corto plazo de dos programas de entrenamiento neuromuscular con diferente orientación aplicados en jugadores de fútbol de élite U-17. *RETOS.* 2018;33:106–11. DOI:10.5232/ricyde2017.04801
 66. Gissel H, Clausen T. Excitation-induced Ca²⁺ influx and skeletal muscle cell damage. *Acta Physiol Scand.* 2001;171(3):327–34. DOI:10.1046/j.1365-201X.2001.00835.x
 67. Powers SK, Ji LL, Kavazis AN, Jackson MJ. Reactive oxygen species: Impact on skeletal muscle. *Compr Physiol.* 2011;1(2):941–69. DOI:10.1002/cphy.c100054
 68. Kozakowska M, Pietraszek-Gremplewicz K, Jozkowicz A, Dulak J. The role of oxidative

- stress in skeletal muscle injury and regeneration: focus on antioxidant enzymes. *J Muscle Res Cell Motil.* 2015;36(6):377–93. DOI:10.1007/s10974-015-9438-9
69. Thomas K, Dent J, Howatson G, Goodall S. Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue after Simulated Soccer Match Play. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(5):955–64. DOI:10.1249/MSS.0000000000001196
70. Spanidis Y, Stagos D, Papanikolaou C, Karatza K, Theodosi A, Veskokouk AS, et al. Resistance-Trained Individuals Are Less Susceptible to Oxidative Damage after Eccentric Exercise. *Oxid Med Cell Longev.* 2018;2018:68571. DOI:10.1155/2018/6857190
71. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Seco Calvo J, Córdova Martínez A, Caballero García A, Fernandez-Lazaro C. Modulation of Exercise-Induced Muscle Damage, Inflammation, and Oxidative Markers by Curcumin Supplementation in a Physically Active Population: A Systematic Review. *Nutrients.* 2020;12(2):501. DOI:10.3390/nu12020501
72. Haida Z, Hakimian M. A comprehensive review on the determination of enzymatic assay and nonenzymatic antioxidant activities. *Food Sci Nutr.* 2019;7(5):1555–63. DOI:10.1002/fsn3.1012
73. Omi N, Shiba H, Nishimura E, Tsukamoto S, Maruki-Uchida H, Oda M, et al. Effects of enzymatically modified isoquercitrin in supplementary protein powder on athlete body composition: A randomized, placebo-controlled, double-blind trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16(1):1–10. DOI:10.1186/s12970-019-0303-x
74. Souglis A, Bogdanis GC, Chryssanthopoulos C, Apostolidis N, Geladas ND. Time course of oxidative stress, inflammation, and muscle damage markers for 5 days after a soccer match: Effects of sex and playing position. *J Strength Cond Res.* 2018;32(7):2045–54. DOI:10.1519/JSC.0000000000002436
75. Doan BK, Newton RU, Kraemer WJ, Kwon YH, Scheet TP. Salivary cortisol, testosterone, and T/C ratio responses during a 36-hole golf competition. *Int J Sports Med.* 2007;28(6):470–9. DOI:10.1055/s-2006-924557
76. Elloumi M, Ounis O Ben, Tabka Z, Van Praagh E, Michaux O, Lac G. Psychoendocrine and physical performance responses in male tunisian rugby players during an international competitive season. *Aggress Behav.* 2008;34(6):623–32. DOI:10.1002/ab.20276
77. Filaire E, Portier H, Onen N, Filaire M. Réponses physiologiques et profil nutritionnel chez des adolescentes lors d'un tournoi de tennis. *Sci Sports.* 2010;25(2):55–60. DOI:10.1016/j.scispo.2009.11.001
78. Papacosta E, Nassis GP, Gleeson M. Salivary hormones and anxiety in winners and losers of an international judo competition. *J Sports Sci.* 2016;34(13):1281–7. DOI:10.1080/02640414.2015.1111521
79. Arruda AFS, Aoki MS, Paludo AC, Moreira A. Salivary steroid response and competitive anxiety in elite basketball players: Effect of opponent level. *Physiol Behav.* 2017;177:291–6. DOI:10.1016/j.physbeh.2017.05.017
80. Loucks AB, Mortola JF, Girton L. Alterations in the hypothalamic-pituitary-ovarian and the

- hypothalamic-pituitary-adrenal axes in athletic women. 2015;68(2):402–11. DOI:10.1210/jcem-68-2-402
81. Gaab J, Rohleder N, Nater UM, Ehlert U. Psychological determinants of the cortisol stress response: The role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology*. 2005;30(6):599–610. DOI:10.1016/j.psyneuen.2005.02.001
 82. Steinacker JM, Lormes W, Kellmann M, Liu Y, Reißnecker S, Opitz-Gress A, et al. Training of junior rowers before world championships. Effects on performance, mood state and selected hormonal and metabolic responses. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40(4):327–35.
 83. García A, Martí O, Vallès A, Dal-Zotto S, Armario A. Recovery of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Response to Stress. *Neuroendocrinology*. 2000;72(2):114–25. DOI:10.1159/000054578
 84. Edwards DA, Kurlander LS. Women's intercollegiate volleyball and tennis: Effects of warm-up, competition, and practice on saliva levels of cortisol and testosterone. *Horm Behav*. 2010;58(4):606–13. DOI:10.1016/j.yhbeh.2010.06.015
 85. Salivary cortisol determined by enzyme immunoassay is preferable to serum total cortisol for assessment of dynamic hypothalamic–pituitary–adrenal axis activity. *Clin Endocrinol*. 2005;63(3):336–41. DOI:10.1111/j.1365-2265.2005.02349.x
 86. Anderson T, Wideman L. Exercise and the Cortisol Awakening Response: A Systematic Review. *Sport Med - Open*. 2017;3(37). DOI:10.1186/s40798-017-0102-3
 87. Macdonald LA, Bellinger PM, Minahan CL. Reliability of salivary cortisol and immunoglobulin-A measurements from the IPRO® before and after sprint cycling exercise. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017;57(12):1680–6. DOI:10.23736/S0022-4707.16.06785-2
 88. Friden J, Sjoström M, Ekblom B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int J Sports Med*. 1983;4(3):170–6. DOI:10.1055/s-2008-1026030
 89. Hellhammer DH, Wüst S, Kudielka BM. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*. 2009;34(2):163–71. DOI:10.1016/j.psyneuen.2008.10.026
 90. Dunbar J, Rosen B, Gimpel M, Jehanli A. Salivary Cortisol Is Highly Correlated With Training Intensity in English. *Int J Ex Sci*. 2013;10(1):45.
 91. Perroni F, Tessitore A, Cibelli G, Lupo C, D'Artibale E, Cortis C, et al. Effects of simulated firefighting on the responses of salivary cortisol, alpha-amylase and psychological variables. *Ergonomics*. 2009;52(4):484–91. DOI:10.1080/00140130802707873
 92. Gorostiaga EM, Granados C, Ibáñez J, González-Badillo JJ, Izquierdo M. Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(2):357–66. DOI:10.1249/01.mss.0000184586.74398.03
 93. Garcin M, Fleury A, Billat V. The ratio HLa : RPE as a tool to appreciate overreaching in young high-level middle-distance runners. *Int J Sport Med*. 2002;23(1):16–21. DOI:10.1055/s-2002-19275.
 94. Köklü Y, Aşçı A, Koçak F, Alemdaroğlu U, Dündar U. Comparison of the physiological

- responses to different small-sided games in elite young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1522–8. DOI:10.1519/JSC.0b013e3181e06ee1.
95. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med.* 2007;28(3):222–7. DOI:10.1055/s-2006-924294
96. Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Coutts AJ, Wisløff U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport.* 2009;12(1):227–33. DOI:10.1016/j.jsams.2007.10.002
97. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 2003;21(7):519–28. DOI:10.1080/0264041031000071182
98. Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med.* 2008;18(5):423–31. DOI:10.1097/JSM.0b013e3181818e0b
99. Andersson H, Karlsen A, Blomhoff R, Raastad T, Kadi F. Active recovery training does not affect the antioxidant response to soccer games in elite female players. *Br J Nutr.* 2010;104(10):1492–9. DOI:10.1017/S0007114510002394
100. Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhães J. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem.* 2008;41(10–11):841–51. DOI:10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008
101. Reinke S, Karhausen T, Doehner W, Taylor W, Hottenrott K, Duda GN, et al. The influence of recovery and training phases on body composition, peripheral vascular function and immune system of professional soccer players. *PLoS One.* 2009;4(3):1–7. DOI:10.1371/journal.pone.0004910
102. Nutrition for football: The FIFA/F-MARC Consensus Conference. *J Sports Sci.* 2006;24(7):663–4. DOI:10.1080/02640410500482461
103. Oliveira R, Brito J, Martins A, Mendes B, Calvete F, Carriço S, et al. In-season training load quantification of one-, two- and three-game week schedules in a top European professional soccer team. *Physiol Behav.* 2019;15(201):146–56. DOI:10.1016/j.physbeh.2018.11.036
104. Aughey RJ. Applications of GPS Technologies to Field Sports The Validity of GPS for the Measurement. *Int J Sport Physiol Perform.* 2011;6:295–310.
105. Clemente FM, Silva R, Castillo D, Arcos AL, Mendes B, Afonso J. Weekly load variations of distance-based variables in professional soccer players: A full-season study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(9):3300. DOI:10.3390/ijerph17093300
106. Gabbett TJ, Hulin BT, Blanch P, Whiteley R. High training workloads alone do not cause sports injuries: How you get there is the real issue. *Br J Sports Med.* 2016;50(8):444–5. DOI:10.1136/bjsports-2015-095567
107. Gabbett TJ, Domrow N. Relationships between training load, injury, and fitness in sub-

- elite collision sport athletes. *J Sports Sci.* 2007;25(13):1507–19. DOI:10.1080/02640410701215066
108. Dupont G, Nedelec M, McCall A, McCormack D, Berthoin S, Wisløff U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med.* 2010;38(9):1752–8. DOI:10.1177/0363546510361236
109. Paul DJ, Bradley PS, Nassis GP, Paul DJ. Title: Factors Impacting Match Running Performances of Elite Soccer Players: Shedding Some Light on the Complexity. *Int J Sport Physiol Perform.* 2015;10(4):16–9. DOI:10.1123/IJSP.2015-0029
110. Wong ET, Cobb C, Umehara MK, Wolff GA, Haywood LJ, Greenberg T, et al. Heterogeneity of serum creatine kinase activity among racial and gender groups of the population. *Am J Clin Pathol.* 1983;79(5):582–6. DOI:10.1093/ajcp/79.5.582
111. Dauty M, Collon S. Incidence of injuries in french professional soccer players. *Int J Sports Med.* 2011;32(12):965–9. DOI:10.1055/s-0031-1283188
112. Kurittu E, Vasankari T, Brinck T, Parkkari J, Heinonen OJ, Kannus P, et al. Injury incidence and prevalence in Finnish top-level football—one-season prospective cohort study. *Sci Med Footb.* 2022;6(2):141–7. DOI:10.1080/24733938.2021.1917775
113. Forsythe B, Knapik DM, Crawford MD, Diaz CC, Hardin D, Gallucci J, et al. Incidence of Injury for Professional Soccer Players in the United States: A 6-Year Prospective Study of Major League Soccer. *Orthop J Sport Med.* 2022;10(3):1–8. DOI:10.1177/23259671211055136
114. Noya Salces J, Gómez-Carmona PM, Gracia-Marco L, Moliner-Urdiales D, Sillero-Quintana M. Epidemiology of injuries in First Division Spanish football. *J Sports Sci.* 2014;32(13):1263–70. DOI:10.1080/02640414.2014.884720
115. Pangrazio O, Forriol F. Epidemiology of soccer players traumatic injuries during the 2015 America Cup. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2011;6(1):124–30. DOI:10.11138/mltj/2016.6.1.124.
116. Uebliacker P, Müller-Wohlfahrt HW, Ekstrand J. Epidemiological and clinical outcome comparison of indirect ('strain') versus direct ('contusion') anterior and posterior thigh muscle injuries in male elite football players: UEFA Elite League study of 2287 thigh injuries (2001-2013). *Br J Sport Med.* 2015;49(22):1461–5. DOI:10.1136/bjsports-2014-094285
117. Ekstrand J, Krutsch W, Spreco A, Van Zoest W, Roberts C, Meyer T, et al. Time before return to play for the most common injuries in professional football: A 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med.* 2020;54(7):421–6. DOI:10.1136/bjsports-2019-100666
118. Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *Am J Sports Med.* 2013;41(2):327–35. DOI:10.1177/0363546512470634
119. Malone S, Mendes B, Hughes B, Roe M, Devenney S, Collins K, et al. Decrements in

- Neuromuscular Performance and Increases in Creatine Kinase Impact Training Outputs in Elite Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2018;32(5):1342–51. DOI:10.1519/JSC.0000000000001997
120. da Silva C, Machado G, Fernandes A, Teoldo I, Pimenta E, Marins J, et al. Muscle Damage-Based Recovery Strategies Can Be Supported by Predictive Capacity of Specific Global Positioning System Accelerometry Parameters Immediately a Post-Soccer Match-Load. *J Strength Cond Res.* 2018;35(5):1410–8. DOI:10.1519/JSC.0000000000002922.
121. Kreher J. Diagnosis and prevention of overtraining syndrome: an opinion on education strategies. *Open Access J Sport Med.* 2016;7:115–22. DOI:10.2147/oajsm.s91657
122. Kuipers H. Training and overtraining: An introduction. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(7):1137–9. DOI:10.1097/00005768-199807000-00018
123. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sport Med.* 2011;41(8):673–94. DOI:10.2165/11590550-000000000-00000
124. Jones CM, Griffiths PC, Mellalieu SD. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. Vol. 47, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2017. 943–974 p. DOI:10.1007/s40279-016-0619-5
125. Novotová M, Zahradník I, Brochier G, Pavlovičová M, Bigard X, Ventura-Clapier R. Joint participation of mitochondria and sarcoplasmic reticulum in the formation of tubular aggregates in gastrocnemius muscle of CK-/- mice. *Eur J Cell Biol.* 2002;81(2):101–6. DOI:10.1078/0171-9335-00230
126. Chevion S, Moran DS, Heled Y, Shani Y, Regev G, Abbou B, et al. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2003;100(9):5119–23. DOI:10.1073/pnas.0831097100
127. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I, et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(1):179–93. DOI:10.1007/s00421-015-3245-2
128. Souglis A, Papapanagiotou A, Bogdanis G, Travlos A, Apostolidis N, Geladas N. Comparison of inflammatory responses to a soccer match between elite male and female players. *J Strength Cond Res.* 2015;29(5):1227–33. DOI:10.1519/JSC.0000000000000767
129. Magalhães J, Rebelo A, Oliveira E, Silva JR, Marques F, Ascensão A. Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(1):39–48. DOI:10.1007/s00421-009-1161-z
130. Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: A brief review. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):1015–24. DOI:10.1519/JSC.0b013e31816eb518
131. Raedeke TD, Lunney K, Venables K. Understanding athlete burnout: coach perspectives.

- J Sport Behav. 2002;25(2):181–206.
132. Association WM. World Medical Association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191–4. DOI:10.1001/jama.2013.281053
 133. Quintero KJ, Resende A de S, Leite GSF, Lancha Junior AH. An overview of nutritional strategies for recovery process in sports-related muscle injuries. *Nutrire*. 2018;43:27. DOI:10.1186/s41110-018-0084-z
 134. Tipton K. Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. *Sport Med*. 2015;45(Suppl 1):93–104. DOI:10.1007/s40279-015-0398-4
 135. Wall BT, van Loon LJ. Nutritional strategies to attenuate muscle disuse atrophy. *Nutr Rev*. 2013;71(4):195–208. DOI:10.1111/nure.12019
 136. Palacios N, Manonelles P, Blasco R, Gaztañaga T, Villegas J. Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico. *Arch Med Deport*. 2011;XXIX(1):1–80.
 137. Blasco-Redondo R. Ayudas ergogénicas nutricionales en el deporte. Necesidades fisiológicas y cómo cubrirlas. Parte tercera. *Nutr Clin Med*. 2018;12(3):109–27. DOI:10.7400/NCM.2018.12.3.5066
 138. Knappenberger K. Nutrition for injury recovery & rehabilitation. *Circuits Assembly*. 2018;(1):14–7.
 139. Casals G, Torra M, Deulofeu R, Ballesta AM. Importancia del selenio en la práctica clínica. *Quim Clin*. 2005;24(3):141–8.
 140. Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2018;28(2):188–99. DOI:10.1123/ijsnem.2017-0340
 141. Calder PC. N-3 Fatty acids, inflammation and immunity: New mechanisms to explain old actions. *Proc Nutr Soc*. 2013;72(3):326–36. DOI:10.1017/S0029665113001031
 142. Braakhuis AJ, Hopkins WG. Impact of Dietary Antioxidants on Sport Performance: A Review. *Sport Med*. 2015;45(7):939–55. DOI:10.1007/s40279-015-0323-x
 143. Juher TF, Pérez EB. An overview of the beneficial effects of hydrolysed collagen intake on joint and bone health and on skin ageing. *Nutr Hosp*. 2015;32(Suppl 1):62–6. DOI:10.3305/nh.2015.32.sup1.9482
 144. Jäger R, Shields KA, Lowery RP, De Souza EO, Partl JM, Hollmer C, et al. Probiotic *Bacillus coagulans* GBI-30, 6086 reduces exercise-induced muscle damage and increases recovery. *PeerJ*. 2016;4(e2276). DOI:10.7717/peerj.2276
 145. Kwiatkowska D. Effects of Supplementation with Glutathione and its Precursors on Athlete Performance. *Biomed J Sci Tech Res*. 2019;12(4):9434–41. DOI:10.26717/bjstr.2019.12.002293
 146. Valencia SEH, Sánchez LM, Clark P, Altamirano LM, Aranguré JMM. Glutamine as an aid in the recovery of muscle strength: Systematic review of literature. *Nutr Hosp*.

- 2015;32(4):1443–53. DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9321
147. Meshkibaf MH, Maleknia M, Noroozi S. Effect of curcumin on gene expression and protein level of methionine sulfoxide reductase A (MSRA) SOD, CAT and GPx in Freund's adjuvant inflammation-induced male rats. *J Inflamm Res.* 2019;12:241–9. DOI:10.2147/JIR.S212577
148. Bengmark S, Mesa MD, Gil A. Efectos saludables de la cúrcuma y de los curcuminoides. *Nutr Hosp.* 2009;24(3).
149. Quesada Gómez J, Sosa Henríquez M. Vitamina D y función muscular. *Rev Osteoporos y Metab Min.* 2019;11(1):3–5. DOI:10.4321/s1889-836x2019000100001
150. Dorta F, Dorta LF. El sulfato de glucosamina y la condroitina en el tratamiento de la osteoartritis. *Inf Med.* 2011;13(3):143–6.
151. Rodríguez-de la Serna A, Monllau-García J, Cáceres-Palou E, Herrero-Beuamont G, Navarro-Sarabia F. Condroitín sulfato en las enfermedades inflamatorias. *Arthros.* 2016;12(1):1–29.
152. Macías Ortega M, Espinoza PC, Suazo S, Nira Jiménez A, Rubio F, Breve L. Aplicación Clínica Del Ácido Hialurónico. *Rev Fac Cienc Méd.* 2015;1(1):1–9.
153. Rojano-Ortega D, Peña-Amaro J, Berral-Aguilar AJ, Berral-de la Rosa F. Quercetin supplementation promotes recovery after exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Biol Sport.* 2023;40(3):813–25. DOI:10.5114/biolsport.2023.121320
154. Ltd HIB. Feeling the strain. *European Football Injury Index the strain.* Londres: Howden Group; 2022. 110–136 p.
155. Shuttleworth A. Feeling the strain. *European football injury index.* Editorial. Howden Group. London. 2021. 91 p. DOI:10.1126/science.338.6106.445-b
156. Molina-López A, Lara-Padilla E, Moya-Amaya H, Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, Estevan-Navarro PE, et al. Effect of post-training and post-match antioxidants on oxidative stress and inflammation in professional soccer players. *Retos.* 2022;43:996–1004. DOI:10.47197/RETOS.V43I0.90276
157. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018;52(7):439–55. DOI:10.1136/bjsports-2018-099027
158. Tauler Riera P, Volterrani M, Iellamo F, Fallo F, Ermolao A, Kraemer WJ, et al. The Prevention and Treatment of Exercise-Induced Muscle Damage. *Encycl Exerc Med Heal Dis.* 2012;38(6):761–761. DOI:10.1007/978-3-540-29807-6_2963
159. Bloomer RJ, Goldfarb AH. Anaerobic exercise and oxidative stress: A review. *Can J Appl Physiol.* 2004;29(3):245–63. DOI:10.1139/h04-017
160. Watson TA, Callister R, Taylor RD, Sibbritt DW, Macdonald-Wicks LK, Garg ML. Antioxidant restriction and oxidative stress in short-duration exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(1):63–71. DOI:10.1249/01.MSS.0000150016.46508.A1

161. Bell PG, Mchugh MP, Stevenson E, Howatson G. The role of cherries in exercise and health. *Scand J Med Sci Sport*. 2014;24(3):477–90. DOI:10.1111/sms.12085
162. Margaritelis N V, Paschalis V, Theodorou AA, Kyparos A, Nikolaidis MG. Antioxidants in Personalized Nutrition and Exercise. *Adv Nutr*. 2018;9(6):813–23. DOI:10.1093/advances/nmy052
163. Kruk J, Aboul-Enein HY, Kładna A, Bowser JE. Oxidative stress in biological systems and its relation with pathophysiological functions: the effect of physical activity on cellular redox homeostasis. *Free Radic Res*. 2019;53(5):497–521. DOI:10.1080/10715762.2019.1612059
164. Bolner A, Berizzi C, Benedetto S, Vano R, Bosello O, Nordera G. Marked differences in redox status of professional soccer players depending on training types. *Am J Res Med Sci*. 2019;6(1):8. DOI:10.5455/ajrms.20190512094558
165. Merry TL, Ristow M. Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training? *J Physiol*. 2016;594(18):5135–47. DOI:10.1113/JP270654
166. Bell PG, Walshe IH, Davison GW, Stevenson E, Howatson G. Montmorency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling. *Nutrients*. 2014;6(2):829–43. DOI:10.3390/nu6020829
167. Bell PG, Stevenson E, Davison GW, Howatson G. The effects of montmorency tart cherry concentrate supplementation on recovery following prolonged, intermittent exercise. *Nutrients*. 2016;8(7):441. DOI:10.3390/nu8070441
168. Bell PG, Walshe IH, Davison GW, Stevenson EJ, Howatson G. Recovery facilitation with montmorency cherries following high-intensity, metabolically challenging exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015;40(4):414–23. DOI:10.1139/apnm-2014-0244
169. Clifford T, Berntzen B, Davison GW, West DJ, Howatson G, Stevenson EJ. Effects of beetroot juice on recovery of muscle function and performance between bouts of repeated sprint exercise. *Nutrients*. 2016;8(8):506. DOI:10.3390/nu8080506
170. Goldfarb AH, Garten RS, Cho C, Chee PDM, Chambers LA. Effects of a fruit/berry/vegetable supplement on muscle function and oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(3):501–8. DOI:10.1249/MSS.0b013e3181f1ef48
171. Murphy C, Cook M, Willems M. Effect of New Zealand Blackcurrant Extract on Repeated Cycling Time Trial Performance. *Sports*. 2017;5(2):25. DOI:10.3390/sports5020025
172. Cheng WH. Green Tea: An Ancient Antioxidant Drink for Optimal Health? *J Nutr*. 2019;149(11):1877–9. DOI:10.1093/jn/nxz187
173. Cabrera C, Artacho R, Giménez R. Beneficial Effects of Green Tea—A Review. *J Am Coll Nutr*. 2006;25(2):79–99. DOI:10.1080/07315724.2006.10719518
174. Yong Feng W. Metabolism of Green Tea Catechins: An Overview. *Curr Drug Metab*. 2006;7(7):755–809. DOI:10.2174/138920006778520552
175. Bowtell J, Kelly V. Fruit-Derived Polyphenol Supplementation for Athlete Recovery and Performance. *Sport Med*. 2019;49(Suppl 1):3–23. DOI:10.1007/s40279-018-0998-x

176. Pingitore A, Lima GPP, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C. Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*. 2015;31(7–8):916–22. DOI:10.1016/j.nut.2015.02.005
177. Schneider CD, Bock PM, Becker GF, Moreira JCF, Bello-Klein A, Oliveira AR. Comparison of the effects of two antioxidant diets on oxidative stress markers in triathletes. *Biol Sport*. 2018;35(2):181–9. DOI:10.5114/biolsport.2018.74194
178. Nelson JR, Raskin S. The eicosapentaenoic acid:arachidonic acid ratio and its clinical utility in cardiovascular disease. *Postgrad Med*. 2019;131(4):268–77. DOI:10.1080/00325481.2019.1607414
179. Goldberg RJ, Katz J. A meta-analysis of the analgesic effects of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for inflammatory joint pain. *Pain*. 2007;129(1–2):210–23. DOI:10.1016/j.pain.2007.01.020
180. Shahidi F, Ambigaipalan P. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2018;9:345–81. DOI:10.1146/annurev-food-111317-095850
181. Goldberg RJ, Katz J, Shahidi F, Ambigaipalan P, Dinicolantonio JJ, O’Keefe JH, et al. Importance of maintaining a low omega-6/omega-3 ratio for reducing inflammation. *Pain*. 2018;203(2):345–81. DOI:10.1136/openhrt-2018-000946
182. McGlory C, Calder PC, Nunes EA. The Influence of Omega-3 Fatty Acids on Skeletal Muscle Protein Turnover in Health, Disuse, and Disease. *Front Nutr*. 2019;6(144). DOI:10.3389/fnut.2019.00144
183. Davinelli S, Corbi G, Righetti S, Casiraghi E, Chiappero F, Martegani S, et al. Relationship between distance run per week, omega-3 index, and arachidonic acid (AA)/eicosapentaenoic acid (EPA) ratio: An Observational Retrospective Study in Non-elite Runners. *Front Physiol*. 2019;10:487. DOI:10.3389/fphys.2019.00487
184. Ramos-Campo DJ, Ávila-Gandía V, López-Román FJ, Miñarro J, Contreras C, Soto-Méndez F, et al. Supplementation of re-esterified docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids reduce inflammatory and muscle damage markers after exercise in endurance athletes: A randomized, controlled crossover trial. *Nutrients*. 2020;12(3):1–17. DOI:10.3390/nu12030719
185. Żebrowska A, Hall B, Stolecka-Warzecha A, Stanula A, Sadowska-Krępa E. The effect of omega-3 fatty acid supplementation on serum adipocytokines, lipid profile and biochemical markers of inflammation in recreational runners. *Nutrients*. 2021;13(2):1–18. DOI:10.3390/nu13020456
186. Saini RK, Keum YS. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance — A review. *Life Sci*. 2018;203:255–67. DOI:10.1016/j.lfs.2018.04.049
187. He F, Li J, Liu Z, Chuang CC, Yang W, Zuo L. Redox mechanism of reactive oxygen species in exercise. *Front Physiol*. 2016;7:486. DOI:10.3389/fphys.2016.00486

188. Withers RT, Whittingham NO, Norton KI, La Forgia J, Ellis MW, Crockett A. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987;56(5):615. DOI:10.1007/BF00635378
189. Bongiovanni T, Trecroci A, Rossi A, Iaia FM, Pasta G, Campa F. Association between change in regional phase angle and jump performance: a pilot study in serie a soccer players. *Eur J Investig Heal Psychol Educ.* 2021;11(3):860–5. DOI:10.3390/ejihpe11030063
190. Cunha PM, Tomeleri CM, Nascimento MA d., Nunes JP, Antunes M, Nabuco HCG, et al. Improvement of cellular health indicators and muscle quality in older women with different resistance training volumes. *J Sports Sci.* 2018;36(24):2843–8. DOI:10.1080/02640414.2018.1479103
191. Di Vincenzo O, Marra M, Scalfi L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: A systematic review. *J Int Soc Sport Nutr.* 2019;16(1):49. DOI:10.1186/s12970-019-0319-2
192. Mundstock E, Amaral MA, Baptista RR, Sarria EE, dos Santos RRG, Filho AD, et al. Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: Systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr.* 2019;38(4):1504–10. DOI:10.1016/j.clnu.2018.08.031
193. Koury JC, Trugo NMF, Torres AG. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(5):798–804. DOI:10.1123/IJSP.2013-0397
194. Micheli ML, Pagani L, Marella M, Gulisano M, Piccoli A, Angelini F, et al. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(3):532–9. DOI:10.1123/IJSP.2013-0119
195. da Silva BR, Gonzalez MC, Cereda E, Prado CM. Exploring the potential role of phase angle as a marker of oxidative stress: A narrative review. *Nutrition.* 2022;93:111493. DOI:10.1016/j.nut.2021.111493
196. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2005;8(3):311–7. DOI:10.1097/01.mco.0000165011.69943.39
197. Yáñez-Sepúlveda R, Alvear-Ordenes I, Vargas-Silva J, Hernández-Jaña S, Olivares-Arancibia J, Tuesta M. Characteristics of Body Composition, Phase Angle and Body Water in Elite Chilean Skydivers. *Int J Morphol.* 2021;39(6):1564–9. DOI:10.4067/S0717-95022021000601564
198. Ferrer-Hernandez J. Efecto de los ácidos grasos omega-3 sobre la situación de estrés oxidativo asociada a la realización de actividad física. *Universitat de les Illes Balears;* 2014.
199. Berral-Aguilar AJ, Mendez-Rebolledo G, Rojano-Ortega D, Moya-Amaya H, Molina-López A, Berral-de la Rosa FJ. Valoración del Impacto del Confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la Composición Corporal de una Población de Futbolistas de Élite. *Int J Morphol.* 2021;39(4):1088–95. DOI:10.4067/s0717-95022021000401088

200. Moya-Amaya H, Molina-López A, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de la Rosa CJ, Berral- de la Rosa FJ. Bioelectrical Phase Angle, Muscle Damage Markers and Inflammatory Response after a Competitive Match in Professional Soccer Players. *Polish J Sport Tour.* 2021;28(3):8–13. DOI:10.2478/pjst-2021-0014
201. Tomeleri CM, Ribeiro AS, Cavaglieri CR, Deminice R, Schoenfeld BJ, Schiavoni D, et al. Correlations between resistance training-induced changes on phase angle and biochemical markers in older women. *Scand J Med Sci Sport.* 2018;28(10):2173–82. DOI:10.1111/sms.13232
202. Collins J, Maughan RJ, Gleeson M, Billsborough J, Jeukendrup A, Morton JP, et al. UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *Br J Sports Med.* 2021;55(8):416. DOI:10.1136/bjsports-2019-101961
203. Evlin BRLD, Ingsley MIK, Everitt MIDL, Elski REB. Seasonal Changes in Soccer Players' Body Composition and Dietary Intake Practices. *Strength Cond Res.* 2017;31(12):3319–26. DOI:10.1519/JSC.0000000000001751
204. Malone S, Owen A, Newton M, Mendes B, Collins KD, Gabbett TJ. The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *J Sci Med Sport.* 2017;20(6):561–5. DOI:10.1016/j.jsams.2016.10.014
205. Clemente FM, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. Dose-response relationship between external load variables, body composition, and fitness variables in professional soccer players. *Front Physiol.* 2019;10:443. DOI:10.3389/fphys.2019.00443
206. Milanese C, Cavedon V, Corradini G, De Vita F, Zancanaro C. Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. *J Sports Sci.* 2015;33(12):1219–28. DOI:10.1080/02640414.2015.1022573
207. Mascherini G, Gatterer H, Lukaski H, Burtscher M, Galanti G. Changes in hydration, body-cell mass and endurance performance of professional soccer players through a competitive season. *J Sports Med Phys Fitness.* 2015 Jul-Aug;55(7-8):749-55. Epub 2014 Oct. 2015;22–3.
208. Nuccio RP, Barnes KA, Carter JM, Baker LB. Fluid Balance in Team Sport Athletes and the Effect of Hypohydration on Cognitive, Technical, and Physical Performance. *Sport Med.* 2017;47(10):1951–82. DOI:10.1007/s40279-017-0738-7
209. Dalbo V, Robert M, Stout J. Putting to rest the myth of creatine supplementation leading to muscle cramps and dehydration. *Br J Sport Med.* 2008;42:567–73.
210. Gwin JA, Church DD, Wolfe RR, Ferrando AA, Pasiakos SM. Muscle protein synthesis and whole-body protein turnover responses to ingesting essential amino acids, intact protein, and protein-containing mixed meals with considerations for energy deficit. *Nutrients.* 2020;12(8):1–15. DOI:10.3390/nu12082457
211. Dunbar J, Jehanli a, Browne a. Investigating The Use of a Point Of Care Salivary [IgG] Test In The Sporting Environment. 2014;(July 2011):920473.

212. Gozansky WS, Lynn JS, Laudenslager ML, Kohrt WM. Salivary cortisol determined by enzyme immunoassay is preferable to serum total cortisol for assessment of dynamic hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2005;63(3):336–41. DOI:10.1111/j.1365-2265.2005.02349.x
213. Papacosta E, Nassis GP, Gleeson M. Salivary hormones and anxiety in winners and losers of an international judo competition. *J Sports Sci*. 2016;34(13):1281–7. DOI:10.1080/02640414.2015.1111521
214. Pineda-Espejel HA, Trejo M, García KB, Garza KJ, Vázquez-Jiménez G, Machado-Contreras JR, et al. Salivary cortisol response and precompetitive anxiety in swimmers. *Retos*. 2020;83:1–7.
215. Owen A, Wong D, Dunlop G, Groussard C, Kebsi W, Dellal A, et al. High-Intensity Training and Salivary Immunoglobulin A Responses in Professional Top-Level Soccer Players: Effect of Training Intensity. *J Strength Cond Res*. 2016;30(9):2460–9. DOI:10.1519/JSC.0000000000000380
216. Morgans R, Orme P, Anderson L, Drust B, Morton JP. An intensive winter fixture schedule induces a transient fall in salivary IgA in English premier league soccer players. *Res Sport Med*. 2014;22(4):346–54. DOI:10.1080/15438627.2014.944641
217. Gimeno F, Buceta J, Pérez-Llantada M. Influencia de las variables psicológicas en el deporte de competición: evaluación mediante el cuestionario Características psicológicas relacionadas con el rendimiento deportivo. *Psicothema*. 2007;19(4):667–72.
218. Weinberg R, Gould D. *Fundamentos de psicología del deporte y el ejercicio físico*. 4th ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010. 207–220 p.
219. Dunbar J, Jehanli A, Browne A. Investigating The Use of a Point Of Care Salivary cortisol Test In The professional football Environment. *Proc 10th Symp Intl Soc Ex Immunol*. 2014;1–2.
220. Reynoso-Sánchez LF, Flores JRH, García-Dávila M, Taraco AGR, Jaenes Sánchez JC, López-Walle JM, et al. Cortisol y estrés-recuperación durante un periodo competitivo en jugadores de balonmano. *Rev Psicol del Deport*. 2017;26:125–31.
221. Boots AW, Haenen GRMM, Bast A. Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. *Eur J Pharmacol*. 2008;585(2–3):325–37. DOI:10.1016/j.ejphar.2008.03.008
222. Xu D, Hu MJ, Wang YQ, Cui YL. Antioxidant activities of quercetin and its complexes for medicinal application. *Molecules*. 2019;24(6):1123. DOI:10.3390/molecules24061123
223. Riva A, Vitale JA, Belcaro G, Hu S, Feragalli B, Vinciguerra G, et al. Quercetin phytosome® in triathlon athletes: A pilot registry study. *Minerva Med*. 2018;109(4):285–9. DOI:10.23736/S0026-4806.18.05681-1
224. Van Kaer L, Olivares-Villagómez D. Development, Homeostasis, and Functions of Intestinal Intraepithelial Lymphocytes. *J Immunol*. 2018;200(7):2235–44. DOI:10.4049/jimmunol.1701704

225. Tomasello G, Abruzzo A, Sinagra E, Damiani P, Damiani F, Traina G, et al. Nutrition in IBD patient's. What are the prospects?. *Progr Nutr.* 2015;17(2):79-86.
226. Ananthakrishnan AN. Epidemiology and risk factors for IBD. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2015;12(4):205–17. DOI:10.1038/nrgastro.2015.34
227. Madara JL, Stafford J. Interferon-gamma directly affects barrier function of cultured intestinal epithelial monolayers. 1989;83(2):724–7.
228. Tanaka T, Narazaki M, Kishimoto T. IL-6 in Inflammation, Immunity, and Disease. 2014;6(10):a016295. DOI: 10.1101/cshperspect.a016295.
229. Guo Y, Wang B, Wang T, Gao L, Yang Z jun, Wang F fei, et al. Biological characteristics of IL-6 and related intestinal diseases. *Int J Biol Sci.* 2021;17(1):204–19. DOI:10.7150/ijbs.51362
230. Chantler S, Griffiths A, Phibbs P, Roe G, Ramírez-López C, Davison G, et al. The effect of rugby training on indirect markers of gut permeability and gut damage in academy level rugby players. *Eur J Appl Physiol.* 2022;122(12):2545–54. DOI:10.1007/s00421-022-05027-w
231. Perrier C, Corthésy B. Gut permeability and food allergies. *Clin Exp Allergy.* 2011;41(1):20–8. DOI:10.1111/j.1365-2222.2010.03639.x
232. Farré R, Fiorani M, Rahiman SA, Matteoli G. Intestinal permeability, inflammation and the role of nutrients. *Nutrients.* 2020;12(4):1–18. DOI:10.3390/nu12041185

ANEXOS

ANEXO 1: Documento de Consentimiento Informado

Documento di consenso informato

Titolo:

Studi sulla composizione corporea e l'uso di biomarcatori per valutare il processo di recupero post-partita nei calciatori professionisti.

Ricercatori responsabili:

Laureato Antonio Molina López.

Laureato Heliodoro Moya Amaya

Ricercatori responsabili che supervisioneranno, coordineranno e guideranno tutte le procedure della presente ricerca.

Telefono di contatto: 672781737 / E-mail: nutrifarma@centrosnutrifarma.es

Telefono di contatto: 615013083 / E-mail: helimo7@hotmail.com

Direttore della tesi: Dr. Francisco José Berral de la Rosa

Sponsor:

Universidad Pablo de Olavide de Sevilla.

Lo scopo di queste informazioni è di aiutarvi a decidere se partecipare - oppure no - alla ricerca sulla salute e sulle prestazioni. Prendetevi il tempo necessario per decidere, leggete questo documento con attenzione e ponete le domande che desiderate al ricercatore o allo staff di studio responsabile.

Obiettivo della ricerca

Sei stato invitato a partecipare a questo studio come membro della prima squadra dell'Udinese Calcio attraverso il Dipartimento di Nutrizione che sviluppa una serie di strategie per il miglioramento delle prestazioni sportive.

Lo **obiettivo** di questo studio è valutare la composizione corporea durante la stagione e l'uso di biomarcatori per valutare il processo di recupero post-partita.

SIGNOR PARTECIPANTE, È NOSTRO DOVERE INFORMARLA CHE:

Volontariato

La vostra partecipazione a questo studio è completamente volontaria e avete il diritto di non accettare o di ritirarvi dalla ricerca in qualsiasi momento. Il suo rifiuto a partecipare non influenzerà il rapporto finora mantenuto con il Dipartimento Nutrizione dell'Udinese Calcio. Inoltre, siete liberi di decidere se ritirarvi in qualsiasi momento, solo comunicando la vostra decisione al ricercatore responsabile.

Benefici

Non riceverete alcun contributo finanziario per la vostra partecipazione, né vi saranno addebitati i test effettuati durante la vostra partecipazione a questa ricerca. Tuttavia, i benefici che potreste ricevere includono: valutazioni antropometriche, valutazioni dell'impedenza bioelettrica, rapporti sullo stato di salute cellulare, studi sulla densità ossea, saliva, urine e analisi del sangue complete.

Costi

Questa ricerca non ha alcun costo finanziario per voi.

Rischi

L'esecuzione di queste procedure non comporterà alcun rischio, disagio o inconveniente. Strumenti come "bioimpedenziometro", "analizzatore di saliva", "analizzatore di urine", "antropometria" e "assorbitori di raggi X a doppia energia" sono stati utilizzati in precedenti ricerche. Non producono dolore e non portano a danni fisici o psicologici per l'utente. Se dovesse accadere qualcosa, il ricercatore responsabile sarà disponibile ad aiutarvi o a rispondere a qualsiasi domanda.

Si prega di contattare:

Telefono di contatto: 672781737 / E-mail: nutrifarma@centrosnutrifarma.es

Telefono di contatto: 615013083 / E-mail: helimo7@hotmail.com

Durata della ricerca

La durata di questo studio sarà di un anno (12 mesi). Parteciperete settimanalmente e la durata delle procedure di ricerca a cui parteciperete è di circa 30 minuti.

Le procedure di ricerca

Sarete convocati in un giorno e in un'ora specifici e dovrete venire a digiuno.

In primo luogo, dovrete eseguire un test delle urine. La procedura consiste nel fornire l'urina in un contenitore che vi abbiamo dato il giorno prima. Deve essere la prima urina della giornata.

In secondo luogo, deve essere eseguita un'impedenza bioelettrica. La procedura dura circa 5 minuti e deve essere eseguita a piedi nudi. È necessario aver urinato prima del test o ore prima. Questo test consiste nel passaggio di una corrente alternata attraverso il vostro corpo, essendo indolore e che in nessun momento ve ne accorgete.

In terzo luogo, dovrete eseguire un'analisi della saliva. La procedura dura circa 2 minuti e dovrete digiunare. Questo test consiste nella determinazione degli ormoni salivare attraverso un raccoglitore che viene posto in bocca per fornire una lettura dei valori.

In quarto luogo, deve essere effettuata un'analisi antropometrica. La procedura dura circa 10 minuti e deve essere eseguita a stomaco vuoto. Questo test consiste nella determinazione dei parametri antropometrici da parte di un professionista addestrato nella disciplina.

In quinto luogo, durante l'intero periodo dell'indagine dovrebbero essere eseguiti diversi test di assorbimento dei raggi X a doppia energia. La procedura dura circa 5 minuti. Dovrete urinare prima di eseguire il test o ore prima. Questo test consiste nel passaggio di una piccolissima dose di radiazioni ionizzanti per produrre immagini dell'interno del corpo, essendo indolore e che in nessun momento si noterà.

Al sesto posto, il vostro sangue sarà prelevato dal servizio di assistenza della clinica selezionata dal vostro club. Questa procedura può essere scomoda.

Una volta completati i test, i risultati vi saranno forniti sotto forma di rapporto attraverso la vostra e-mail.

Confidenzialità

Le informazioni ottenute saranno utilizzate esclusivamente ai fini di questa ricerca, saranno riservate e i registri saranno conservati presso l'Universidad Pablo de Olavide di Siviglia (Spagna). Solo il ricercatore responsabile e i suoi collaboratori vi avranno accesso. È possibile che i risultati ottenuti siano presentati su riviste e conferenze nell'area di studio, ma il suo nome non sarà conosciuto.

Se in futuro le informazioni ottenute da voi saranno utilizzate per altre ricerche, il vostro permesso sarà nuovamente richiesto con un altro consenso informato.

Sarete informati di tutti i risultati della vostra partecipazione alla ricerca che potrebbero cambiare la vostra decisione di proseguire in questo studio. Il ricercatore può allontanarvi da questa ricerca senza il vostro consenso se ritiene che sia rischioso per voi continuare lo studio.

Questo studio di ricerca sarà condotto secondo i principi etici della Dichiarazione di Helsinki per la ricerca medica che coinvolge soggetti umani, promossa dall'Associazione Medica Mondiale e aggiornata in occasione della sua 64a Assemblea Generale tenutasi a Fortaleza, Brasile, nell'ottobre 2013.

DICHIARAZIONE DI CONSENSO

- Lo scopo di questa indagine, le procedure, i rischi, i benefici e i miei diritti mi sono stati spiegati e posso ritirarmi quando voglio.
- Firmo questo documento volontariamente, senza essere costretto a farlo.
- Non rinuncio ad alcun diritto che potrei avere.
- Sarò informato di qualsiasi nuova informazione relativa allo studio che possa avere una diretta attinenza con il mio stato di salute.
- Al momento della firma, ho ricevuto una copia firmata di questo modulo di consenso.

Data: 1/Luglio/2019

Nome della persona consenziente:

Firma

Ricercatore responsabile: Antonio Molina López.

Firma

Ricercatore responsabile: Heliodoro Moya Amaya

Firma

ANEXO 2: Comité de Ética



Informe Dictamen Favorable Proyecto Investigación Biomédica

C.P. PIS-CC - C.I. 2061-N-21

01 de diciembre de 2021

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

D. Carlos García Pérez
Secretario del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

CERTIFICA

1º. Que el CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío en su reunión del día 21/10/2021, acta CEI VM-VR_06/2021/N ha evaluado la propuesta del promotor referida al estudio:

Título: Estudios de composición corporal mediante métodos de campo y de laboratorio

Código Promotor: PIS-CC **Código Interno:** 2061-N-21

Promotor: Investigador

Versión Protocolo Evaluada: v.1.0-16/09/2021

Versión Hoja Información al Paciente Evaluada: CI / v.1.0-16/09/2021
HIP / v.1.0-16/09/2021

1º. Considera que

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

2º. Por lo que este CEI emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

3º. Este CEI acepta* que dicho estudio sea realizado en los siguientes CEI/Centros por los Investigadores:

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

FRANCISCO JOSE BERRAL DE LA ROSA
Universidad Pablo de Olavide

Al ejecutar este proyecto, el investigador contrae una serie de compromisos con respecto al Comité, que se detallan en el Anexo I.

Lo que firmo en Sevilla, en la fecha reseñada en la firma electrónica.

Fdo: **GARCIA PEREZ** Firmado digitalmente por GARCIA PEREZ

JOSE CARLOS JOSE CARLOS - 52664213D

- 52664213D Fecha: 2021.12.01 15:20:49 +01'00'

D. Carlos García Pérez
Secretario del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

ANEXO I: Compromisos contraídos por el investigador con respecto al Comité de Ética de la Investigación:

Se recuerda al investigador que la ejecución del proyecto de investigación le supone los siguientes compromisos con el Comité:

- Ejecutar el proyecto con arreglo a lo especificado en el protocolo, tanto en los aspectos científicos como en los aspectos éticos.
- Notificar al Comité todas las modificaciones o enmiendas en el proyecto y solicitar una nueva evaluación de las enmiendas relevantes.
- Enviar al Comité un informe final al término de la ejecución del proyecto. Este informe deberá incluir los siguientes apartados:
 - o Indicación del número de registro del proyecto en bases de datos públicas de proyectos de investigación, si procede;
 - o la memoria final del proyecto, semejante a la que se envía a las agencias financiadoras de la investigación;
 - o la relación de las publicaciones científicas generadas por el proyectos;
 - o el tipo y modo de información transmitida a los sujetos del proyecto sobre los resultados que afecten directamente a su salud y sobre los resultados generales del proyecto, si procede;

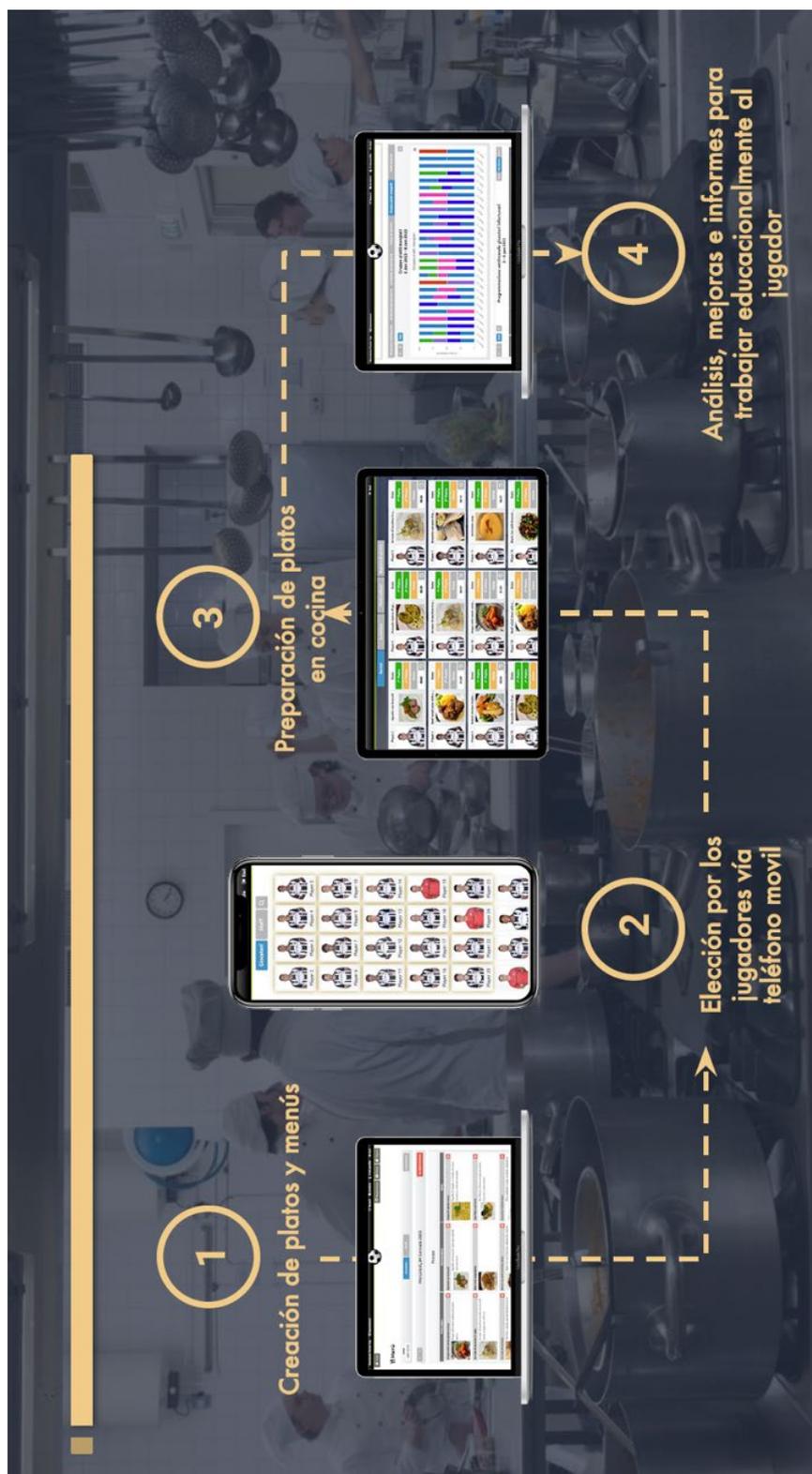
El Comité, dentro del ejercicio de sus funciones, podría realizar el seguimiento aleatorio de los proyectos durante su ejecución o al finalizar el mismo.

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

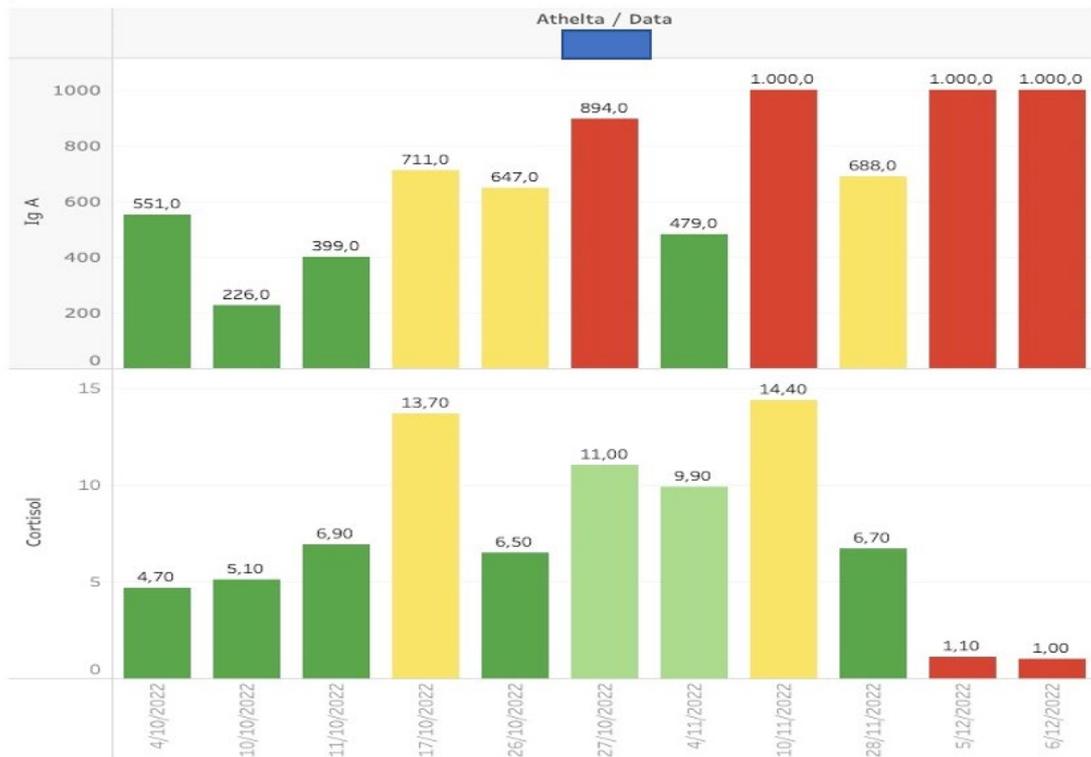
ANEXO II: Composición del CEI

Presidente	Dr. Víctor Sánchez Margalet	Esp. Bioquímica Clínica (H.U. Virgen Macarena)
Vicepresidente	Dra. M ^a Dolores Jiménez Hernández	Esp. Neurología (H.U. Virgen del Rocío)
Secretario Técnico	D. Carlos García Pérez	Ldo. Administración Dirección de Empresas (Fund. Pública Andaluza para la Gestión de la Investigación en Salud de Sevilla – FISEVI)
Vocales	D. Gabriel Ramírez Soto	Esp. Farmacia Hospitalaria (H.U. Virgen Macarena)
	D ^a . M ^a Eugenia Acosta Mosquera	Enfermería (H.U. Virgen Macarena)
	Dr. Enrique Calderón Sandubete	Esp. Medicina Interna (H.U. Virgen del Rocío)
	Dra. Cristina Pichardo Guerrero	Responsable Animalario (Instituto de Biomedicina de Sevilla – IBIS)
	Dr. Javier Vitorica Ferrández	Esp. Bioquímica Clínica (Instituto de Biomedicina de Sevilla – IBIS)
	Dr. Enrique de Álava Casado	Esp. Anatomía Patológica (H.U. Virgen del Rocío)
	D ^a . Eva M ^a Delgado Cuesta	Esp. Farmacia Atención Primaria (DSAP Sevilla Norte-Aljarafe)
	D ^a . Angela Cejudo López	Enfermería (DSAP Sevilla)
	Dr. Amancio Carnero Moya	Esp. Biología Molecular (Instituto de Biomedicina de Sevilla – IBIS)
	Dr. Luis Gabriel Luque Romero	Esp. Medicina Familiar (DSAP Sevilla Norte-Aljarafe)
	Dra. M ^a Pilar Guadix Martín	Esp. Ginecología y Obstetricia (H.U. Virgen Macarena)
	Dr. Antonio Pérez Pérez	Esp. Bioquímica Clínica (H.U. Virgen Macarena)
	Dr. José Sala Turrens	Esp. Documentación Clínica (H.U. Virgen Macarena)
	Dra. M ^a José Carbonero Celis	Esp. Pediatría (H.U. Virgen del Rocío)
	D ^a . M ^a Esperanza Gallego Calvente	Lda. Derecho (Servicio Andaluz de Salud)
	Dra. Ana Melcón de Dios	Esp. Farmacología Clínica (H.U. Virgen Macarena)
	D. Adolfo Barragán García	Esp. Protección de Datos (H.U. Virgen Macarena)
	Dra. Mercedes Delgado Valverde	Esp. Microbiología (H.U. Virgen Macarena)
	D ^a . Sandra Leal González	Lda. Ingeniería Industrial Superior (H.U. Virgen del Rocío)
	Dra. Teresa Molina López	Esp. Farmacia Atención Primaria (DSAP Sevilla)
D ^a . Adriana Rivera Sequeiros	Enfermería (H.U. Virgen Macarena)	
Dr. José Antonio Sánchez Alcazar	Esp. Bioquímica Clínica (Universidad Pablo de Olavide)	
D ^a . Regina Sandra Benavente Cantalejo	Lda. Farmacia (Servicio Andaluz de Salud)	

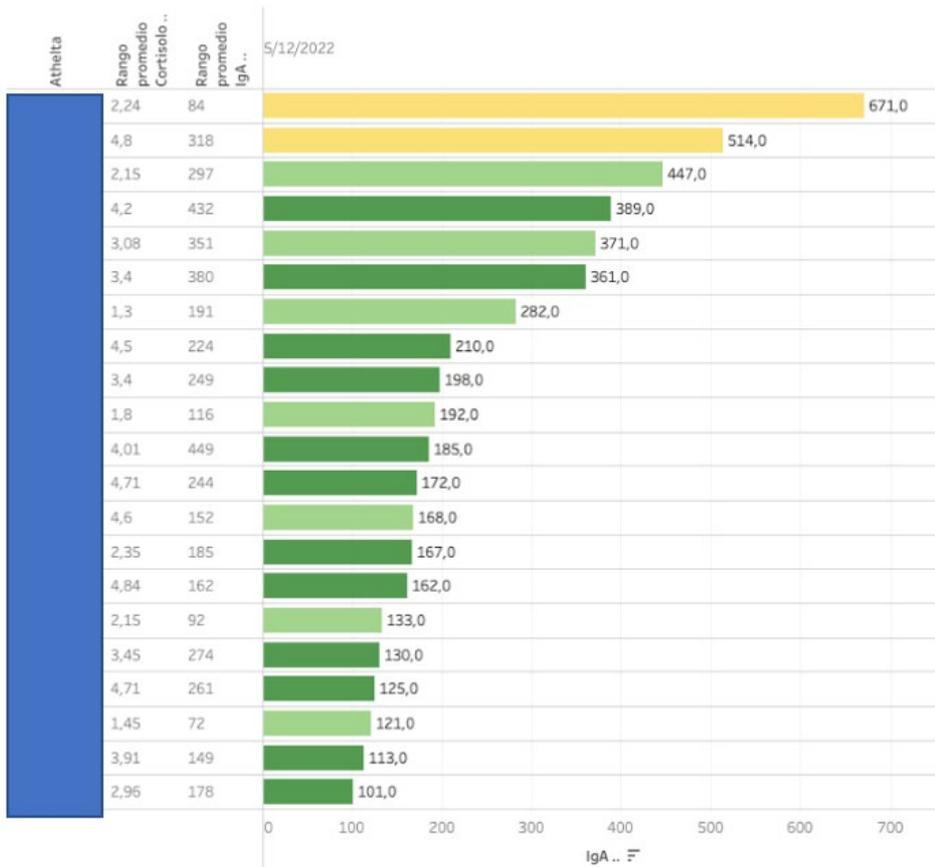
ANEXO 3: Esquema de funcionamiento del software de gestión del área de nutrición



ANEXO 4: Informes IgA y cortisol salivar



EVOLUTIVO TEST SALIVE



ANEXO 5: Informes de composición corporal



VALUTAZIONE PRINCIPALE:

- ✓ MASSA MUSCOLARE DELLE GAMBE
- ✓ MASSA GRASSA



COMMENTI E OBIETTIVI:

11/22	
MASSA MUSCOLARE GAMBE	MASSA GRASSA
✓	✓

EVOLUTIVO DEXA

	Massa grassa (kg)	Intero Regione % grasso	Massa magra gambe (kg)	Massa magra totale (kg)
7/22	7,62	8,95	29,06	73,36
8/22	7,09	8,24	31,55	74,80
9/22	7,57	8,77	31,43	74,54
10/22	8,04	9,01	32,17	76,95
11/22	8,02	9,00	31,16	76,57



PLAYERS WITH VALUES OUTSIDE OF OBJECTIVES

11-2022

TARGET FAT MASS

PLAYER 1	-3,5 kg
PLAYER 2	-2 kg
PLAYER 3	-1 kg

TARGET LEGS MUSCLE MASS

PLAYER 1	+2 kg
PLAYER 2	+1 kg
PLAYER 3	+3 kg
PLAYER 4	+1 kg

ANEXO 6: Informe del Sistema de dosificación personalizada



Informe de plan de posología

PRIMER EQUIPO 22-23

NOMBRE: XXXXXX

Tratamiento de 23/06/2022 al 31/12/2999

Medicamento	Cant.	Hora	
DHA CN : 8437009953167	1	COMIDA Desde : 18/10/2022	Todos los días hasta Sin fecha final
EPAT CN : 333111	1	DESAYUNO Desde : 18/10/2022	Mar Mier hasta Sin fecha final
GLUCOSAMIN & CURCUMIN CN : 928673	1	DESAYUNO Desde : 18/10/2022	Todos los días hasta Sin fecha final
Iron Complex Healthspan CN : 000002	1	DESAYUNO Desde : 18/10/2022	Todos los días hasta Sin fecha final
Pure EPA 1g Healthspan CN : 000001	2	DESAYUNO Desde : 18/10/2022	Todos los días hasta Sin fecha final
Rhodiola CN : 982474	1	DESAYUNO Desde : 18/10/2022	Todos los días hasta 01/12/2022

ANEXO 7: Índices de Calidad. Producción Científica - Período de

- (1) **Molina-López A**, Moya-Amaya H, Estevan-Navarro P, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de La Rosa FJ. Cambios en la Composición Corporal y Ángulo de Fase Durante la Pretemporada en Jugadores de Fútbol Profesional. *Int. J. Morphol.* 2022; 40(2):348-354.
- (2) **Molina-López A**, Lara-Padilla E, Moya-Amaya H, Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, Estevan-Navarro P, Berral-de la Rosa FJ. Effect of post-training and post-match antioxidants on oxidative stress and inflammation in professional soccer players. *Retos* 2022; 43:996-1004.s
- (3) Rojano-Ortega D, **Molina-López A**, Moya-Amaya H, Berral-de la Rosa F. Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review. *Biol Sport.* 2021; 38(1):97-111.
- (4) Moya-Amaya H, Lara-Padilla E, Rojano-Ortega D, **Molina-López A**, Berral-Aguilar AJ, Berral-de la Rosa CJ, Berral-de la Rosa FJ. Effects of three months of vitamin D, creatine, and polyunsaturated fatty acids supplementation in body composition and biochemical parameters in professional soccer players. *Med Sport.* 2021; 74(4):630-641.
- (5) Moya-Amaya H, **Molina-López A**, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de la Rosa CJ, Berral-de la Rosa FJ. Bioelectrical phase angle, muscle damage markers and inflammatory response after a competitive match in professional soccer players. *Pol J Sports Tourism.* 2021; 28(2):8-13.
- (6) Moya-Amaya H, **Molina-López A**, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de La Rosa FJ. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.* 2022; 40(2):327-333.
- (7) Berral-Aguilar AJ, Méndez-Rebolledo G, Rojano-Ortega D, Moya-Amaya H, **Molina-López A**, Berral de la Rosa FJ. Valoración del Impacto del Confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la Composición Corporal de una Población de Futbolistas de Élite. *Int. J. Morphol.* 2021; 39(4):1088-1095.

	Revista	Impact Factor JCR	Quartil JCR	SJR Scimago Scopus	Quartil Scimago Scopus
(1)	International Journal of Morphology	0,504	Q4	0,179	Q4
(2)	Retos	-	-	0,319	Q3
(3)	Biology of Sport	4,606	Q1	1,043	Q1
(4)	Medicine Dello Sport	0,722	Q4	0,178	Q4
(5)	Polish Journal of Sport and Tourism	-	-	0,448	Q2
(6)	International Journal of Morphology	0,504	Q4	0,179	Q4
(7)	International Journal of Morphology	0,504	Q4	0,179	Q4

ANEXO 7.1. Artículo 1

Molina-López A, Moya-Amaya H, Estevan-Navarro P, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de La Rosa FJ.

“Cambios en la Composición Corporal y Ángulo de Fase Durante la Pretemporada en Jugadores de Fútbol Profesional”.

International Journal of Morphology (Int. J. Morphol.) 2022; 40(2):348-354.

ISSN: 0717-9502

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge

Category: ANATOMY & MORPHOLOGY

Factor de Impacto en 2021: 0,504. Rank in Anatomy & Morphology Journals (año 2021): 20 de 21. 4° Q - 3°T

DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000200348>



Int. J. Morphol.,
40(2):348-354, 2022.

Cambios en la Composición Corporal y Ángulo de Fase Durante la Pretemporada en Jugadores de Fútbol Profesional

Changes in Body Composition and Phase Angle During
Pre-Season in Professional Soccer Players

Antonio Molina-López¹; Heliodoro Moya-Amaya²; Pedro Estevan-Navarro¹; Antonio Jesús Berral-Aguilar²;
Daniel Rojano-Ortega² & Francisco José Berral-de la Rosa²

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

RESUMEN: El análisis y el control de la composición corporal son claves en el fútbol por su implicación en el rendimiento. El objetivo de este estudio fue identificar, en jugadores de fútbol profesional, el ángulo de fase (PhA) de miembros inferiores con los posibles patrones de mejora del componente magro en los mismos medido por DEXA. Al mismo tiempo, se estudió mediante BIA la evolución de parámetros hídricos de los jugadores, sometidos a un entrenamiento intenso y a un control nutricional de su alimentación y suplementación. Se evaluaron a 18 jugadores (26,28 ± 5,1 años; 85,09 ± 9,16 kg; 185,5 ± 4,32 cm) de un equipo de la primera división de fútbol italiana. Se llevó a cabo el estudio durante cuatro semanas, entre el 11 de julio (pre-test) y el 11 de agosto de 2021 (post-test). La intervención se llevó a cabo en su totalidad en pretemporada, con un confinamiento en modalidad de aislamiento o burbuja total por prevención al contagio del COVID-19, donde se monitorizaba en un alto porcentaje la vida del jugador, incluyendo factores como la alimentación, el entrenamiento y el descanso. La suplementación estuvo basada en antioxidantes, multivitamínicos, minerales y ácidos grasos poliinsaturados y dos productos en polvo (uno a base de creatina, glutamina y leucina, y otro, a base de aminoácidos esenciales). Los jugadores presentaron una mejora del PhA y del componente magro en los miembros inferiores, con una moderada correlación ($r = 0,6$). Con respecto al agua intracelular y extracelular, señalar que, a pesar de la alta intensidad del ejercicio durante cuatro semanas, éstas se han mantenido constantes sin presentar variaciones significativas durante el periodo de estudio, lo que indica que no se ha producido un proceso de deshidratación del jugador.

PALABRAS CLAVE: Masa magra; BIA, DEXA; Rendimiento; Fútbol.

INTRODUCCIÓN

El análisis y el control de la composición corporal (CC) son claves en el deporte, y sobre todo en el fútbol, por su implicación en la salud y en el rendimiento. La masa magra es un predictor de la salud muscular (Castizo-Olier *et al.*, 2018).

De los métodos de laboratorio, la Absorciometría Dual de Rayos-X (DEXA), modelo de tres compartimientos, es considerada la más adecuada para determinar la CC, aunque presenta varias desventajas como el costo del equipamiento y la necesidad de técnicos cualificados para analizar los resultados.

Otra herramienta útil para medir la CC es la Impedancia Bioeléctrica (BIA), la cual es rápida, segura y no invasiva. La BIA multifrecuencia es la más utilizada para la medición de los fluidos corporales (Moon, 2013). La BIA nos aporta información acerca de la resistencia (R) u oposición que ofrecen los tejidos al paso de una corriente eléctrica de tipo alterno, siendo ésta, inversa al contenido de agua y electrolitos, y la reactancia (Xc), u oposición que ofrecen las membranas celulares al paso de la corriente, lo que a su vez nos permite determinar el estado de integridad de las células (Di Vincenzo *et al.*, 2019).

¹ Departamento de Nutrición del Udinese Calcio SpA, Udine, Italia.

² Grupo de Investigación CTS-595. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. España.

Recibido: 2022-01-06 Aceptado: 2022-02-15

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

Uno de los valores interesantes que aporta la BIA es el ángulo de fase (PhA) [$\text{PhA} = \arctan(Xc/R * 180/\pi)$] (Baumgartner *et al.*, 1988). El PhA expresa cambios en la cantidad y la calidad de la masa de los tejidos blandos. Hay estudios en los que se manifiesta la utilidad del PhA en atletas (Marini *et al.*, 2020). Se ha observado que el PhA está asociado con la fuerza muscular, por lo que es de interés estudiar cómo varía la ratio Agua Intracelular (AIC) y agua Extracelular (AEC), así como la masa celular corporal (MCC) (Di Vincenzo *et al.*), habiéndose publicado estudios recientes que correlacionan positivamente el PhA, el AIC y índice AIC/AEC (Marini *et al.*).

El PhA también es interesante en el ámbito del deporte de alto rendimiento y, sobre todo, en el fútbol, donde la suplementación está presente en el día a día. Los deportistas ingieren una alta tasa de suplementos, como ya observó el comité de expertos de la UEFA (Collins *et al.*, 2021). Concretamente el uso de creatina y de aminoácidos esenciales, sobre todo la leucina, se ha descrito como eficaz en la ganancia de masa muscular, así como de ayuda a la recuperación tras los entrenamientos intensos (Church *et al.*, 2020).

Además, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un método de control de la carga muy utilizado para monitorizar el rendimiento de los entrenamientos y los partidos (Aughey, 2011), sobre todo en deportes de campo como el fútbol. Clemente *et al.* (2020) afirman que la distribución de la carga en pretemporada fue superior a la de temporada, por lo que el control y evolución del jugador en este periodo podría ser clave.

El objetivo de este estudio es identificar el PhA de los miembros inferiores con los posibles patrones de mejora del componente magro en los mismos me-

do por DEXA durante la pretemporada en un equipo de fútbol profesional. Al mismo tiempo, se estudia la evolución de parámetros hídricos (AIC y AEC) de los jugadores, sometidos a un entrenamiento intenso en la pretemporada y a un control de su alimentación y suplementación.

Tabla I. Características generales de los sujetos al inicio del estudio. n=18

Variable	Media \pm DE
Edad (años)	26,28 \pm 5,1
Peso (kg)	85,09 \pm 9,16
Estatura (cm)	185,5 \pm 4,32

DE. Desviación Estándar.

MATERIAL Y MÉTODO

Participantes. La muestra del estudio fue de 23 jugadores del equipo Udinese Calcio, equipo de la primera división italiana de fútbol (Serie A). Se han eliminado cinco jugadores de la muestra al estar sometidos a un entrenamiento diferenciado o un periodo de lesión, por lo que la muestra final fue de 18 sujetos (Tabla I).

Procedimientos. Se llevó a cabo un estudio longitudinal durante cuatro semanas, entre el 11 de julio (pre-test) y el 11 de agosto de 2021 (post-test).

Durante el periodo de intervención, los jugadores realizaron una planificación del entrenamiento en las que el equipo de nutrición, además de controlar la alimentación de los jugadores, pautaba su suplementación orientada a la adaptación a las cargas de entrenamiento, desarrollo del componente muscular, el control de la inflamación y el efecto oxidativo subyacente. La intervención se llevó a cabo en su totalidad en pretemporada, con un confinamiento en Austria, en un hotel con instalaciones deportivas, en modalidad de aislamiento o burbuja total por prevención al contagio del COVID-19, donde se monitorizaba en un alto porcentaje la vida del jugador, incluyendo factores como la alimentación, el entrenamiento y el descanso.



Fig. 1. Datos de GPS. Distancia en metros (m), energía consumida en Julios por kilogramo (J/kg), potencia metabólica en vatios por kilogramo (W/kg). Expresados en valores medios del grupo por semana en el periodo de intervención (pretemporada). n = 18.

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

El entrenamiento controlado por el staff técnico mediante GPS se muestra en la Figura 1, con un control sobre la carga de entrenamiento aeróbico durante el periodo establecido.

Las semanas de entrenamiento estaban constituidas por diez sesiones de entrenamiento aeróbico en el campo de fútbol y tres sesiones de entrenamiento de fuerza en gimnasio. La distancia media recorrida por semana por cada jugador fue de 43.875,5 metros, la energía media desarrollada por cada jugador fue de 184.608 J/kg de peso y la potencia metabólica, en los entrenamientos aeróbicos, 5,65 W/kg.

La suplementación a cada jugador fue administrada a diario mediante una dosificación personalizada (SPD) en un sistema de bolsas fabricado por el robot de dosificación TIMEDI JV-DEN. La suplementación estuvo basada en antioxidantes, multivitamínicos, minerales y ácidos grasos poliinsaturados, emblistados en el sistema SPD, combinado con estrategias orales en forma de polvo para disolución (cantidad de dosis 1 sobre) compuestos por creatina (3 g), glutamina (1 g) y leucina (1 g) y otro producto, compuesto por aminoácidos esenciales y minerales, ambos productos elaborados por un fabricante italiano según las especificaciones marcadas por el área de nutrición del club. Tabla II.

El menú diario ha sido elaborado por el área de nutrición y ejecutado por los cocineros del club. El menú contenía de manera aproximada un 50-55 % de carbohidratos; 20-25 % de ingesta de proteína y 25 % de ingesta de grasa, para de esta manera, asegurar una ingesta aproximada de 5-7 g de hidratos de carbono por kg de peso corporal, y una ingesta superior a 1,6 g de proteína por kg de peso corporal, mostrando especial atención en las ingestas post entrenamiento y post partido. Debido a que los jugadores seguían una dieta alta en proteínas, no se consideró necesaria la incorporación de suplementos proteicos post entrenamiento para maximizar las ganancias de masa muscular, como ya estudiaron Morton *et al.* (2019), los cuales vieron que no se encontraban mejoras con la suplementación con proteínas en deportistas si ya consumían suficiente proteína diaria (1,6 g/kg de peso y día).

Recolección de datos. Todos los jugadores fueron evaluados mediante DEXA y BIA. Para la DEXA se utilizó el equipo modelo Prodigy Lunar y el Software GE HealthCare (Madison, WI). Para la toma de las variables correspondientes a la BIA, se utilizó un impedanciómetro multifrecuencia, octopolar y segmental, de marca TANITA y modelo MC 780-MA (Tanita Corp., Tokio, Japón).

Para ambos métodos antropométricos de laboratorio se siguieron las mismas condiciones de estandarización, pero

Tabla II. Ingredientes del producto 2.

Ingredientes	Cantidad por dosis (2 sobres)
L-leucina	1640 mg
L-lisina	1260 mg
L-valina	1092 mg
L-isoleucina	840 mg
L-treonina	630 mg
L-fenilalanina	524 mg
L-tirosina	524 mg
L-histidina	420 mg
L-metionina	315 mg
L-cisteína	315 mg
L-triptófano	168 mg
Vitamina D3	3,0 µg (60% VNR)
Vitamina K2	45 µg (60% VNR)
Vitamina C	48 mg (60% VNR)
Tiamina (vit. B1)	0,66 mg (60% VNR)
Ribo flavina (vit. B2)	0,84 mg (60% VNR)
Piridoxina (vit. B6)	0,84 mg (60% VNR)
Cobalamina (vit. B12)	1,5 µg (60% VNR)
Potasio	600 mg (30% VNR)
Calcio	240 mg (30% VNR)
Magnesio	112,5 mg (30% VNR)
Zinc	3,0 mg (30% VNR)

VNR. Valor nutritivo de referencia.

realizando la medición de DEXA con el sujeto en posición de decúbito supino y la BIA en bipedestación, con los sujetos en ayunas, en una sala con control de temperatura (23 °C a 25°C), en las condiciones fisiológicas de no haber consumido líquidos y alimentos seis horas antes de la prueba, ni haber consumido alcohol, ni realizado deporte de alta intensidad en las doce horas previas, así como haber miccionado previamente y estar en reposo durante cinco minutos antes de la medición.

Las medidas iniciales y finales de DEXA y BIA se realizaron los mismos días. La primera medida se llevó a cabo en todos los jugadores los días 10 y 11 de Julio de 2021, justo al volver del periodo de vacaciones. La segunda se realizó los días 11 y 12 de agosto de 2021, justo al terminar el periodo en Austria y completando el periodo de pretemporada. Mediante DEXA se obtuvo la masa magra en ambos miembros inferiores, siendo el componente magro (MMp) la suma de los mismos. Para BIA, los valores obtenidos fueron PhA, Agua Corporal Total (ACT), AEC y AIC. El PhA corresponde al valor medio de ambos miembros inferiores a una frecuencia de 50kHz.

Análisis estadístico. Se realizó con el paquete de software SPSS para Windows, v. 25.0 (SPSS Inc., EE.UU.). Se efectuó una primera estadística descriptiva de las variables del estudio en el pre-test y en el post-test. Para comprobar la normalidad se realizó el test de Shapiro-Wilk. Como todas las

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

variables siguieron una distribución normal, se usó el test t de Student para muestras relacionadas a fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre el pre-test y el post-test. Además, se calculó la d de Cohen para conocer el tamaño del efecto y se interpretó de acuerdo al siguiente criterio: mínimo efecto (<0.20), efecto pequeño (0.20-0.50), efecto moderado (0.50-0.80), efecto grande (> 0.80). Finalmente, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar si existía una relación entre la variación experimentada en el PhA y la variación experimentada en MMp. Se interpretó el coeficiente de correlación de acuerdo con el criterio propuesto por Hopkins: $r < 0.1$, trivial; $0.1 < r \leq 0.3$, débil; $0.3 < r \leq 0.5$, moderado; $0.5 < r \leq 0.7$, fuerte; $0.7 < r \leq 0.9$, muy fuerte; and $r > 0.9$, casi perfecto. Los resultados fueron considerados significativos para una $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la Tabla III se muestran las medias de las variables estudiadas justo antes y después del período de pretemporada. Vemos que, de media, los jugadores presentaban algo menos de 18 kg (21,07 % del peso total) en el contenido de AEC, así como unos 35 kg en el AIC (41,57 % del peso total). En cuanto al índice de AIC/AEC presentan valores cercanos a dos, lo que quiere decir que, por cada kg de componente hídrico extracelular, presentan casi 1,97 kg del intracelular. En cuanto a la MMp, vemos como presentan algo más de 27 kg en el inicio del período, evolucionando de manera positiva hasta llegar al final del período con más de dos kg de ganancia de masa magra (2,144 kg), cambio estadísticamente significativo. El PhA mejora también significativamente tras el período de pretemporada, lo que nos indica que ha mejorado la integridad y la salud celular.

Además, se han observado fluctuaciones en los componentes hídricos (AEC, AIC y ACT), pero ninguno de ellos

presenta un cambio estadísticamente significativo. Por otro lado, la correlación que obtuvimos del PhA y la MMp fue moderada ($r = 0,601$) (Fig. 2).

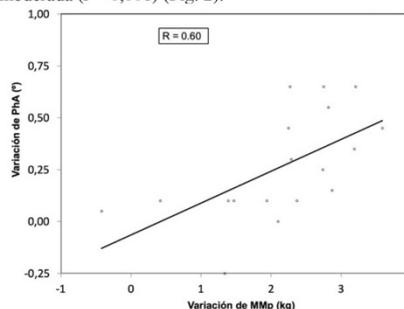


Fig. 2. Diagrama de dispersión y recta de ajuste de la variación de ángulo de fase (PhA) y Masa Magra de los miembros inferiores (MMp).

DISCUSIÓN

En este estudio se ha analizado el comportamiento del PhA obtenido por BIA con las posibles mejoras del componente magro en miembros inferiores evaluado por DEXA, así como conocer la evolución de los parámetros hídricos obtenidos por BIA de los jugadores de un equipo de fútbol profesional, que estaban sometidos a un entrenamiento intenso en pretemporada y a un control nutricional completo de dieta y suplementación. Se ha observado un cambio significativo en el PhA y en la MMp, con una correlación moderada entre ellas. En cambio, los parámetros hídricos no sufrieron cambios estadísticamente significativos.

Distintos estudios concluyen que la BIA es una técnica de laboratorio fiable para estimar la CC, y que puede ser

Tabla III. Medias y desviaciones típicas de las variables del estudio obtenidas por BIA y DEXA. Diferencias significativas y tamaño del efecto.

Parámetros	Pre Media ± DE	Post Media ± DE	p-valor	Tamaño del efecto D de Cohen
AEC (kg)	17,93 ± 1,23	17,87 ± 1,07	0,310	-0,05
AIC (kg)	35,37 ± 4,4	35,52 ± 3,76	0,607	0,04
ACT (kg)	53,31 ± 5,59	53,37 ± 4,60	0,874	0,01
AIC/AEC (kg)	1,97 ± 0,12	1,98 ± 0,10	0,186	0,09
AIC/ACT (kg)	0,66 ± 0,01	0,66 ± 0,01	0,111	0,00
PhA (°)	7,28 ± 0,73	7,54 ±	0,000	0,35
MMp (kg)	27,52 ± 4,21	29,66 ±	0,000	0,52

AEC, Agua Extracelular; AIC, Agua Intracelular; ACT, Agua Corporal Total; AIC/AEC, Índice Agua Intracelular/Agua Extracelular; AIC/ACT, Índice Agua Intracelular/Agua Corporal Total; PhA, Ángulo de fase en grados; MMp, Masa Magra en piernas obtenida por DEXA; DE, Desviación Estándar. *Diferencias significativas entre el pre y post. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

útil para medir de manera aislada a los deportistas o para hacer un seguimiento a largo plazo (Moon). Además, se ha observado que el PhA obtenido por este método está relacionado con la integridad y salud celular (Cunha *et al.*, 2018; Di Vincenzo *et al.*). Del mismo modo los índices hídricos de los componentes de agua corporal total (AIC y AEC) y la MCC están relacionados con el PhA, por lo que podría ser interesante ser estudiados en deportistas de élite (Marini *et al.*).

Como argumentaron Mundstock *et al.* (2019) en su metaanálisis, el ejercicio está relacionado con una mejora del PhA, pudiendo ser utilizado éste como un marcador de rendimiento físico. En el ámbito del deporte y del alto rendimiento, estudios muy recientes como los de Da Silva *et al.* (2022) concluyen que existe una relación entre el estrés oxidativo y la inflamación derivada de la práctica deportiva y el PhA. Esto abre una ventana más sobre la utilidad del PhA como herramienta de medición del deportista profesional.

Barbosa-Silva *et al.* (2005) presentaron valores de referencia del PhA de cuerpo completo para población normal, siendo su muestra, hombres y mujeres sanos categorizados por edad. Los varones entre 20-29 años poseen un PhA de 8,02, lo que consideramos excesivo y algo superior a la media, si bien los instrumentos de medida fueron diferentes (BIA monofrecuencia a 50 kHz).

El valor medio del PhA en miembros inferiores de nuestros deportistas (7,28 pre-test y 7,54 en el post-test) es ligeramente superior a otros estudios realizados con deportistas de élite, como los que observaron Yáñez-Sepúlveda *et al.* (2021) de 7,1 en una muestra de saltadores de élite de paracaidismo. Otros autores como Hernández-Jaña *et al.* (2021) observaron en mujeres, que el entrenamiento tanto de fuerza como de resistencia, mejoraba el PhA en todos los segmentos del cuerpo, al mismo tiempo que disminuía la grasa y aumentaba la masa muscular.

En nuestro estudio analizamos el PhA de los miembros inferiores, puesto que se ha demostrado recientemente que los cambios de este parámetro están más fuertemente relacionados con el rendimiento que los valores del PhA de cuerpo completo en jugadores de fútbol profesional de primera división (Bongiovanni *et al.*, 2021).

Autores como Berral-Aguilar *et al.* (2021) observaron, en una muestra similar, el efecto del confinamiento sobre la CC debido a la pandemia, concluyendo que la CC no empeoró, aunque sí lo hizo el PhA, por lo que el entrenamiento de alta intensidad controlado por GPS (Aughey; Clemente *et al.*, 2020), junto al control de la alimentación y suplementación de los jugadores, pudo ser el factor determinante en la evolución positiva del PhA en nuestra población.

Además, también se ha contemplado el estudio del PhA como un predictor de daño muscular e inflamación en jugadores de las mismas características, como ya describieron Moya-Amaya *et al.* (2021) concluyendo que podría ser de interés debido a que los cambios en éste se mantienen incluso 36 horas tras el ejercicio.

En nuestro estudio se emplearon las dosis recomendadas en la suplementación diaria como establecieron Collins *et al.* en la declaración del grupo de expertos de la UEFA, lo que apoya la reducción del componente inflamatorio y la mejora del PhA. La estrategia de suplementación orientada al control de la inflamación, provocada por una actividad física intensa, como la que se realiza en fútbol, fue demostrada por Molina-López *et al.* (2022), los cuales administraron antioxidantes post-ejercicio obteniendo una reducción de los parámetros relacionados con el estrés oxidativo.

Es cierto que los jugadores de fútbol profesional que inician la pretemporada mejoran en sus parámetros de CC, fundamentalmente porque vienen de un período vacacional en el que han perdido componente muscular y, por tanto, poseen un mayor margen de mejora. Hay estudios que describen cambios en la CC no uniformes en los resultados obtenidos en la pretemporada (Devlin *et al.*, 2017; Owen *et al.*, 2018; Clemente *et al.*, 2019); no obstante, en nuestro caso el trabajo de pretemporada ha estado centrado en recuperar la performance del jugador, con el objetivo de mejorar sus valores de máximo rendimiento, lo que pensamos hemos conseguido basados en el control de la vida del jugador en este período, entrenamiento, dieta y suplementación, que explicaría en nuestro caso la mejora de la CC.

Al igual que observamos en nuestros deportistas, Milanese *et al.* (2015) utilizando DEXA, han observado un aumento de la masa magra durante la temporada, respecto a los valores iniciales de pretemporada, siendo independientes los valores de la posición de juego. Además, los cambios fueron más significativos en los miembros inferiores. Estos autores concluyen que la DEXA puede ser una herramienta de monitoreo muy útil para profesionales de la actividad física a fin de valorar la CC del jugador.

Este tipo de evolución en la CC es habitual en otros deportes colectivos con alto contenido en acciones de alta intensidad y/o aceleraciones/desaceleraciones como puede ser el rugby (Mascherini *et al.*, 2015).

Los cambios en la composición hídrica del jugador también han sido descritos en la literatura. Aunque algunos autores como Marini *et al.* hallaron una correlación negativa entre el PhA y el Índice AEC/AIC, nuestro estudio no mostró una correlación significativa entre estos parámetros.

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

Mascherini *et al.* observaron que durante la pretemporada aumentó el AIC y AEC, argumentando que esto podría haber sucedido por la expansión del volumen plasmático. Además, afirman que el PhA aumentó considerablemente, así como la MCC durante la temporada. Estos datos entran en controversia con los obtenidos en nuestro estudio, ya que nuestra muestra mantuvo el AIC y el AEC casi estables durante todo el período de pretemporada, sin presentar variaciones significativas, aunque sí hemos encontrado mejoras significativas del PhA, coincidiendo con lo aportado por Mascherini *et al.* y Micheli *et al.* (2014). Señalar que el estudio de Mascherini *et al.* se realizó en jugadores de cuarta división mientras, que nuestra muestra era de primera división.

Por último, en nuestro estudio observamos un incremento significativo del componente magro en los miembros inferiores, ganancia que no fue acompañada de un aumento significativo de AIC y AEC. Con el entrenamiento intenso, y en el caso de no intervención, se esperaría una deshidratación intracelular (Nuccio *et al.*, 2017). Esto no ha acontecido en nuestra población que ha mantenido los niveles hídricos, posiblemente por el efecto de la creatina que ha demostrado disminuir el riesgo de deshidratación durante el ejercicio (Dalbo *et al.*, 2008), ya que se ha observado que esta puede producir ganancia de peso por retención de agua debido al aumento del glucógeno muscular (Maughan *et al.*, 2018), así como el efecto sobre la ganancia a nivel muscular de la leucina (Church *et al.*) contenida en uno de los suplementos administrados.

Limitaciones. Se debe tener en cuenta que nuestros resultados no se pueden comparar con los obtenidos a partir de mediciones realizadas con dispositivos DEXA y/o de BIA de un modelo distinto al especificado. Otra de las limitaciones es el reducido número de referencias bibliográficas que hacen referencia al PhA en miembros inferiores, por lo que se trata de una nueva línea de investigación que está demostrando este último año su potencialidad en deportes como el fútbol.

CONCLUSIONES

En nuestro estudio de pretemporada, en el que los jugadores estuvieron sometidos a un programa de entrenamiento de alta intensidad, un control de la alimentación y la administración de suplementos, se produjo la mejora del PhA y del componente magro en los miembros inferiores, por lo que consideramos que el protocolo seguido es útil para implementarlo como programa de pretemporada en un equipo de fútbol profesional.

Con respecto al AIC y AEC, señalar que, a pesar de la

alta intensidad del ejercicio durante cuatro semanas, estas se han mantenido estables durante el período de estudio, sin que se haya producido un proceso de deshidratación del jugador.

En este estudio se han obtenido resultados positivos empleando una combinación de suplementos consistente en aminoácidos esenciales, entre ellos aminoácidos de cadena ramificada, junto a glutamina, creatina, vitaminas y minerales. Por esta razón, sería interesante que nuevas líneas de investigación se centrasen en el uso de esta suplementación frente a la administración de concentrados y/o aislados de proteínas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Club Udinese Calcio S.p.A. por su apoyo técnico y participación en la investigación.

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Changes in body composition and phase angle during pre-season in professional soccer players. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

SUMMARY: The analysis and control of body composition is essential in soccer due to its implication in performance. The aim of this study was to identify, in professional soccer players, the phase angle (PhA) of the lower limbs with possible patterns of improvement of the lean component measured by DEXA. At the same time, the evolution of hydric parameters of the players, subjected to intense training and nutritional control of their diet and supplementation, was studied by means of BIA. Eighteen players (26.28 ± 5.1 years; 85.09 ± 9.16 kg; 185.5 ± 4.32 cm) from an Italian first division football team were evaluated. The study was conducted for four weeks, between 11th July (pre-test) and 11th August of 2021 (post-test). The intervention was carried out entirely in pre-season, with confinement in isolation or total bubble mode for prevention of COVID-19 infection, where a high percentage of the player's life was monitored, including factors such as diet, training and rest. Supplementation was based on antioxidants, multivitamins, minerals and polyunsaturated fatty acids and two powdered products (one based on creatine, glutamine and leucine, and the other one, on essential amino acids). The players showed an improvement in PhA and in the lean component in the lower limbs, with a moderate correlation ($r = 0.6$). With regard to intracellular and extracellular water, it should be noted that, despite the high intensity of exercise during four weeks, these have remained constant without significant variations during the study period, indicating that there has not been a process of dehydration of the player.

KEY WORDS: Lean mass; BIA; DEXA; Performance; Soccer.

MOLINA-LÓPEZ, A.; MOYA-AMAYA, H.; ESTEVAN-NAVARRO, P.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Cambios en la composición corporal y ángulo de fase durante la pretemporada en jugadores de fútbol profesional. *Int. J. Morphol.*, 40(2):348-354, 2022.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aughey, R. J. Applications of GPS technologies to field sports. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 6(3):295-310, 2011.
- Barbosa-Silva, M. C.; Barros, A. J.; Wang, J.; Heymsfield, S. B. & Pierson Jr, R. N. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am. J. Clin. Nutr.*, 82(1):49-52, 2005.
- Baumgartner, R. N.; Chumlea, W. C. & Roche, A. F. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 48(1):16-23, 1988.
- Berral-Aguilar, A. J.; Méndez-Rebolledo, G.; Rojano-Ortega, D.; Moya-Amaya, H.; Molina-López, A. & Berral de la Rosa, F. J. Assessment of the impact of confinement by SARS-CoV-2 on the body composition of elite soccer players. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-95, 2021.
- Bongiovanni, T.; Treccani, A.; Rossi, A.; Iaia, F.M.; Pasta, G. & Campa, F. Association between change in regional phase angle and jump performance: a pilot study in serie A soccer players. *Eur. J. Investig. Health Psychol. Educ.*, 11(3):860-5, 2021.
- Castizo-Olier, J.; Iruiria, A.; Jemni, M.; Carrasco-Marginet, M.; Fernández-García, R. & Rodríguez, F. A. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *PLoS One*, 13(6):e0197957, 2018.
- Church, D. D.; Hirsch, K. R.; Park, S.; Kim, I. Y.; Gwin, J. A.; Pasiakos, S. M.; Wolfe, R. R. & Ferrando, A. A. Essential amino acids and protein synthesis: insights into maximizing the muscle and whole-body response to feeding. *Nutrients*, 12(12):3717, 2020.
- Clemente, F. M.; Nikolaidis, P. T.; Rosemann, T. & Knechtel, B. Dose-response relationship between external load variables, body composition, and fitness variables in professional soccer players. *Front. Physiol.*, 10:443, 2019.
- Clemente, F. M.; Silva, R.; Castillo, D.; Los Arcos, A.; Mendes, B. & Afonso, J. Weekly load variations of distance-based variables in professional soccer players: a full-season study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(9):3300, 2020.
- Collins, J.; Maughan, R. J.; Gleeson, M.; Bilborough, J.; Jeukendrup, A.; Morton, J. P.; Phillips, S. M.; Armstrong, L.; Burke, L. M.; Close, G. L.; et al. UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *Br. J. Sports Med.*, 55(8):416, 2021.
- Cunha, P. M.; Tomeleri, C. M.; Nascimento, M. A. D.; Nunes, J. P.; Antunes, M.; Nabuco, H. C. G.; Quadros, Y.; Cavaleante, E. F.; Mayhew, J. L.; Sardinha, L. B.; et al. Improvement of cellular health indicators and muscle quality in older women with different resistance training volumes. *J. Sports Sci.*, 36(24):2843-8, 2018.
- Da Silva, B. R.; Gonzalez, M. C.; Cereda, E. & Prado, C. M. Exploring the potential role of phase angle as a marker of oxidative stress: A narrative review. *Nutrition*, 93:111493, 2022.
- Dalbo, V. J.; Roberts, M. D.; Stout, J. R. & Kerksick, C. M. Putting to rest the myth of creatine supplementation leading to muscle cramps and dehydration. *Br. J. Sports Med.*, 42(7):567-73, 2008.
- Devlin, B. L.; Kingsley, M.; Leveritt, M. D. & Belski, R. Seasonal changes in soccer players' body composition and dietary intake practices. *J. Strength Cond. Res.*, 31(12):3319-26, 2017.
- Di Vincenzo, O.; Marra, M. & Scalfi, L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 16(1):49, 2019.
- Hernández-Jaña, S.; Abarca-Moya, D.; Cid-Pizarro, I.; Gallardo-Strelow, J.; González-Pino, Y.; Zavala-Crichton, J. P.; Olivares-Arancibia, J.; Mahecha-Matsudo, S. & Yáñez-Septúlveda, R. Effects of a concurrent training protocol on body composition and phase angle in physically inactive young women: A quasi-experimental intervention study. *Int. J. Morphol.*, 39(6):1600-8, 2021.
- Marini, E.; Campa, F.; Buffa, R.; Stagi, S.; Matias, C. N.; Toselli, S.; Sardinha, L. B. & Silva, A. M. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clin. Nutr.*, 39(2):447-54, 2020.
- Mascherini, G.; Gatterer, H.; Lukaski, H.; Burtcher, M. & Galanti G. Changes in hydration, body-cell mass and endurance performance of professional soccer players through a competitive season. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 55(7-8):749-55, 2015.
- Maughan, R. J.; Burke, L. M.; Dvorak, J.; Larson-Meyer, D. E.; Peeling, P.; Phillips, S. M.; Rawson, E. S.; Walsh, N. P.; Garthe, I.; Geyer, H.; et al. IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 28(2):104-25, 2018.
- Micheli, M. L.; Pagani, L.; Marella, M.; Gulisano, M.; Piccoli, A.; Angelini, F.; Burtcher, M. & Gatterer, H. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 9(3):532-9, 2014.
- Milanese, C.; Cavedon, V.; Corradini, G.; De Vita, F. & Zancanaro, C. Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. *J. Sports Sci.*, 33(12):1219-28, 2015.
- Molina-López, A.; Padilla-Lara, E.; Moya-Amaya, H.; Rojano-Ortega, D.; Berral-Aguilar, A. J.; Estevan-Navarro, P. & Berral de la Rosa, F. J. Effect of post-training and post-match antioxidants on oxidative stress and inflammation in professional soccer players. *Retos*, 43:996-1004, 2022.
- Moon, J. R. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 67(Suppl. 1):S54-9, 2013.
- Morton, R. W.; Murphy, K. T.; McKellar, S. R.; Schoenfeld, B. J.; Henselmans, M.; Helms, E.; Aragon, A. A.; Devries, M. C.; Banfield, L.; Krieger, J. W.; et al. Infographic. The effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength. *Br. J. Sports Med.*, 53(24):1552, 2019.
- Moya-Amaya, H.; Molina-López, A.; Berral-Aguilar, A.; Rojano-Ortega, D.; Berral de la Rosa, C. & Berral de la Rosa, F. J. Bioelectrical phase angle, muscle damage markers and inflammatory response after a competitive match in professional soccer players. *Pol. J. Sport Tourism*, 28(3):8-13, 2021.
- Mundstock, E.; Amaral, M. A.; Baptista, R. R.; Sarria, E. E.; Dos Santos, R. R. G.; Filho, A. D.; Rodrigues, C. A. S.; Forte, G. C.; Castro, L.; Padoin, A. V.; et al. Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: Systematic review and meta-analysis. *Clin. Nutr.*, 38(4):1504-10, 2019.
- Nuccio, R. P.; Barnes, K. A.; Carter, J. M. & Baker, L. B. Fluid balance in team sport athletes and the effect of hypohydration on cognitive, technical, and physical performance. *Sports Med.*, 47(10):1951-82, 2017.
- Owen, A. L.; Lago-Peñas, C.; Dunlop, G.; Mehdi, R.; Chtara, M. & Dellal, A. Seasonal Body Composition Variation Amongst Elite European Professional Soccer Players: An Approach of Talent Identification. *J. Hum. Kinet.*, 62:177-84, 2018.
- Yáñez-Septúlveda, R.; Alvear-Ordones, I.; Vargas-Silva, J.; Hernández-Jaña, S.; Olivares-Arancibia, J. & Tuesta, M. Characteristics of body composition, phase angle and body water in elite Chilean skydivers. *Int. J. Morphol.*, 39(6):1564-9, 2021.

Dirección para correspondencia:
Francisco José Berral de la Rosa
Departamento de Deporte e Informática.
Universidad Pablo de Olavide
Carretera de Utrera km 1. 41013-Sevilla
ESPAÑA

E-mail: fjberde@upo.es

ORCID 0000-0003-3552-8262

ANEXO 7.2. Artículo 2

Molina-López A, Lara-Padilla E, Moya-Amaya H, Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, Estevan-Navarro P, Berral-de la Rosa FJ.

“Effect of post-training and post-match antioxidants on oxidative stress and inflammation in professional soccer players”.

2022; 43:996-1004.s

ISSN: 1579-1726

Rank SJR Scimago. Category: Orthopedics and Sports Medicine. Factor de Impacto en 2021: 0,319 Rank in SJR Scimago (año 2021): 186 de 294. 3º Quartil.

DOI: <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.90276>



Effect of post-training and post-match antioxidants on oxidative stress and inflammation in professional soccer players

Efecto de los antioxidantes post-entrenamiento y post-partido sobre el estrés oxidativo y la inflamación en jugadores profesionales de fútbol

*Antonio Molina López, **Eleazar Lara Padilla, *Heliodoro Moya Amaya, *Daniel Rojano Ortega, *Antonio Jesús Berral Aguilar, *Pedro Estevan Navarro, *Francisco José Berral de la Rosa
*Universidad Pablo de Olavide (España), **Instituto Politécnico Nacional de México (México)

Abstract. The objective of this study was to determine if the addition of post-activity antioxidants is a useful strategy for improving the specific analytical parameters related to oxidative stress and inflammation. The study was carried out in an Italian Serie A soccer team, between October, 2019 and January, 2020. In October, the measurements were carried out on the players without having taken post-activity antioxidant supplementation. The intervention period corresponded from the end of October to the beginning of January, a period in which post-activity antioxidants were supplemented. The results obtained confirmed that the players who took antioxidants during the intervention period in the form of a mixture of a natural pineapple smoothie with a concentrate of tart cherry, pomegranate, black currant and beet in stick form, significantly improved the parameters associated with oxidative stress, although a significant improvement in the parameters related to inflammation was not observed. The use of antioxidants for a period of seventy days is a post-activity intervention strategy that can be considered effective for improving the reduction of parameters related to the oxidative effect derived from the practice of physical exercise at a professional level in soccer, although more studies are needed to determine the anti-inflammatory effect.

Keywords: Homeostasis, exercise, recovery, elite athletes, supplements.

Resumen. El objetivo de este estudio fue determinar si la inclusión de antioxidantes post-actividad es una estrategia útil para mejorar los parámetros analíticos específicos relacionados con el estrés oxidativo y la inflamación. El estudio se llevó a cabo en un equipo de fútbol de la Serie A italiana, entre octubre de 2019 y enero de 2020. En octubre, las mediciones se llevaron a cabo en los jugadores sin haber tomado la suplementación antioxidante post-actividad. El periodo de intervención correspondió desde finales de octubre hasta principios de enero, periodo en el que se suplementaron los antioxidantes post-actividad. Los resultados obtenidos confirmaron que los jugadores que tomaron antioxidantes durante el periodo de intervención en forma de una mezcla de una licuado de piña natural con un concentrado de cereza ácida, granada, grosella negra y remolacha en forma de stick, mejoraron significativamente los parámetros asociados al estrés oxidativo, aunque no se observó una mejora significativa en los parámetros relacionados con la inflamación. El uso de antioxidantes durante un periodo de setenta días es una estrategia de intervención post-actividad que puede considerarse eficaz para mejorar la reducción de los parámetros relacionados con el efecto oxidativo derivado de la práctica de ejercicio físico a nivel profesional en el fútbol, aunque se necesitan más estudios para determinar el efecto antiinflamatorio.

Palabras clave: Homeostasis, ejercicio, recuperación, atletas de élite, suplementos.

Introduction

The physical demands of professional soccer have become more intense in recent seasons (Barnes, Archer, Hogg, Bush & Bradley, 2014), and it is increasingly necessary to monitor and evaluate the player's physical parameters to optimize performance (Zhou, Gómez & Lorenzo, 2020). The use of biomarkers can more effectively improve the ability of trainers to assess the recovery period after a training session and to set the intensity of subsequent sessions (Palacios, Pedrero-Chamizo, Palacios, Maroto-Sánchez, Aznar & González-Gross, 2015). Among the most commonly used are:

tumor necrosis factor (TNF- α) interleukin-6 (IL-6), lactate dehydrogenase (LDH), or C-reactive protein (CRP) (Fernández-Lázaro, Fernández-Lázaro, Mielgo-Ayuso, Córdova Martínez, Seco-Calvo, & Fernández-Lázaro, 2020).

Exercise-induced muscle damage occurs after a session that is characterized by high-intensity, particularly eccentric, muscle contractions (Clarkson & Hubal, 2002). Moreover, the inclusion of an eccentric-overload training program is usual in soccer due to it has shown the optimization of the specific physical condition of soccer players (Raya-González, Suárez-Arrones, Rísquez Bretones & Sáez de Villareal, 2017). Following this structural damage, there is a marked reduction in the control of calcium ion release from the sarcoplasmic reticulum resulting from this initial damage, leading to further muscle fiber damage and apoptosis (Gissel & Clausen, 2001).

Fecha recepción: 03-07-21. Fecha de aceptación: 24-09-21

Francisco José Berral de la Rosa
fjberde@upo.es

Degeneration of muscle fibers and concomitant acute inflammation begin in the first few hours after injury. Immediately after muscle damage, the sarcolemma ruptures and myofibers undergo necrosis, which is reflected in increased plasma levels of muscle proteins (i.e. creatine kinase, ...). Muscle necrosis activates resident mast cells, which in turn secrete cytokines (i.e. IL-1 α , IL-6, TNF α) to recruit circulating inflammatory cells from the surrounding vasculature (Kozakowska, Pietraszek-Gremplewicz, Jozkowicz, & Dulak, 2015). The result is the formation of reactive oxygen species or free radicals (Power, Kavazis & Jackson, 2011), which can further damage proteins (Kozakowska, et al., 2015), and the cell membranes when produced in excess, and contribute to skeletal muscle damage (Fernández-Lázaro, Fernández-Lázaro, Mielgo-Ayuso, Navascués, Córdova Martínez, & Seco-Calvo, 2020). This damage includes reductions in muscle strength, marked muscle soreness, and elevated biomarker levels of oxidative stress, inflammation and muscle damage (Thomas, Dent, Howatson, & Goodall, 2017), a process that ultimately overwhelms the body's antioxidant capacity, resulting in the body adapting and attempting to respond appropriately to restore homeostatic balance (Spanidis, et al., 2018).

Specific analytical parameters indicative of oxidative stress include Biological Antioxidant Potential (BAP), Reactive Oxygen Metabolites (ROM), BAP/ROM ratio, selenium concentration, zinc concentration, arachidonic acid/eicosapentaenoic acid ratio (AA/EPA), arachidonic acid/docosahexaenoic acid ratio (AA/DHA), and adrenocorticotrophic hormone (ACTH). Free radicals, which can be found as nitrogen derivatives or ROM, have a rather high reactivity and a short lifetime (Haida & Hakimian, 2019).

BAP plays a prominent role as a plasma barrier against oxidative stress, represented by enzymes or endogenous substances introduced through diet (Takam, et al., 2016). Omi et al. (2019) provided the BAP/ROM index as a measure to express the antioxidant status of athletes.

Selenium, a naturally occurring trace mineral, plays an important role in endogenous antioxidant defense as an essential component of selenoproteins, and conditions the activity of the glutathione peroxidase enzyme. The properties of this trace mineral focus on improving sports performance and recovery from training (Fernández-Lázaro, et al., 2020).

Zinc is recognized as a redox-inert metal, and functions as an antioxidant through the catalytic action of copper/zinc superoxide dismutase, stabilization of

membrane structure, protection of sulfhydryl protein groups, and positive regulation of metallothionein expression, and it also suppresses anti-inflammatory responses that would otherwise increase oxidative stress. Zinc deficiency and excess have been shown to cause cellular oxidative stress (Lee, 2018). Also, some studies have found that the body's antioxidant potential was not sufficiently potent to neutralize the pro-oxidant potential of training and matches, so supplementation may be of interest (Takam, et al., 2016).

Vitamin C is an antioxidant that directly removes superoxide, hydroxyl and lipid hydroperoxide radicals, and plays an important role in the recycling of vitamin E generated in membranes during oxidative stress (Kojo, 2004). In the case of vitamin E, it is the main antioxidant that acts on cell membranes and other lipid-rich structures such as mitochondria or the sarcoplasmic reticulum (Ji, Gómez-Cabrera & Vina, 2006). Both vitamins have shown to decrease the IL-6 response to exercise (Zimmermann, 2003), while high doses maintained over time have been shown to hinder certain adaptations (Morrison, et al., 2015; Paulsen, et al., 2014).

The use of antioxidants in athletes is a controversial topic (de la Cruz Sánchez, Pino Ortega, Moreno Conteras, Cañadas Alonso, & Ruiz-Risueño Abab, 2015). Although exercise initially appears to be counterproductive to membrane integrity (Perez, Cabral de Oliveira, Estevez, Molina, Prieto, & Alvarez, 2003), over time, overcompensation occurs with increased intracellular water, causing membrane quality to improve (Issurin, 2009).

Studies in young elite soccer players have concluded that after soccer training or matches there is an excessive production of free radicals and therefore oxidative stress, which could decrease the efficiency of the body's antioxidant system (de la Cruz Sánchez, et al., 2015; Djordjevic, et al., 2012). Thus, a diet high in antioxidants and rich in fruits and vegetables would be recommended from a preventive point of view (de la Cruz Sánchez, et al., 2015; Jayedi, Rashidy-Pour, Parohan, Zargar, & Shab-Bidar, 2018) and the strategies related to diet, food supplements and performance monitoring were the most suitable to improve the performance and the recovery (Nogueira, Salguero del Valle, Molinero González, & Márquez Rosa, 2021), together with a correct body composition for the direct influence on the physical performance of athletes (Ceballos-Gurrola, et al., 2020).

The supply of antioxidants in the diet may be insufficient in athletes, as established by Yavari et al. in

2015. Although a balanced diet rich in antioxidants has been proposed as a dietary recommendation to improve endogenous antioxidant capacity and reduce exercise-induced oxidative stress, there is insufficient evidence to support this hypothesis in high-performance athletes (Trapp, Knez & Sinclair, 2010). Furthermore, soccer players show a higher level of oxidative stress than other athletes. Therefore, we can affirm that food intake is probably insufficient in this population, and they would probably benefit from supplementation (Siquier-Coll, Muñoz-Marín & Grijota-Pérez, 2019). Therefore, an additional supply could be needed. This supplementation is gaining more and more interest due to its properties against inflammation, muscle damage and oxidative stress (Rojano-Ortega, Molina-López, Moya-Amaya & Berral-de la Rosa, 2021). The aim of this study is to evaluate the antioxidant and anti-inflammatory effect of a specific supplementation after training and matches on professional soccer players.

Material And Methods

Participants

The total sample was composed of 19 professional soccer players belonging to a first division Italian team, aged between 19 and 33 years-old. The mean age was 25.89 ± 3.04 years; the mean weight was 85.44 ± 7.69 kg, and the mean height was 186.26 ± 4.49 cm.

The sample of players was heterogeneous, with players from different continents, races and playing positions on the field. The athletes signed a consent form informing them of the procedure to be carried out in the study and the risks and benefits of their participation. All the players gave written informed consent according to the Declaration of Helsinki. The study was approved by the Virgen Macarena-Virgen del Rocío University Hospitals Research Ethics Committee.

Experimental design

The season began in July 2019, with the first evaluation of the athletes taking place at the end of October, four months after the pre-season and start of competition took place, without having taken any specific post-activity antioxidant supplementation. Throughout the research period, the athletes were given general nutritional supplements based on food intake, after training and matches, in the form of a shake containing 250 mL of oat or rice drink, 30 g of protein isolate, 5 g of creatine, 5 g of creatine and 5 g of protein isolate, 5 g of creatine and 5 g of glutamine, in addition to daily

polyunsaturated fatty acids, at doses of 700 mg of eicosapentaenoic acid (EPA) and 240 mg of docosahexaenoic acid (DHA), a daily dose of 2000 IU of vitamin D. Before training the athletes were given mineral salts, whose composition was 310mg of sodium, 54.3mg of potassium, 8.14mg of calcium and 5.89mg of magnesium. To ensure compliance with the intake of these basic supplements, an automated personalized dosing system was incorporated using the TIMEDI JVDEN blister machine for the preparation of single doses with individualized supplementation per player and time of intake.

The department of nutrition developed nutritional guidelines for the athletes and supervised more than 20 weekly intakes. The estimated calorie distribution in the supervised meals was: 50% of carbohydrates, 25% of proteins and 25% of lipids, an average intake of 5-7g of carbohydrates/kg of Body Weight (BW), and 1.6-1.8g of protein/ kg of BW, with special emphasis on the biological value of the intakes and on the post-training and post-match recoveries.

This was an experimental study with an intervention lasting ten weeks, carried out from the 27th of October, 2019 to the 5th of January, 2020, in which ten official competition matches were played and athletes were given a specific supplementation, in addition to the general one already mentioned, based on antioxidants after training and matches, by means of a mixture of 250 mL of natural pineapple smoothie and a 10 mL stick of a concentrate rich in polyphenols (Table 1).

Table 1.
Nutritional information for the concentrated polyphenol-rich supplement

Compounds in the supplement	Per daily dose (1 stick = 10 mL)
Beetroot d.e. Reduite™	500 mg
Cherry fruits d.e. Vitacherry Sport®	450 mg
Pomegranate fruits d.e. VitaGranate®	250 mg
of which punicalagina was 40%	100 mg
Black currant leaves d.e.	150 mg

Ingredients: Water; fructose; Reduite™ (Beetroot -Beta vulgaris L.- root juice pb); Vitacherry Sport® (Cherry -Prunus cerasus L.- dried fruit extract); VitaGranate® (Grenada -Punica granatum L.- dried fruit extract 40% punicalagina); Black currant -Ribes nigrum L.- dried leaves extract E/D 1-4, flavoring; thickener (xanthan gum); preservatives (potassium sorbate, sodium benzoate) and sweetener (sucralose).

The athletes underwent a pre- and post-intervention fasting blood draw to analyze the following specific analytical parameters: BAP, ROM, AA/EPA, AA/DHA, ACTH, Zinc and Selenium, related to oxidative stress and inflammation, and measured by a specialized laboratory (Table 2).

Table 2.
Methodology and parameters analyzed.

Parameter	Methodology	Measuring instrument
Biological Antioxidant Potential (BAP)	Colorimetric	Siemens Advia 1799
Reactive Oxygen Metabolites (ROM)	Colorimetric	Siemens Advia 1800
Omegas screening (AA/EPA and AA/DHA)	GC-MS	Hewlett Packard (Agilent) HP68902 GC System e MS 5973
Adrenocorticotrophic hormone (ACTH)	Chemiluminescence	Immulite 2000 XPI
Selenium	Atomic absorption spectroscopy	Perkin Elmer Analyst 600
Zinc	Spectrophotometry	Perkin Elmer Analyst 600

The statistical analysis was carried out with the SPSS software package for Windows, v. 25.0 (SPSS Inc., USA). The means and standard deviations of all variables were calculated. The Shapiro-Wilk test was applied for testing data normality. When this condition was fulfilled, Student's t-tests were performed to determine significant differences between pre- test and post-test, otherwise, Wilcoxon tests were performed. Pearson's r and Spearman's rho tests were performed to evaluate the correlation between different parameters using a simple linear regression model. Descriptive statistics are presented as means ± standard deviations (SD). The following criteria were adopted to explain the level of correlations: 0.1 < r < 0.3, small; 0.3 < r < 0.5, moderate; 0.5 < r < 0.7, large; 0.7 < r < 0.9, very large; and r > 0.9, almost perfect (Witz, Hinkle, Wiersma & Jurs, 1990).

Results

The results of the parameters studied are shown in table 3. In the period analyzed, a significant decrease in ROM values was observed, while both BAP and serum Selenium levels were significantly reduced. The BAP/ROM ratio significantly increased between the two periods. The values of the AA/DHA and AA/EPA ratios decreased, although this was not significant. ACTH slightly increased, although this was not statistically significant. The concentration of Zinc decreased, but not significantly between the two assessments.

Table 3.
Mean values of the analyzed parameters.

Variables n = 19	October -19 Mean ± SD	January -20 Mean ± SD	Reference values	Effect Size Cohen's d
BAP (µmol/L)	2141.21 ± 167.27	2008.21 ± 214.39**	2000-2200	-0.69
ROM (Carr L)	435.47 ± 73.98	373.74 ± 75.4**	250-320	-0.82
AA/DHA	3.218 ± 1.036	3.112 ± 0.934	1.6-3.6	-0.11
AA/EPA	6.728 ± 2.724	5.366 ± 2.184	1.6-3.6	-0.55
ACTH (pg/ml)	37.427 ± 23.791	39 ± 22.028	<46	0.07
Selenium (ng/L)	116.91 ± 8.15	106.02 ± 10.97**	50-130	-1.12
Zinc (ng/L)	925.05 ± 56.1	919.89 ± 54.13	800-1600	-0.09
BAP/ROM	5.02 ± 0.76	5.53 ± 1.02*	-	0.57

BAP, Biological Antioxidant Potential; ROM, Reactive Oxygen Metabolites; AA/DHA, arachidonic acid/docosahexaenoic acid ratio; AA/EPA, arachidonic acid/eicosapentaenoic acid ratio; ACTH, adrenocorticotrophic hormone. One Carr U. equals 0.08 mg hydrogen peroxide/dL. *p < 0.05, **p < 0.01

Table 4 shows the variables in which significant differences were obtained between both measurements and for each of the players studied. The significant

Table 4.
Individual evolution of the statistically significant values of the players studied.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	
BAP	October	2299	2030	2507	2169	2007	2286	2199	1840	2104	2199	2120	2011	2065	2030	2135	2055	1908	2385	2334
	January	2307	1915	2282	2053	1896	2211	2119	1752	1698	2065	1899	1970	2107	1995	2005	1647	1721	2082	2432
ROM	October	449	415	474	382	377	487	377	470	502	411	358	465	319	410	556	399	392	630	401
	January	391	296	328	302	359	423	398	460	403	353	407	334	303	296	409	280	331	591	437
BAP/RO	October	5.12	4.89	5.29	5.68	5.32	4.69	5.83	3.91	4.19	5.35	5.92	4.32	6.47	4.95	3.84	5.15	4.87	3.79	5.82
	January	5.9	6.47	6.96	6.8	5.28	5.23	5.32	3.81	4.21	5.85	4.67	5.9	6.95	6.74	4.9	5.88	5.2	3.52	5.57
M Index	October	108.8	125.9	113.4	126.3	119.8	127.8	109.4	112.1	122.6	103.7	107.5	121.6	128.2	118.4	123	112.7	113.7	123.2	103.1
	January	82.9	120	88.3	112.1	118	116	118.9	109	100.4	90.9	99.4	106.5	108.8	110.7	119	5100.2	96.1	106.2	110.5

P, player; BAP, Biological Antioxidant Potential; ROM, Reactive Oxygen Metabolites.

decrease in the ROM values must be underlined. Figure 1 shows the individual values of the BAP/ROM index for the October and January measurements.

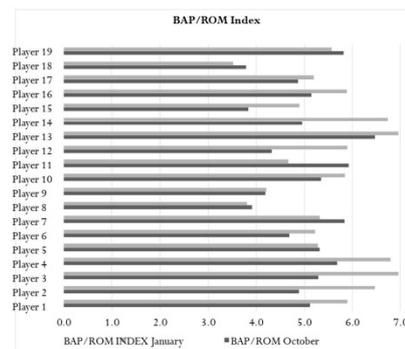


Figure 1. BAP/ROM Index

Discussion

The purpose of this study was to evaluate the antioxidant and anti-inflammatory effect of a specific supplementation after training and matches on professional soccer players; and the results confirmed that the intake of antioxidants can be considered effective to improve the reduction of parameters related to the oxidative stress derived from the practice of physical exercise.

Professional soccer players have a higher oxidative stress as compared to the normal population; thus, some authors have discussed the suitability of including antioxidant supplementation (Takam, et al., 2016; Jayedi, et al., 2018; Tavari, et al., 2015; de la Cruz Sánchez, et al., 2015). Oxidative stress is the consequence of an imbalance between ROM production and BAP. This stress can both cause damage to cellular components and have detrimental effects in physiological conditions, during physical exercise, or in diseases (Kruk, Aboul-Enein, KBadna & Bowser, 2019).

Omi et al. (2019) administered whey protein antioxidants to American football players after training for four months, and observed an improvement in the antioxidant status expressed by the BAP/ROM index, relating this improvement to an increase in muscle mass. In addition, they observed a decrease in mean ROM values and mean BAP values, a trend that was also found in our study, with a significant

significant improvement in total antioxidant status.

Following our nutritional intervention, we observed a decrease in BAP. This decrease did not correspond to the increase observed by Bolner et al. who found a proportional increase in BAP and ROM in athletes subjected to high muscle activity loads. The authors considered that this excess was an adaptation to training, which triggered the body's own antioxidant mechanism.

In future studies, it would be interesting to establish whether antioxidant supplementation can produce an imbalance and provoke negative physiological adaptations in the BAP that cannot be compensated for by endogenous antioxidant capacity, or if not, to assess whether a sustained supplementation with antioxidants is more appropriate. Repeated skeletal muscle contractions can generate free radicals and, when prolonged and intense, these can cause oxidative damage to cells (de la Cruz Sánchez, et al., 2015; Pingitore, Lima, Mastorci, Quinones, Iervasi & Vassalle, 2015). Our nutritional intervention led to a significant decrease in ROM, thereby increasing total antioxidant capacity.

Consequently, the question would be, could antioxidant intake during a controlled post-activity period prevent exercise-induced muscle damage according to the data obtained in our research? We found a significant decrease in ROM ($p < 0.01$) in the second measurement, after the intervention period, even though the endogenous antioxidant capacity had decreased, so we could think that there had been a decrease in muscle damage and an improvement in oxidative balance, in general, in most players (Table 4). On the other hand, selenium is related to endogenous antioxidant capacity (Fernández-Lazaro, et al., 2020), and a decrease in Selenium concentration between the two periods was observed. After analyzing our results, we observed that the ACTH value increased in the second measurement in January with respect to the October measurement, and this was in agreement with the evolution described by Bolner et al. in 2019.

It is unclear whether the protocol studied decreases muscle damage after training and matches, as although a decrease in AA/DHA and AA/EPA ratios was observed, these were not significant. EPA acts competitively against AA for the cyclooxygenase and lipoxygenase enzymes, which are key to reducing inflammation. Consequently, a high value of the AA/EPA ratio could be a marker for chronic inflammation (Nelson & Raskin, 2019).

Tissue availability of polyunsaturated fatty acids (PUFA) depends on several factors, including dietary

intake, physical exercise, genetic variation, and metabolic turnover. However, there are few studies that conclude whether a running training activity alone can influence indices associated with PUFA metabolism, such as the omega-3 index and the AA/EPA ratio. According to Davinelli et al. showed in 2019, training can negatively contribute to changes in the omega-3 index and the AA/EPA ratio.

In 2019, Ramos-Campos et al., incorporated supplementation with re-esterified DHA (2100 mg/day) and EPA (240 mg/day) for ten weeks, obtaining lower concentrations of IL6 and decreased values of CPK as muscle damage marker. After observing the values measured in this study, we could not establish a clear relationship between the intervention and the values obtained for the AA/DHA ratio, although the dose of DHA taken by our players was 100 mg of DHA, much lower than in the Ramos-Campos study.

Antioxidants are gaining increasing interest due to their properties related to oxidative stress, inflammation, and muscle damage after exercise (de la Cruz Sánchez, et al., 2015; Jayedi, et al., 2018). Supplementation with tart cherry concentrate in intermittent sports such as soccer, in which inflammatory and oxidative stress markers were measured, was a good tool to optimize and accelerate recovery in athletes (Souglis, Bogdanis, Chrysanthopoulos, Apostolidis, & Geladas, 2018). Other authors also note this potential, claiming that Montmorency cherries improved recovery as well as oxidative stress after high-intensity training (Schneider, Bock, Becker, Moreira, Bello-Klein & Oliveira, 2018; Botwell & Kelly, 2019). Schneider et al. in 2018 conducted an intervention study with two diets with different antioxidant concentrations for fourteen days in triathletes, obtaining an improvement in redox status. In addition, less protein damage (shown by decreased carbonyl levels) and increased antioxidant capacity were observed.

Other authors have claimed to find improvements with antioxidant supplementation in performance, recovery and muscle damage (Botwell & Kelly, 2019); or that dietary supplementation with antioxidant vitamins is beneficial in combating oxidative stress and that exogenous glutathione influences the endurance capacity of athletes (Pingitore et al., 2015). Another authors highlighted the importance of ensuring the intake of antioxidants to improve performance, as well as to improve the redox profile, which would be of interest in order for the subject to reach optimal

antioxidant concentrations during competition (Margaritelis, Paschalis, Theodorou, Kyparos & Nikolaidis, 2018).

Supplementation with tart cherry and pomegranate improves markers of inflammation, as reflected in the recovery and performance when ingested days before and several days after a competition (Rojano-Ortega, et al., 2021). In 2014, Bell et al. showed that supplementation with tart Montmorency cherry concentrate in intermittent sports such as soccer was a good tool for recovery. This same conclusion was repeated in other similar studies, which showed improvements in oxidative stress after high-intensity training (Schneider, et al., 2018; Botwell & Kelly, 2019). Beet juice is another ergogenic aid with high antioxidant capacity, which has been shown to improve muscle pain and the recovery of muscle function (He, Li, Liu, Chuang, Yang & Zuo, 2016). Black currant has also been used, as it has demonstrated an improvement in cycling performance (Murphy, Cook & Willems, 2017).

In the results obtained, we found that after the incorporation of the nutritional intervention with antioxidants during the determined period of ten weeks of competition, there was a significant decrease in the amount of ROM, and a significant increase in the BAP/ROM index, and therefore in the antioxidant capacity, despite the fact that the concentration of BAP decreased.

It is well known that regular exercise can benefit health by improving the body's antioxidant defenses (de la Cruz Sánchez, et al., 2015). However, intense exercise can generate excess reactive oxygen species (ROS), leading to oxidative stress-related tissue damage and impaired muscle contractility. Interestingly, moderate exposure to ROM is necessary to induce the body's adaptive responses, such as the activation of antioxidant defense mechanisms. Antioxidant supplementation can reduce ROM levels and muscle fatigue, as well as improve recovery from exercise (He et al., 2016).

According to the data obtained, we could argue that a nutritional intervention with antioxidants after activity produces an increase in antioxidant capacity by reducing the amount of ROS, thereby preventing their excess production and accumulation, which can result in muscle fatigue and contractile dysfunction (Powers, et al., 2011).

Further studies that focus on minimizing oxidative damage and maximizing the exercise-induced adaptive response are essential. Developing promising strategies that combine an effective natural antioxidant diet with personalized exercise within a variety of populations

could greatly improve health and quality of life (He et al., 2016).

On the other hand, there is now much evidence that high and sustained doses of antioxidants can hinder certain adaptations (Merry & Ristow, 2016). This study provides data that may point to the protective effect of antioxidants used in post-training and post-match intervention against exercise-induced muscle damage, being important to always refer to the intervention period and dosage established to avoid entering into controversy with possible negative adaptations in other intervention periods or higher dosages of antioxidants, as indicated by Merry et al. (2016).

Our greatest strength is that it provides new evidence on specific supplementation for the reduction of parameters related to oxidative stress derived from physical exercise. The main limitations of this research are the small size of the sample, and the fact that we did not divide the players by positions in the field, nor did we assess whether or not the player played the 10 official matches during the intervention period, and these factors could modify the results. Another limitation is to distinguish which supplementation makes each effect, so it would be interesting in future studies, to perform it in different stages from pre-season.

Conclusions

The intervention with antioxidants post-training and post-match for a period of ten weeks caused significant changes, with a decrease in the ROM values and an improvement in the antioxidant potential of the soccer player expressed by the BAP/ROM index. Therefore, it can be concluded that it is a valid strategy for improving the antioxidant capacity of the soccer player during the competition period.

The improvement in the AA/EPA ratio, although not significant, could be related to anti-inflammatory properties in addition to the antioxidant properties already described.

Practical Applications

Practitioners, trainers and nutritionists could use this concentrated polyphenol-rich supplement to improve the antioxidant capacity of the soccer players during the competition period, in order to optimize recovery and sports performance.

Acknowledgements

The authors would like to thank to the company

Udinese Calcio S.p.A. for its technical support.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Barnes, C., Archer, D.T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P.S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine*, 35(13), 1095–1100.
- Bell, P.G., Walshe, I.H., Davison, G.W., Stevenson, E., & Howatson, G. (2014). Montmorency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling. *Nutrients*, 6(2), 829–843.
- Bolner A, Berizzi C, Benedetto S, Vano R, Bosello O & Nordera G (2019). Marked differences in redox status of professional soccer players depending on training types. *American Journal of Research in Medical Sciences*;6(1):8.
- Bowtell, J., & Kelly, V. (2019). Fruit-Derived Polyphenol Supplementation for Athlete Recovery and Performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(Suppl 1), 3–23.
- Ceballos-Gurrola, O., Bernal-Reyes, F., Jardón-Rosas, M., Enríquez-Reyna, M., Durazo-Quiroz, J., & Ramírez-Siqueiros, M. (2020). Composición corporal y rendimiento físico de jugadores de fútbol soccer universitario por posición de juego (Body composition and physical performance of college soccer by player's position). *Retos*, 39, 52-57.
- Clarkson, P.M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(11 Suppl), S52–S69.
- Davinelli, S., Corbi, G., Righetti, S., Casiraghi, E., Chiappero, F., Martegani, S., ... & Scapagnini, G. (2019). Relationship Between Distance Run Per Week, Omega-3 Index, and Arachidonic Acid (AA)/Eicosapentaenoic Acid (EPA) Ratio: An Observational Retrospective Study in Non-elite Runners. *Frontiers in physiology*, 10, 487.
- de la Cruz Sánchez, E., Pino Ortega, J., Moreno Conteras, M. I., Cañadas Alonso, M., & Ruiz-Risueño Abab, J. (2015). Micronutrientes antioxidantes y actividad física: evidencias de las necesidades de ingesta a partir de las nuevas tecnologías de evaluación y estudio del estrés oxidativo en el deporte (Antioxidant micronutrients and physical activity: evidences of dietar. *Retos*, 13, 11-14.
- Djordjevic, B., Baralic, I., Kotur-Stevuljevic, J., Stefanovic, A., Ivanisevic, J., Radivojevic, N., ... & Dikic, N. (2012). Effect of astaxanthin supplementation on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 52(4), 382–392.
- Fernández-Lázaro, D., Fernandez-Lazaro, C. I., Mielgo-Ayuso, J., Navascués, L. J., Córdova Martínez, A., & Seco-Calvo, J. (2020). The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review. *Nutrients*, 12(6), 1790.
- Fernández-Lázaro, D., Mielgo-Ayuso, J., Seco Calvo, J., Córdova Martínez, A., Caballero García, A., & Fernandez-Lazaro, C. I. (2020). Modulation of Exercise-Induced Muscle Damage, Inflammation, and Oxidative Markers by Curcumin Supplementation in a Physically Active Population: A Systematic Review. *Nutrients*, 12(2), 501.
- Gissel, H., & Clausen, T. (2001). Excitation-induced Ca²⁺ influx and skeletal muscle cell damage. *Acta physiologica Scandinavica*, 171(3), 327–334.
- Haida, Z., & Hakiman, M. (2019). A comprehensive review on the determination of enzymatic assay and nonenzymatic antioxidant activities. *Food science & nutrition*, 7(5), 1555–1563.
- He, F., Li, J., Liu, Z., Chuang, C. C., Yang, W., & Zuo, L. (2016). Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise. *Frontiers in physiology*, 7, 486.
- Issurin V.B. (2009). Generalized training effects induced by athletic preparation. A review. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(4), 333–345.
- Jayedi, A., Rashidy-Pour, A., Parohan, M., Zargar, M. S., & Shab-Bidar, S. (2018). Dietary Antioxidants, Circulating Antioxidant Concentrations, Total Antioxidant Capacity, and Risk of All-Cause Mortality: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Observational Studies. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 9(6), 701–716.
- Ji, L. L., Gomez-Cabrera, M. C., & Vina, J. (2006). Exercise and hormesis: activation of cellular antioxidant signaling pathway. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1067, 425–435.
- Kojo S. (2004). Vitamin C: basic metabolism and its function as an index of oxidative stress. *Current medicinal chemistry*, 11(8), 1041–1064.
- Kozakowska, M., Pietraszek-Gremplewicz, K., Jozkowicz, A., & Dulak, J. (2015). The role of oxidative stress in skeletal muscle injury and regeneration: focus on antioxidant enzymes. *Journal of muscle research and cell motility*, 36(6), 377–393.
- Kruk, J., Aboul-Enein, H.Y., KBadna, A., & Bowser, J. E. (2019). Oxidative stress in biological systems and its relation with pathophysiological functions: the effect of physical activity on cellular redox homeostasis. *Free radical research*, 53(5), 497–521.
- Lee S. R. (2018). Critical Role of Zinc as Either an Antioxidant or a Prooxidant in Cellular Systems. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018, 9156285.
- Margaritelis, N.V., Paschalis, V., Theodorou, A. A., Kyparos, A., & Nikolaidis, M. G. (2018). Antioxidants in Personalized Nutrition and Exercise. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 9(6), 813–823.
- Merry, T. L., & Ristow, M. (2016). Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training?. *The Journal of physiology*, 594(18), 5135–5147.
- Morrison, D., Hughes, J., Della Gatta, P.A., Mason, S., Lamon, S., Russell, A. P., & Wadley, G. D. (2015). Vitamin C and E supplementation prevents some of the cellular adaptations to

- endurance-training in humans. *Free radical biology & medicine*, 89, 852–862.
- Murphy, C.A., Cook, M.D., & Willems, M. (2017). Effect of New Zealand Blackcurrant Extract on Repeated Cycling Time Trial Performance. *Sports (Basel, Switzerland)*, 5(2), 25.
- Nelson, J. R., & Raskin, S. (2019). The eicosapentaenoic acid:arachidonic acid ratio and its clinical utility in cardiovascular disease. *Postgraduate medicine*, 131(4), 268–277.
- Nogueira, A., Salguero del Valle, A., Molinero González, O., & Márquez Rosa, S. (2021). Evaluación del uso de métodos de recuperación entre los corredores populares españoles (Evaluation of the use of recovery methods amongst Spanish amateur runners). *Retos*, 41, 823-833.
- Omi, N., Shiba, H., Nishimura, E., Tsukamoto, S., Maruki-Uchida, H., ... & Morita, M. (2019). Effects of enzymatically modified isoquercitrin in supplementary protein powder on athlete body composition: a randomized, placebo-controlled, double-blind trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 39.
- Palacios, G., Pedrero-Chamizo, R., Palacios, N., Maroto-Sánchez, B., Aznar, S., González-Gross, M. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*;21:235–42.
- Paulsen, G., Cumming, K.T., Holden, G., Hallén, J., Ronnestad, B. R., Sveen, O., Skaug, A., Paur, I., Bastani, N.E., Ostgaard, H.N., Buer, C., Middtun, M., Freuchen, F., Wiig, H., Ulseth, E.T., Garthe, I., Blomhoff, R., Benestad, H. B., & Raastad, T. (2014). Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans: a double-blind, randomised, controlled trial. *The Journal of physiology*, 592(8), 1887–1901.
- Perez, A. C., Cabral de Oliveira, A. C., Estevez, E., Molina, A. J., Prieto, J. G., & Alvarez, A. I. (2003). Mitochondrial, sarcoplasmic membrane integrity and protein degradation in heart and skeletal muscle in exercised rats. *Comparative biochemistry and physiology: Toxicology & pharmacology: CBP*, 134(2), 199–206.
- Pingitore, A., Lima, G. P., Mastorci, F., Quinones, A., Iervasi, G., & Vassalle, C. (2015). Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif)*, 31(7-8), 916–922.
- Powers, S. K., Ji, L. L., Kavazis, A. N., & Jackson, M. J. (2011). Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle. *Comprehensive Physiology*, 1(2), 941–969.
- Ramos-Campo, D. J., Ávila-Gandía, V., López-Román, F. J., Miñarro, J., Contreras, C., Soto-Méndez, F., Domingo Pedrol, J. C., & Luque-Rubia, A. J. (2020). Supplementation of Re-Esterified Docosahexaenoic and Eicosapentaenoic Acids Reduce Inflammatory and Muscle Damage Markers after Exercise in Endurance Athletes: A Randomized, Controlled Crossover Trial. *Nutrients*, 12(3), 719.
- Raya-González, J., Suárez-Arrones, L., Rísquez Bretones, A., & Sáez de Villarreal, E. (2017). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16 (Short-term effects of an eccentric-overload training program on the physical performance on U-16 elite soccer. *Retos*, 33, 106–111.
- Rojano-Ortega, D. R., Molina-López, A. M., Moya-Amaya, H. M., & Berral-de la Rosa, F. (2021). Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review. *Biology of sport*, 38(1), 97–111.
- Schneider, C. D., Bock, P. M., Becker, G. F., Moreira, J., Bello-Klein, A., & Oliveira, A. R. (2018). Comparison of the effects of two antioxidant diets on oxidative stress markers in triathletes. *Biology of sport*, 35(2), 181–189.
- Siquier Coll, J., Muñoz Marin, D., Grijota Pérez, F. J., Bartolomé Sánchez, I., Robles Gil, M. C., Montero Arroyo, J., & Maynar Mariño, M. (2019). Influencia del entrenamiento en fútbol sobre parámetros de estrés oxidativo en eritrocitos [Influence of soccer training on parameters of oxidative stress in erythrocytes]. *Nutrición hospitalaria*, 36(4), 926–930.
- Souglis, A., Bogdanis, G. C., Chryssanthopoulos, C., Apostolidis, N., & Geladas, N. D. (2018). Time Course of Oxidative Stress, Inflammation, and Muscle Damage Markers for 5 Days After a Soccer Match: Effects of Sex and Playing Position. *Journal of strength and conditioning research*, 32(7), 2045–2054.
- Spanidis, Y., Stagos, D., Papanikolaou, C., Karatza, K., Theodosi, A., Veskoukis, ... & Kouretas, D. (2018). Resistance-Trained Individuals Are Less Susceptible to Oxidative Damage after Eccentric Exercise. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018, 6857190.
- Takam, R. D., Moor, V., Nansseu, J. R., Pieme, C. A., Azabji, M., Moukette, B., ... & Ngogang, J. (2016). Effects of chronic strenuous physical exercise on oxidative stress and antioxidant capacity in Sub-Saharan African professional soccer players. *European Journal of Sports Medicine*;3(1):15–26.
- Trapp, D., Knez, W., & Sinclair, W. (2010). Could a vegetarian diet reduce exercise-induced oxidative stress? A review of the literature. *Journal of sports sciences*, 28(12), 1261–1268.
- Thomas, K., Dent, J., Howatson, G., & Goodall, S. (2017). Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue after Simulated Soccer Match Play. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(5), 955–964.
- Witz, K., Hinkle, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (1990). Applied Statistics for the Behavioral Sciences. *Journal of Educational Statistics*;15(1):84.
- World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194.
- Yavari, A., Javadi, M., Mirmiran, P., & Bahadoran, Z. (2015). Exercise-induced oxidative stress and dietary antioxidants. *Asian journal of sports medicine*, 6(1), e24898.
- Zhou, C., Gómez, M. Á., & Lorenzo, A. (2020). The evolution of physical and technical performance parameters in the Chinese Soccer Super League. *Biology of sport*, 37(2), 139–145.
- Zimmermann MB. Vitamin and mineral supplementation and exercise performance. *Schweiz Z Med Traumatol*. 2003;51(1):53–7.

ANEXO 7.3. Artículo 3

Rojano-Ortega D, **Molina-López A**, Moya-Amaya H, Berral-de la Rosa F.

“Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review”.

Biology of Sport (Biol Sport) 2021; 38(1):97-111.

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge

Category: SPORT SCIENCE – SCIE. Factor de Impacto en 2021: 4,606. Rank in Sport Science Journals (año 2021): 16-87. 1ºQ - 1ºT.

DOI: <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.97069>



Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review

AUTHORS: Daniel Rojano Ortega¹, Antonio Molina López², Heliodoro Moya Amaya², Francisco José Berral de la Rosa¹

¹ Department of Informatics and Sports, University Pablo de Olavide, Seville, Spain

² Nutrition Services of Udinese Calcio, Udine, Italy

ABSTRACT: Phenolic compounds have antioxidant and anti-inflammatory properties and may prevent inflammation and oxidative stress as well as help the athletes to recover from exercise-induced muscle damage (EIMD). Tart cherry (TC) and pomegranate (PG) are two fruits with high content of polyphenols. Their antioxidant and anti-inflammatory properties have recently attracted substantial interest for their potential to reduce strength loss and promote recovery from EIMD. The aims of this review are (1) to summarise the effects of tart cherry and pomegranate supplementation on oxidative stress, inflammation and recovery, and (2) to outline the differences found in supplementation with tart cherries or pomegranates. SPORTDiscus, PubMed, Web of Science and Scopus were searched according to Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis and 25 studies were included. The existing evidence suggests that both types of supplementation are good strategies to accelerate recovery of functional performance variables, perceptual variables and inflammation but PG supplementation shows better recovery of oxidative stress. However, positive effects are more likely: 1) when supplementation starts some days before muscle damage is induced and finishes some days after, for a total period of at least 8/10 days, 2) with pronounced muscle damage of the muscles involved, and 3) when total phenolic content is at least 1000 mg/day. This review may help to optimise TC or PG supplementation practice to improve post-exercise recovery.

CITATION: Rojano Ortega D, Molina López A, Moya Amaya H et al. Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review. *Biol Sport*. 2021;38(1):97–111.

Received: 2020-01-05; Reviewed: 2020-02-12; Re-submitted: 2020-04-06; Accepted: 2020-07-07; Published: 2020-08-08.

Corresponding author:

Daniel Rojano Ortega
University Pablo de Olavide
Seville, Spain
Address: C/ María Fulmen 1
bloque 2 1E, 41019-Seville
Tel: 0034 678719091
E-mail: drojort@upo.es

Key words:

Inflammation
Oxidative stress
Performance
Recovery
Muscle damage

INTRODUCTION

Strenuous muscular exercise increases production of reactive oxygen species (ROS), free radicals and non-radical reactive molecules, which may lead to oxidative stress, inflammation and cellular damage [1–3]. This exercise-induced muscle damage is characterized by a temporary loss of force production and delayed onset muscle soreness (DOMS), which have a negative impact on exercise performance [4–6].

Exercise-induced muscle damage (EIMD) has been described as a two-phase process [5]. The first phase is the initial muscle damage caused by strenuous exercise and involves mechanical disruption to sarcomeres and oxidative stress due to an increase in the production of ROS. This muscle damage triggers an inflammatory response associated with secondary muscle damage and remodelling, which may delay the complete recovery of muscle function [6–10].

This is why supplementation with antioxidant and anti-inflammatory nutrients may play an important role in optimizing recovery, attenuating oxidative stress, inflammation and muscle soreness and

improving strength recovery [9], which would be beneficial for athletes' performance.

Antioxidant and anti-inflammatory treatments including ibuprofen and non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) have been traditionally used to reduce inflammation and DOMS [11, 12]. However, due to their gastrointestinal, renal and cardiovascular adverse effects [5], there is increasing interest in dietary strategies to reduce inflammation and promote recovery.

Recent nutritional research has focused on supplementation with natural nutrients with high concentration of phenolic compounds [13]. These compounds have antioxidant and anti-inflammatory properties and may prevent exercise-induced muscle damage, attenuate inflammation and oxidative stress as well as help the athletes to recover from the oxidative stress produced by free radicals [14–16].

Under physiological conditions a balanced diet is sufficient to keep the balance between oxidants and antioxidants while during intensive physical activities there is an increase in oxidant molecules

that points to a failure of the antioxidative system [15]. The polyphenolic compounds contain a number of hydroxyl groups attached to ring structures, conferring antioxidant properties to these compounds that can exert a protective effect by scavenging free radicals or as iron or copper chelating agents [15, 16]. They can also inhibit the activity of the enzymes responsible for ROS production and indirectly stimulate the expression of antioxidant enzyme genes, such as those for superoxide dismutase or glutathione peroxidase [16].

Tart cherry (TC) and pomegranate (PG) are two fruits whose juices have been widely used as supplementation in sports due to their high levels of polyphenols [8, 17, 18]. Their antioxidant and anti-inflammatory properties have recently attracted substantial interest for their potential to reduce strength loss and promote recovery from EIMD [8, 17, 18]. Polyphenol supplementation with TC or PG may reduce damage induced by oxidative stress and lipid peroxidation, leading to improvements in plasma antioxidant status and reducing cellular inflammation and muscle pain [17–21].

Of the various polyphenol-rich foods studied so far, TC and PG have arguably shown the most potential for promoting recovery from EIMD [8]. However, some studies have shown somewhat equivocal results. In their review, Vitale *et al.* [17] state that it appears that TC has significant anti-inflammatory and antioxidant effects with promising results for athletes, but a consensus on those effects has not been reached. Ammar *et al.* [18] suggest that PG supplementation could be a more effective treatment to improve performance and muscle recovery than other polyphenol-rich foods such as tart cherries, but further research is required.

Due to the increasing interest in tart cherry or pomegranate supplementation, there have been some important studies carried out in the last 2/3 years not included in the last reviews. Therefore, the aims of this review are (1) to summarize the effects of tart cherry and pomegranate supplementation on oxidative stress, inflammation and recovery, including the results of recent studies, and (2) to outline the differences found in supplementation with tart cherries or pomegranates.

MATERIALS AND METHODS

The protocol for this systematic review was designed in accordance with the Preferred Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) statement [22].

Inclusion and exclusion criteria

The studies included in this systematic review needed to fulfil the following inclusion criteria: (i) research conducted with human participants, (ii) original articles in peer-reviewed publications, (iii) original studies that had investigated a tart cherry or pomegranate supplementation intervention on muscle damage and recovery, (iv) research conducted with control/placebo groups, and (v) articles published between January 2005 and September 2019. Exclusion criteria were: (i) research conducted with animals, (ii) conferences or posters from congress, (iii) non-English articles, and (iv) systematic reviews or meta-analyses.

Search strategy

The following electronic databases were searched from January 2005 to September 2019: SPORTDiscus, PubMed, Web of Science and Scopus. The search strategy was limited to publications in English. The following search terms were used for tart cherry articles: (tart cherry OR Montmorency cherry) (Title) AND (muscle damage (All Fields) OR oxidative stress (All Fields) OR recovery (All Fields) OR exercise (All Fields) OR muscle pain (All Fields)). The following search terms were used for pomegranate articles: (pomegranate OR *punica granatum* or ellagitannin) (Title) AND (muscle damage (All Fields) OR oxidative stress (All Fields) OR recovery (All Fields) OR exercise (All Fields) OR muscle pain (All Fields)). Additional hand searching of the reference lists of identified papers and previously published systematic reviews was conducted.

Data extraction

Two of the four authors independently did the literature search, the data extraction and the quality assessment. All disagreements in opinion were resolved by a consensus meeting. The titles of the initial search were screened. Then the abstracts of all the potential articles were screened to decide whether they met the inclusion criteria. Finally, eligible full-text articles were reviewed. The following data were extracted from each study: first author name, year of publication, the intervention and placebo group characteristics, dosage of supplements, supplementation duration and exercise protocol to induce muscle damage. The outcomes extracted were the effects of supplementation on functional performance variables, perceptual variables, markers of inflammation and markers of oxidative stress.

Quality assessment

The PEDro scale was used to assess the quality of the selected studies. The PEDro scale is based on the Delphi list developed by Verhagen *et al.* [23] and is a reliable and objective tool that helps identify which studies are likely to be externally valid (criterion 1), internally valid (criteria 2–9) and could have sufficient statistical information to make their results interpretable (criteria 10 and 11) [18]. Points are only awarded when a criterion is clearly satisfied, and criterion one, which relates to external validity, is not used to calculate the PEDro score. Each manuscript was assessed by two of the four authors and discrepant results were resolved through a consensus meeting.

From previous studies [24, 25], a score of 9–10 on the PEDro scale was considered to be “high quality”, scores of 5–8 were considered to be “moderate quality” and studies that scored below 5 were considered to be “low quality”. All the studies included in this review were “moderate quality” or “high quality” studies.

RESULTS

Overall 625 studies were identified through initial database search (126 with tart cherry supplementation and 499 with pomegranate supplementation). After screening the titles and removing the duplicates

Tart cherry and pomegranate for exercise recovery

TABLE 1. Characteristics of the studies with TC supplementation.

Study	Subjects	Groups	Age (years) (mean \pm sd)	Phenolic content/ number cherries per day	Duration	Exercise protocol to induce muscle damage
Connolly et al. [33]	Male college students	14 (TC) 14 (PLA)	22 \pm 4 COD	1200 mg/100 cherries	8 days (exercise on day 4)	2 sets of 20 maximal eccentric contractions of the elbow
Howatson et al. [35]	Male and female marathon runners	10 (TC) 10 (PLA)	37 \pm 13 38 \pm 5	1200 mg/100 cherries	8 days (exercise on day 6)	Marathon race
Kuehl et al. [21]	Healthy male and female runners	28 (TC) 26 (PLA)	38.2 \pm 8.5 32.2 \pm 9.8	1200 mg/100 cherries	8 days (exercise on day 8)	3 running segments of the Hood to Coast relay race (26.3 \pm 2.5 km)
Botwell et al. [31]	Well-trained male athletes (high-intensity intermittent sports)	10 (TC) 10 (PLA)	27.8 \pm 1.6 COD	180 cherries	10 days (exercise on day 8)	Single leg intensive knee extensor training session
Bell et al. [28]	Well trained male cyclists	8 (TC) 8 (PLA)	----- -----	180 cherries	7 days (exercise on days 5, 6 and 7)	A prolonged, high-intensity, stochastic cycling task, 109 min.
Bell et al. [29]	Male trained cyclists	8 (TC) 8 (PLA)	----- -----	180 cherries	7 days (exercise on day 5)	A prolonged, high-intensity, stochastic cycling task, 109 min.
Levers et al. [36]	Resistance trained males	11 (TC) 12 (PLA)	21.18 \pm 3.34 20.58 \pm 1.78	991 mg	10 days (exercise on day 8)	10 sets of 10 repetitions barbell back squat at 70% of RM
Bell et al. [30]	Semi-professional male soccer players	8 (TC) 8 (PLA)	----- -----	180 cherries	7 days (exercise on days 5, 6 and 7)	12 repetitions of 20 m sprint + adapted Loughborough Inter-mittent Shuttle test
Levers et al. [13]	Endurance trained runners or triathletes	11 (TC) 16 (PLA)	20.82 \pm 1.89 22.44 \pm 4.86	991 mg	10 days (exercise on day 8)	Half marathon race
McCormick et al. [37]	Highly trained male Water Polo players	9 (TC) 9 (PLA)	18.6 \pm 1.4 COD	270 cherries	6 days (exercise at the end of day 6)	Match simulation
Beals et al. [27]	Recreationally active male and female subjects	15 (TC) 14 (PLA)	25.9 \pm 9.3 24.6 \pm 2.8	733 mg	12 days (exercise on day 5)	Maximal isokinetic concentric/eccentric contractions of the quadriceps until fatigue
Hillman et al. [34]	Recreationally active male and female subjects	8 (TC) 8 (PLA)	----- -----	90 cherries	10 days (exercise on day 7)	5 sets of 20 drop jumps
Brown et al. [32]	Physically active females	10 (TC) 10 (PLA)	----- -----	180 cherries	8 days (exercise on day 5)	15 repetitions of 30 m sprint
Abbott et al. [26]	Professional male soccer players	10 (TC) 10 (PLA)	19 \pm 1 COD	200 cherries	3 days (exercise after the match on day 1)	Soccer match
Lamb et al. [8]	Non-resistance trained men	12 (TC) 12 (PLA)	IQR: 22.0–33.0 IQR: 22.5–32.0	180 cherries	9 days (exercise on day 5)	5 sets of 10 unilateral maximal eccentric elbow flexions (non dominant arm)

Abbreviations: TC: tart cherry; PLA: placebo; COD: crossover design; IQR: interquartile range.

a total of 35 studies were selected for screening the abstracts (22 with tart cherry supplementation and 13 with pomegranate supplementation). Thirteen studies did not fulfil inclusion criteria and were excluded. Therefore, a total of 22 studies were selected for full text review. Four studies were added from other sources and a total of 26 studies were finally included in the current review: 15 with tart cherry supplementation [8, 13, 21, 26–37] and 11 with pomegranate supplementation [8, 38–47]. One study [8] was repeated because it had two intervention groups, one with TC supplementation and another with PG supplementation. Hence, the total number of studies was actually 25. A summary of this process can be seen in Figure 1.

The characteristics of the 15 studies with TC supplementation have been summarized in Table 1. The sample size ranged from 8 to 28 participants in each group. The TC dosage was very different across the included studies and it was the equivalent to 90 to 270 whole Montmorency tart cherries per day or had a total phenolic content from 590 mg to 1200 mg (~ 100 cherries) per day. The intervention period ranged from 3 days to 12 days. The protocol to induce muscle damage was also very different across the studies. The participants had very different training levels: with no special

requirements (1), non-resistance trained subjects (1) recreationally active subjects (3), resistance trained subjects (1), professional or semi-professional endurance runners (3), well-trained cyclists (2) and professional or semi-professional high-intensity intermittent athletes (rugby, football, taekwondo or water polo) (4).

The characteristics of the 11 studies with PG supplementation have been summarized in Table 2. The sample size ranged from 6 to 17 participants in each group. The PG dosage was very different across the included studies. Only 8 studies specified the total phenolic content, which ranged from 600 to 3840 mg per day. One study did not specify the exact PG dosage but we estimated that it was lower than 200 mg of polyphenols per day [47]. The intervention period ranged from 2 days to 2 months. The protocol to induce muscle damage was also very different across the studies. The participants had very different training levels: with no special requirements (1), no regular physical activity (1), non-resistance trained subjects (2) recreationally active subjects (1), resistance trained subjects (2) endurance trained subjects (1), professional rowers (1), elite weight-lifters (2). One study only specified that the subjects were athletes [42].

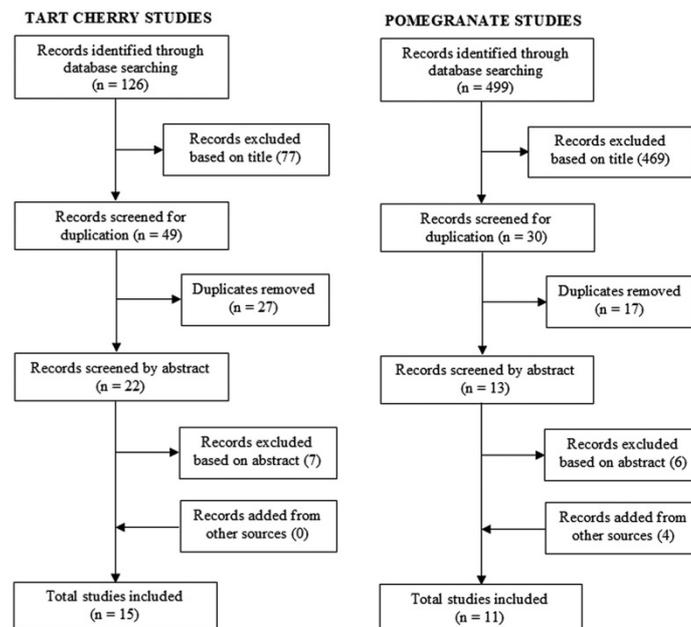


FIG. 1. Flowchart of the search strategy.

Tart cherry and pomegranate for exercise recovery

TABLE 2. Characteristics of the studies with PG supplementation.

Study	Subjects	Groups	Age (years) (mean \pm sd)	Phenolic content per day	Duration	Exercise protocol to induce muscle damage
Trombold et al. [45]	Healthy recreationally active males	16 (PG) 16 (PLA)	22.2 \pm 1.4 COD	1300 mg	9 days (exercise on day 5)	2 sets of 20 maximal eccentric elbow flexions
Trombold et al. [46]	Resistance trained men	17 (PG) 17 (PLA)	21.9 \pm 2.4 COD	1242 mg	15 days (exercise on day 8)	3 sets of 20 maximal eccentric elbow extensions/6 sets of 10 110% RM eccentric knee extensions
Machin et al. [42]	Non resistance trained men	15 (PG 1x) 15 (PG 2x) 15 (PLA)	----- ----- -----	650 mg (1x) 1300 mg (2x)	8 days (exercise on day 4)	20 min downhill running + 40 reps bilateral isotonic 1RM eccentric contractions elbow flexors
Mazani et al. [43]	male athletes	14 (PG) 14 (PLA)	19.07 \pm 1.07 19.78 \pm 0.89	-----	14 days (exercise on day 14)	Exhaustive exercise running on treadmill at 70% maximal HR
Naghizadeh-Baghi et al. [44]	Healthy male athletes	14 (PG) 14 (PLA)	19 \pm 1 20 \pm 0.89	-----	14 days (exercise on day 14)	Severe physical activity (once)
Al-Dujaili et al. [38]	Healthy males and females with no regular physical activity	12 (PG) 12 (PLA)	22.1 \pm 4.6 22.8 \pm 5.1	842.5 mg	7 days (exercise on day 8)	30 minutes moderate treadmill exercise (50% Wmax)
Fuster-Muñoz et al. [41]	Endurance trained male athletes	6 (PG) 6 (PGD) 10 (PLA)	35.2 \pm 8.5 37.5 \pm 11.4 33.3 \pm 9.0	2200 mg (PG) 1100 mg (PGD)	21 days (normal exercise training)	Endurance based training more than 1 h per session and more than 3 sessions per week
Ammar et al. [39]	Male elite weightlifters	9 (PG) 9 (PLA)	21 \pm 0.5 COD	3840 mg + 2560 pre-exercise	2 days (exercise on day 3)	1 h and 45 minutes of habitual training program
Ammar et al. [40]	Male elite weightlifters	9 (PG) 9 (PLA)	21 \pm 1 COD	3840 mg + 2560 pre-exercise	2 days (exercise on day 3)	1 h and 45 minutes of habitual training program
Urbaniak et al. [47]	Male rowers of the polish national team	10 (PG) 9 (PLA)	20.08 \pm 0.86 20.90 \pm 0.95	< 200 mg	2 months (exercise before/ after supplementation)	2000 m rowing at maximal pace
Lamb et al. [8]	Non-resistance trained men	12 (PG) 12 (PLA)	IQR: 21.0–32.5 IQR: 22.5–32.0	1758 mg	9 days (exercise on day 5)	5 sets of 10 unilateral maximal eccentric elbow flexions (non dominant arm)

Abbreviations: PG: pomegranate; PGD: pomegranate diluted; PLA: placebo; RM: repetition maximum; COD: crossover design; IQR: interquartile range.

TABLE 3. Variables measured and summary of findings of the studies with TC supplementation.

Study	Functional performance variables and perceptual variables	Biochemical markers of inflammation and oxidative stress	Significant differences in TC group (vs PLA group).
Connolly et al. [33]	Relaxed elbow angle, MIVCEF. Pain and muscle tenderness of the elbow flexors. Measurements: baseline and 24, 48, 72 and 96 h post	-----	< MIVCEF loss post (overall treatment effect) < pain post (overall treatment effect)
Howatson et al. [35]	MIVCKE. DOMS of the quadriceps. Measurements: baseline, pre, post and 24 h and 48 h post	CRP, IL-6, UA, TAS, MDA, PC. Measurements: baseline, pre, post and 24 h and 48 h post	> MIVCKE 24 h and 48 h post < CRP 24 h and 48 h post < UA post and 24 h post > TAS pre, post and 24 h and 48 h post < MDA 48 h post
Kuehl et al. [21]	Pain	-----	< Pain post exercise
Botwell et al. [31]	MIVCKE. DOMS of the quadriceps. Measurements made baseline, pre-exercise, post-exercise and 24 and 48 h post	CRP, TNit, PC, TAS. Measurements made pre-exercise, post-exercise and 24 and 48 h post	> Recovery of MIVCKE at 24 and 48 h post < PC 24 h and 48 h post < CRP in all time points (trends)
Bell et al. [28]	-----	TNF- α , IL-1 β , IL-6, IL-8, CRP. LOOH. Measurements: baseline and pre/post each trial (days 5, 6 and 7)	< LOOH in all trial period < IL-6 following trial 2 and 3 < CRP after baseline
Bell et al. [29]	CE, MIVCKE, 6-s PCP. DOMS of the lower limb. Measurements: baseline and 24 h, 48 h and 72 h post trial	TNF- α , IL-1 β , IL-6, IL-8, CRP. LOOH. Measurements: baseline, pre/post trial and 1 h, 3 h, 5 h, 24 h, 48 h and 72 h post trial	> MIVCKE 24 h, 48 h and 72 h post < IL-6 post (overall treatment effect) < CRP in all time points < DOMS (trends)
Levers et al. [36]	IKEMVC. DOMS of the quadriceps. Measurements: baseline (not DOMS), pre and 60 min, 24 h and 48 h post	IL-2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12p70, 13, TNF- α , IFN- γ , GM-CSF. Tbil, SOD, TAS, MDA, NT. Measurements: baseline, pre, and 60 min, 24 h and 48 h post	< DOMS post, 24 h and 48 h post
Bell et al. [30]	20 m sprint, 5–0–5 agility test, CMJ, MIVCKE. DOMS of the lower limb. Measurements: baseline and 24 h, 48 h and 72 h post trial	TNF- α , IL-1 β , IL-6, CRP. LOOH. Measurements: baseline, pre/post trial and 1 h, 3 h, 5 h, 24 h, 48 h and 72 h post trial	> MIVCKE, CMJ 24 h, 48 h, 72 h post < DOMS, 20 m sprint time, 5–0–5 agility test time across 72 h post < IL-6 (overall treatment effect)
Levers et al. [13]	DOMS of the quadriceps. Measurements: pre and 60 min, 24 h and 48 h post	IL-1 β , 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12p70, 13, TNF- α , IFN- γ , GM-CSF. Tbil, UA, SOD, TAS, MDA, NT. Measurements: baseline, pre and 60 min, 24 h and 48 h post	< IL-2, IL-13 post, 24 h and 48 h post < IL-6 post > TAS 48 h post < DOMS pre
McCormick et al. [37]	On-water VJ test, 10 m sprint, repeat sprint test, WIST, TQR. DOMS of the overall body. Measurements: day 1 and 7	IL-6, CRP. Measurements: day 6 and 7. UA, F2-IsoP. Measurements: baseline, day 6 pre and post, and day 7	No significant differences between groups
Beals et al. [27]	ROM of the knee, IKEMVC. Muscle tenderness, muscle pain of the quadriceps. Measurements: baseline, post and 24 h, 48 h, 72 h and 168 h post	TNF- α , IFN- γ , IL-1 β , IL-6, IL-8, IL-10, IL-12p70. Measurements: baseline, post and 24 h, 48 h, 72 h and 168 h post	No significant differences between groups

Tart cherry and pomegranate for exercise recovery

TABLE 3. Continue.

Study	Functional performance variables and perceptual variables	Biochemical markers of inflammation and oxidative stress	Significant differences in TC group (vs PLA group).
Hillman et al. [34]	CMJ, ROM of the knee flexors. DOMS of the lower limb. Measurements: 6 days and 24 h pre, post and 24 h, 48 h and 72 h post	MPO, ORAC. Measurements: 6 days and 24 h pre, post and 24 h, 48 h and 72 h post	> ORAC at 48 h post
Brown et al. [32]	SRT, CMJ, RSI, MIVCKE. DOMS and pain of the lower limb. Measurements: pre, post and 24 h, 48 h and 72 h post	CRP. Measurements: baseline, pre, post and 24 h, 48 h and 72 h post	> CMJ across 72 h post < DOMS (trends)
Abbott et al. [26]	CMJ, RSI, SW. DOMS. Measurements: 2 days pre-match and 12 h, 36 h and 60 h post	-----	No differences between groups
Lamb et al. [8]	MIVCEF, ROM of the elbow. DOMS of the elbow flexors. Measurements: pre, post and 24 h, 48 h, 72 h and 96 h post	-----	No differences between groups

Abbreviations: MIVCEF: maximal isometric voluntary contraction of the elbow flexors; DOMS: muscle soreness; MIVCKE: maximal isometric voluntary contraction of the knee extensor; IKEMVC: isokinetic knee extension maximal voluntary contraction; CE: cycling economy; PCP: peak cycling power; CMJ: countermovement jump; VJ: vertical jump; WIST: Water Polo Intermittent Shuttle Test; TQR: total quality of recovery; ROM: range of motion; SRT: sit and reach test (for hamstrings stiffness and flexibility); RSI: reactive strength index; SW: subjective wellbeing; CRP: C-reactive protein; IL: interleukin; UA: uric acid; TAS: total antioxidant status; MDA: malondialdehyde; PC: protein carbonyls; TNit: total nitrotyrosine; TNF- α : tumor necrosis factor alpha; LOOH: lipid hydroperoxides; IFN- γ : interferon- γ ; GM-CSF: granulocyte-macrophage colony-stimulating factor; Tbil: total bilirubin; SOD: superoxide dismutase; NT: nitrotyrosine; F2-IsoP: F2 isoprostane; MPO: myeloperoxidase; ORAC: oxygen radical absorbance capacity; pre: pre-exercise; post: post-exercise; TC: tart cherry; PLA: placebo.

Effects of supplementation on functional performance variables

Twelve studies analysed the effects of TC supplementation on any of the following functional performance variables: maximal isometric voluntary contraction of the elbow flexors (MIVCEF), maximal isometric voluntary contraction of the knee extensor (MIVCKE), isokinetic knee extension maximal voluntary contraction (IKEMVC), cycling economy (CE), peak cycling power (PCP), countermovement jump (CMJ), on-water vertical jump test (VJ), Water Polo Intermittent Shuttle Test (WIST), total quality of recovery (TQR), range of motion (ROM), relaxed elbow angle, sit and reach test for hamstring stiffness and flexibility (SRT) and reactive strength index (RSI). Two studies measured MIVCEF, five studies evaluated MIVCKE and two studies measured IKEMVC. Five of these studies found significantly better recovery of these variables after exercise in the TC group (vs PLA). Two studies assessed CMJ height and only one of them found a significantly higher CMJ after exercise in the TC group (vs PLA). The complete summary of findings for functional performance variables in TC intervention studies can be seen in Table 3.

Four studies analysed the effects of PG supplementation on any of the following functional performance variables: MIVCEF, MIVCKE

and ROM. Four studies analysed MIVCEF and three of them found significantly better post-exercise recovery in the PG group (vs PLA). Two studies measured MIVCKE and only one of them found significantly better post-exercise recovery in the PG group (vs PLA). The complete summary of findings for functional performance variables in PG intervention studies can be seen in Table 4.

Effects of supplementation on perceptual variables

Fourteen studies analysed the effects of TC supplementation on any of the following perceptual variables: muscle soreness (DOMS); muscle tenderness, pain intensity and subjective wellbeing (SW). Eleven studies assessed muscle soreness (DOMS) and four of them found that DOMS were significantly lower (or showed a tendency to lower values) after exercise in the TC group (vs PLA). Three studies measured muscle pain and two of them found that pain intensity was significantly lower after exercise in the TC group (vs PLA). The complete summary of findings for perceptual variables in TC intervention studies can be seen in Table 3.

Five studies analysed the effects of PG supplementation on DOMS (perceptual variable) and three of them found that DOMS were

TABLE 4. Variables measured and summary of findings of the studies with PG supplementation.

Study	Functional performance variables and perceptual variables	Biochemical markers of inflammation and oxidative stress	Significant differences in PG group (vs PLA group).
Trombold <i>et al.</i> [45]	MIVCEF. DOMS of the elbow flexors. Measurements made baseline, pre-exercise and 2, 24, 48, 72 and 96 h post	IL-6, CRP. Measurements made baseline and 2, 24, 48, 72, and 96 h post	> recovery of MIVCEF from 24 h to 72 h post < DOMS of the elbow flexors 2 h post
Trombold <i>et al.</i> [46]	MIVCEF, MIVCKE. DOMS of the elbow flexors and knee extensors. Measurements: pre and 2 h, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h and 168 h post	-----	> MIVCEF post (overall treatment effect) < DOMS of the elbow flexors post (overall treatment effect)
Machin <i>et al.</i> [42]	MIVCEF, MIVCKE. DOMS of knee extensors and elbow flexors. Measurements: pre and 2 h, 24 h, 48 h, 72 h and 96 h post	-----	> MIVCEF in PG 1x and PG 2x post (overall treatment effect) > MIVCKE in PG 1x and PG 2x post (overall treatment effect)
Mazani <i>et al.</i> [43]	-----	MMP2, MMP9, CRP, CP levels. TAC, SOD, GPX, MDA, Zn levels. Measurements: baseline, pre and post	< MMP2, MMP9, CRP pre > GPX, SOD, TAC and < MDA pre < MMP2, MMP9, CP post > GPX, SOD post and < MDA post
Naghizadeh-Baghi <i>et al.</i> [44]	-----	PON1, ARE, TAC, MDA, GLU, SOD, GPX. Measurements: baseline, pre and post	> ARE, GPX, SOD, TAC, GLU pre < MDA pre > ARE, GPX, SOD, TAC post < MDA post
Al-Dujaili <i>et al.</i> [38]	-----	MDA. Measurements: before and after supplementation (both post-exercise)	Only pre-post comparison: (not between-groups comparisons) < MDA in PG, not changes in PLA
Fuster-Muñoz <i>et al.</i> [41]	-----	CRP. PC, MDA, sE-S. Measurements: day 0 and day 22	< PC, MDA in PG and PG diluted post
Ammar <i>et al.</i> [39]	DOMS of knee extensors/elbow flexors. Measurements: 48 h post	CRP. Measurements: pre, post and 48 h post	< DOMS of knee extensors 48 h post < CRP post
Ammar <i>et al.</i> [40]	-----	CAT, GPX, MDA, UA, Tbil. Measurements: pre, post and 48 h post	> CAT, GPX, UA, Tbil post < MDA post > CAT, GPX, UA, Tbil, MDA decrease 48 h post
Urbaniak <i>et al.</i> [47]	-----	IL-6, HEP. TAC, UA. Measurements: pre, post and 24 h post	> TAC 24 h post
Lamb <i>et al.</i> [8]	MIVCEF, ROM of the elbow. DOMS of the elbow flexors. Measurements: pre, post and 24 h, 48 h, 72 h and 96 h post	-----	No differences between groups

Abbreviations: MIVCEF: maximal isometric voluntary contraction of the elbow flexors; MIVCKE: maximal isometric voluntary contraction of the knee extensor; DOMS: muscle soreness; ROM: range of motion; MPP2: metalloproteinase 2; MPP9: metalloproteinase 9; CRP: C-reactive protein; CP: ceruloplasmin; TAC: total antioxidant capacity; SOD: superoxide dismutase; GPX: glutathione peroxidase; MDA: malondyaldehyde; PON1: Paraoxonase 1; ARE: Arilesterase; GLU: glutathion; PC: protein carbonyls; sE-S: Se-Selectin; CAT: catalase; UA: uric acid; Tbil: total bilirubin; IL: interleukin; HEP: hepcidin; pre: pre-exercise; post: post-exercise; PG: pomegranate; PLA: placebo.

Tart cherry and pomegranate for exercise recovery

significantly lower at any time after exercise in the PG group (vs PLA). The complete summary of findings for perceptual variables in PG intervention studies can be seen in Table 4.

Effects of supplementation on markers of inflammation

Ten studies analysed the effects of TC supplementation on any of the following inflammatory markers: C-reactive protein (CRP), interleukin (IL) 1 β , 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12p70 and 13, tumour necrosis factor alpha (TNF- α), interferon- γ (IFN- γ) and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF). Seven studies measured CRP levels and three of them found a significantly lower post-exercise CRP level in the TC group (vs PLA). Eight studies evaluated IL-6 levels and four of them found a significantly lower post-exercise IL-6 level in the TC group (vs PLA). The complete summary of findings for markers of inflammation in TC intervention studies can be seen in Table 3.

Five studies analysed the effects of PG supplementation on any of the following inflammatory markers: metalloproteinase 2 (MPP2), metalloproteinase 9 (MPP9), CRP, ceruloplasmin (CP), IL-6 and hepcidin (HEP). One of them found significantly lower levels of MPP2, MPP9 and CP after exercise in the PG group (vs PLA) and another study showed significant lower values of CRP in the PG group (vs PLA). The complete summary of findings for markers of inflammation in PG intervention studies can be seen in Table 4.

Effects of supplementation on markers of oxidative stress

Nine studies analysed the effects of TC supplementation on any of the following markers of oxidative stress: uric acid (UA), total antioxidant status (TAS), malondialdehyde (MDA), protein carbonyls (PC), total nitrotyrosine (TNit), lipid hydroperoxides (LOOH), total bilirubin (Tbil), superoxide dismutase (SOD), nitrotyrosine (NT), F2 isoprostane (F2-IsoP), myeloperoxidase (MPO) and oxygen radical absorbance capacity (ORAC). Three studies measured UA levels but only one of them found significantly lower levels of UA after exercise in the TC group (vs PLA). Four studies evaluated TAS and two of them found significantly higher values after exercise in the TC group (vs PLA). Three studies assessed MDA levels but only one found significantly lower levels of MDA 48 h after exercise in the TC group (vs PLA). Three studies measured LOOH levels but only one of them found significant lower levels of LOOH after exercise in the TC group (vs PLA). The details of the effects of TC supplementation on markers of oxidative stress have been summarized in Table 3.

Six studies analysed the effects of PG supplementation on any of the following markers of oxidative stress: total antioxidant capacity (TAC), SOD, glutathione peroxidase (GPX), MDA, paraoxonase 1 (PON1), arylesterase (ARE), glutathione (GLU), PC, sE-selectin (sE-S), catalase (CAT), UA and Tbil. Four studies measured MDA levels and three of them found significantly lower levels in the PG group (vs PLA). The fourth study did not make between-groups comparisons but found significantly lower MDA levels after exercise vs pre-exercise only in the PG group. Three studies evaluated TAC

levels and the three of them found significantly higher CAT levels after exercise in the PG group (vs PLA). Two studies assessed GPX levels and both of them found significantly higher values after exercise in the PG group (vs PLA). Two studies measured UA levels but only one of them found a significantly higher increase in UA levels in PG (vs PLA). The details of the effects of PG supplementation on markers of oxidative stress have been summarized in Table 4.

Methodological quality of studies

The methodological quality scores of the fifteen studies with TC supplementation can be seen in Table 5. The scores of the eleven studies with PG supplementation can be seen in Table 6.

Quality scores ranged from five to nine (of a maximum of ten), with a mean PEDro score of 7.27 ± 1.29 for studies with TC supplementation and 6.55 ± 1.44 for studies with PG supplementation. 16 studies failed to have a concealed allocation, 12 studies failed to achieve similar baseline values for the primary outcome measure and 21 studies did not have blinding of all assessors who measured at least one key outcome. Only 5 studies were deemed high quality while the rest were considered to be of moderate quality.

DISCUSSION

TC and PG supplementation may aid exercise performance and recovery by mitigating oxidative stress and inflammation due to their high content of polyphenols. However, the types and distribution of polyphenols in TC and PG are not the same and, in addition, the polyphenols in the human diet are not necessarily the most active within the body, either because they have a lower intrinsic activity or because they are poorly absorbed from the intestine, highly metabolized or rapidly eliminated [48]. Knowledge of the types and bioavailability of polyphenols in those two fruits is necessary to evaluate their biological activity within target tissues [49].

However, the exact polyphenol composition of the supplementation servings is not provided in most articles and the bioavailability of the phenolic compounds depends on many factors, such as food processing, food matrix, food diet and the individual subject [49]. For these reasons the discussion of this systematic review will be carried out considering only the total phenolic content per day (or the equivalent in number of cherries per day).

Effects of supplementation on functional performance and perceptual variables

Twelve studies with TC supplementation analysed any functional performance variable and six of them [29–33, 35] found significantly better recovery of any of those variables after exercise in the TC group (vs PLA). Four studies with PG supplementation analysed any functional performance variable and three of them [42, 45, 46] found significantly better recovery of any of those variables after exercise in the PG group (vs PLA).

Therefore, there were six studies with TC supplementation and one with PG supplementation that, apparently, did not find any

TABLE 5. Methodological quality of the studies with TC supplementation assessed with the PEDro scale.

Items	Connolly et al. [33]	Howatson et al. [35]	Kuehl et al. [21]	Botwell et al. [31]	Bell et al. [28]	Bell et al. [29]	Levers et al. [36]	Bell et al. [30]	Levers et al. [13]	McCormick et al. [37]	Beals et al. [27]	Hillman et al. [34]	Brown et al. [32]	Abbott et al. [26]	Lamb et al. [8]
1. Eligibility criteria were specified	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received)	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+
3. Allocation was concealed	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-
5. There was blinding of all subjects	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total score	7	6	5	8	7	7	7	8	6	9	9	6	6	9	9

Tart cherry and pomegranate for exercise recovery

TABLE 6. Methodological quality of the studies with PG supplementation assessed with the PEDro scale.

Items	Trombold et al. [45]	Trombold et al. [46]	Mazani et al. [43]	Machin et al. [42]	Naghizadeh-B. et al. [44]	Fuster-Muñoz et al. [41]	Al-Dujaili et al. [38]	Ammar et al. [39]	Ammaret al. [40]	Urbaniak et al. [47]	Lamb et al. [8]
1. Eligibility criteria were specified	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received)	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
3. Allocation was concealed	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-
5. There was blinding of all subjects	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total score	8	8	6	8	5	7	5	5	5	6	9

potential nutritional aid in TC or PG supplementation with regard to functional performance variables.

Fourteen studies analysed the effects of TC supplementation on any perceptual variable and seven of them [13, 21, 29, 30, 32, 33, 36] found significantly better recovery (or a tendency) of any of those variables after exercise in the TC group (vs PLA). Five studies analysed the effects of PG supplementation on perceptual variables and three of them [39, 45, 46] found that DOMS were significantly lower at any time after exercise in the PG group (vs PLA). Therefore, there were seven studies with TC supplementation and two with PG supplementation that, apparently, did not find any potential nutritional aid in TC or PG supplementation with regard to perceptual variables.

There are some potential factors that may have masked the ergogenic effect of those supplementations in most studies: 1) The reviewed studies included subjects with different training levels (recreationally to elite athletes) and lower muscle damage following exercise are registered in well trained subjects; 2) The total phenolic content per day was too low or the supplementation period was too short; 3) The muscle damage protocol did not effectively induce pronounced muscle damage.

However, four studies present contradictory results. Botwell *et al.* [31] and Howatson *et al.* [35] found significant differences between groups for any functional performance variable but not for perceptual variables. The participants in these studies were well-trained athletes who regularly performed the exercises used to induce DOMS, and it is probable that due to the repeated bout effect the authors were not able to induce enough muscle soreness. As stated by Botwell *et al.* [31], this fact may have limited the ability to detect any effect of the supplementation.

Levers *et al.* [36] found significant differences for DOMS and not for functional performance variables and Machin *et al.* [42] found significant differences for functional performance variables but not for DOMS. The possible explanation for a reduction of DOMS not accompanied with improvements in muscle function and vice versa remains unclear and supports the presumption that the muscle damage protocol was not sufficiently intense [50].

Thus, even with some contradictory results, there is moderate evidence that, with a sufficient degree of muscle damage, a long enough supplementation period with enough total phenolic content per day, TC or PG supplementation may be effective to accelerate recovery of functional performance and perceptual variables after EIMD. After reviewing the articles included in this review, we can suggest that neither of the two types of supplementation is superior to the other with regard to recovery of functional performance or perceptual variables.

Effects of supplementation on markers of inflammation

Ten studies analysed the effects of TC supplementation on any inflammatory marker. Six of them [13, 28–31, 35] found significantly better recovery (or a tendency) of any of those variables after exercise in the TC group (vs PLA). The other four [27, 32, 36, 37] did not

find significant differences between groups. The low dosage of phenolic compounds and a low initial muscle damage could be the reasons for the results found by Beals *et al.* [27] and Levers *et al.* [36] because they supplemented with 733 mg/day and 991 mg/day and the subjects experienced only a decline in muscle strength after exercise of ~3% and ~18%, respectively. McKormick *et al.* [37] gave the same two potential explanations for their results: the low phenolic content per day of their supplementation protocol and the low mechanical strain induced by a water polo match simulation in highly trained water polo players. The supplementation used by Brown *et al.* [32] was not low in phenolic compounds but they stated that the repeated-sprint protocol used did not appear to induce a large inflammatory response.

Five studies analysed the effects of PG supplementation on any inflammatory marker, but only two of them [39, 43] found significantly better recovery of any of those variables after exercise in the PG group (vs PLA). The other three [41, 45, 47] did not find significant differences between groups. However, Fuster-Muñoz *et al.* [41] used an habitual training programme as the protocol to create muscle damage and maybe they did not effectively induce pronounced muscle damage. The muscle damage protocol used by Urbaniak *et al.* [47] was 2000 m rowing at maximal pace but it took place during the competitive period when the body of a well-trained athlete is adapted to cover that distance even twice in a single day, leading to a lack of statistically significant changes in inflammatory marker concentrations [47]. In the study conducted by Trombold *et al.* [45] the muscle mass involved in the protocol was small and maybe it was not sufficient to elevate a marker of systemic inflammation.

Therefore, even if the results are not conclusive, it appears that TC or PG supplementation with enough content of phenolic compounds per day may accelerate recovery of inflammatory markers after a pronounced inflammatory response to EIMD. We do not find conclusive results to believe that one type of supplementation is superior to the other with regard to inflammatory response.

Effects of supplementation on markers of oxidative stress

Nine studies analysed the effects of TC supplementation on any marker of oxidative stress and five of them [13, 28, 31, 34, 35] found significantly better recovery of any of those variables after exercise in the TC group (vs PLA). The other four [29, 30, 36, 37] did not find significant differences between groups. Bell *et al.* [29, 30] did not find significant differences between groups in LOOH but they found significant differences in inflammatory markers. Moreover, Bell *et al.* [28] found significant differences between groups in LOOH with exactly the same supplementation period, dosage and muscle damage protocol as Bell *et al.* [29]. These results suggest that the use of LOOH as a measure of oxidative stress may not be the best option, which is confirmed by Palmieri & Sblendorio [51]. Levers *et al.* [36] and McKormick *et al.* [37] supplemented with a low quantity of phenolic compounds per day and the subjects experimented a low

Tart cherry and pomegranate for exercise recovery

initial level of muscle damage. These two reasons may explain why antioxidant activity was not affected by supplementation.

There is one study with contradictory results: Hillman et al. [34] found higher values in ORAC after exercise in the supplementation group (vs PLA) but did not find differences for the rest of the measured variables. However, they concluded that the muscle damage protocol used induced only mild symptoms of muscle damage and maybe the total phenolic content of each serving was too low to elicit recovery of all the variables that changed after exercise [34].

Six studies analysed the effects of PG supplementation on any marker of oxidative stress and all of them [38, 40, 41, 43, 44, 47] found significantly better recovery of any of those variables after exercise in the PG group (vs PLA). However, Fuster-Muñoz et al. [41] and Urbaniak et al. [47] did not find significant differences between groups in markers of inflammation, probably because the muscle damage protocol induced only mild symptoms of muscle damage but it was enough to provide significantly better recovery of markers of oxidative stress in the TC group (vs PLA).

Hence, it also appears that TC or PG supplementation with enough content of phenolic compounds per day may accelerate recovery of markers of oxidative stress after a pronounced inflammatory response to EIMD. However, given that all the studies with PG supplementation found better recovery of markers of oxidative stress, even with low phenolic content of the servings and a low initial muscle damage, we suggest that PG supplementation is more effective in promoting post-exercise oxidative stress recovery after EIMD than TC supplementation. The most likely reason is the different bioavailability of the phenolic contents in PG and TC because they are both rich sources of anthocyanins, but their profiles of other polyphenols differ [8].

Limitations

The findings from this review must be treated with caution due to 1) the heterogeneity in study design across included studies, 2) the small sample sizes of some studies, leading to low statistical power, 3) the high number of studies that scored only 5/6 points in the PEDro scale, and 4) the low number of studies with PG supplementation evaluating functional performance variables, perceptual variables and markers of inflammation.

There are some other limitations that may affect outcomes. Some of the studies used a crossover design which may have attenuated the response of the body to intense exercise due to the repeated bout effect. Most of the crossover studies have a wash-out period of at least two weeks and used different limbs for each trial, minimizing any repeated bout effect. However, the protective effect is not always isolated to the specific muscle/limb and can last for more than 2 weeks [31]. Another important consideration when a cross-over design is carried out is that the beneficial effect of the supplementation can persist for more than two weeks and can also affect outcomes in the second supplementation arm of the study [18].

It is also important to note that the purpose of the different studies was not always the same. Some of the studies were carried out

with untrained individuals while others were carried out with elite athletes. Moreover, some of the studies with well-trained individuals analysed the influence of supplementation on recovery from habitual training sessions while others analysed the influence on recovery from an extremely intense bout of exercise.

Some studies controlled the background diet while others did not and the subjects consumed their habitual diet, which could be rich in polyphenols, possibly affecting results. The dietary records should be included in the studies to take into account this extra polyphenol intake.

Finally, there are some inconsistencies regarding the total phenolic content of the supplements: the same supplement analysed by three different laboratories showed great differences in the total phenolic content. Subtle differences in the analysis methods might contribute to differences in the total phenolic content but great variations are probably due to inter-batch differences [52], which make it essential to analyse the supplements before the interventions and not to use the results reported from previous analysis.

CONCLUSIONS

Despite some conflicting results, after reviewing the 25 studies included in this systematic review, we can conclude that TC supplementation and PG supplementation are effective nutrients to promote recovery after EIMD. We suggest that both types of supplementation have approximately the same potential to accelerate recovery of functional performance variables, perceptual variables and inflammation but the results show better recovery of oxidative stress with PG supplementation. However, new investigations comparing these two types of supplementation with exactly the same total polyphenol content are needed.

Based on the results of the studies assessed, positive effects are more likely: 1) when supplementation starts some days before muscle damage is induced and finishes some days after, for a total period of at least 8/10 days, and 2) with pronounced muscle damage of the muscles involved.

Due to the inconsistencies found in the studies included in this review regarding the total phenolic content of the supplements, further research is needed to determine the optimal dosage, and we strongly recommend future researchers to analyse the supplements before the interventions. We also recommend that future studies include at least two variables to measure performance, inflammation and oxidative stress to confirm the potential positive effects on recovery after EIMD.

Acknowledgements

The authors report no technical assistance and no financial support for this study.

Declaration of interest

The authors report no conflict of interest.

REFERENCES

- Bloomer RJ, Goldfarb AH. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. *Can J Appl Physiol.* 2004; 29(3):245–263.
- Fisher-Wellman K, Bloomer RJ. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dyn Med.* 2009;8:1.
- Powers SK, Ji LL, Leeuwenburgh C. Exercise training induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(7):987–997.
- Buchwald-Werner S, Naka I, Wilhelm M, Schütz E, Schoen C, Reule C. Effects of lemon verbena extract (Recoverben®) supplementation on muscle strength and recovery after exhaustive exercise: a randomized, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;23:15:5.
- Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med.* 2008;38:483–503.
- Kobayashi Y, Takeuchi T, Hosoi T, Yoshizaki H, Loepky JA. Effect of a marathon run on serum lipoproteins, creatine kinase, and lactate dehydrogenase in recreational runners. *Res Q Exerc Sport.* 2005;76:450–5.
- Clarkson PM., Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002; 81(11):52–69.
- Lamb KL, Ranchordas MK, Johnson E, Denning J, Downing F, Lynn A. No Effect of Tart Cherry Juice or Pomegranate Juice on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage in Non-Resistance Trained Men. *Nutrients.* 2019;14:11(7). pii: E1593.
- O'Fallon K, Kaushik D, Michniak-Kohn B, Dunne CP, Zambraski EJ, Clarkson PM. Effects of Quercetin Supplementation on Markers of Muscle Damage and Inflammation After Eccentric Exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012; 22(6):430–437.
- Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: Cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev.* 2008; 88(4):1243–1276.
- Donnelly AE, McCormick K, Maughan RJ, Whiting PH, Clarkson PM. Effects of a non-steroidal anti-inflammatory drug on delayed onset muscle soreness and indices of damage. *Br J Sports Med.* 1988;22:35–38.
- Lynn A, Garner S, Nelson N, Simper TN, Hall AC, Ranchordas MK. Effect of bilberry juice on indices of muscle damage and inflammation in runners completing a half-marathon: a randomised, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15:22.
- Levers K, Dalton R, Galvan E, O'Connor A, Goodenough C, Simbo S, Mertens-Talcott SU, Rasmussen C, Greenwood M, Riechman S, Crouse S, Kreider RB. Effects of powdered Montmorency tart cherry supplementation on acute endurance exercise performance in aerobically trained individuals. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016;26(13):22.
- Peake JM, Suzuki K, Coombes JS. The influence of antioxidant supplementation on markers of inflammation and the relationship to oxidative stress after exercise. *J Nutr Biochem.* 2007; 18(6):357–371.
- Skarpanska-Stejnborn A, Basta P, Pilaczynska-Szczesniak L, Horoszkiewicz-Hassan M. Black grape extract supplementation attenuates blood oxidative stress in response to acute exercise. *Biol Sport.* 2010; 27(1):41–46.
- Sadowska-Krępa E, Kłapcińska B, Podgórski T, Szade B, Tyl K, Hadzik A. Effects of supplementation with acai (Euterpe oleracea Mart.) berry-based juice blend on the blood antioxidant defence capacity and lipid profile in junior hurdlers. A pilot study. *Biol Sport.* 2015;32(2):161–168.
- Vitale KC, Hueglin S, Broad E. Tart Cherry Juice in Athletes: A Literature Review and Commentary. *Curr Sports Med Rep.* 2017;16(4):230–239.
- Ammar A, Bailey SJ, Chtourou H, Trabelsi K, Turki M, Hökelmann A, Souissi N. Effects of pomegranate supplementation on exercise performance and post-exercise recovery in healthy adults: a systematic review. *Br J Nutr.* 2018;120(11):1201–1216.
- Guo C, Wei J, Yang J, Xu J, Pang W, Jiang Y. Pomegranate juice is potentially better than apple juice in improving antioxidant function in elderly subjects. *Nutr Res.* 2008;28, 72–7.
- Kaplan M, Hayek T, Raz A, Coleman R, Dornfeld L, Vaya J, Aviram M. Pomegranate juice supplementation to atherosclerotic mice reduces macrophage lipid peroxidation, cellular cholesterol accumulation and development of atherosclerosis. *J Nutr.* 2001; 131:2082–2089.
- Kuehl KS, Perrier ET, Elliot DL, Chesnutt JC. Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7;7:17.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann Intern Med.* 2009;151 (4):65–94.
- Verhagen AP, de Vet HC, de Bie RA, Kessels AG, Boers M, Bouter LM, Knipschild PG. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clin Epidemiol.* 1998; 51:1235–1241.
- Moseley AM, Herbert RD, Maher CG, Sherrington C, Elkins MR. Reported quality of randomized controlled trials of physiotherapy interventions has improved over time. *J Clin Epidemiol.* 2011; 64:594–601.
- Neal BS, Barton CJ, Gallie R, O'Halloran P, Morrissey D. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture.* 2016;45:69–82.
- Abbott W, Brashill C, Brett A, Clifford T. Tart Cherry Juice: No Effect on Muscle Function Loss or Muscle Soreness in Professional Soccer Players After a Match. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;15(2):249–254.
- Beals K, Allison KF, Damella M, Lovalekar M, Bakera R, Nieman DC, Vodovotz Y, Lephart SM. The effects of a tart cherry beverage on reducing exercise-induced muscle soreness. *Isokinet Exerc Sci.* 2017;25:53–63.
- Bell PG, Walshe IH, Davison GW, Stevenson E, Howatson G. Montmorency Cherries Reduce the Oxidative Stress and Inflammatory Responses to Repeated Days High-Intensity Stochastic Cycling. *Nutrients.* 2014;6:829–843.
- Bell PG, Walshe IH, Davison GW, Stevenson EJ, Howatson G. Recovery facilitation with Montmorency cherries following high-intensity, metabolically challenging exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40:414–423.
- Bell PG, Stevenson E, Davison GW, Howatson G. The Effects of Montmorency Tart Cherry Concentrate Supplementation on Recovery Following Prolonged, Intermittent Exercise. *Nutrients.* 2016; 8:441.
- Botwell JL, Sumners DP, Dyer A, Fos P, Mileva KN. Montmorency Cherry Juice Reduces Muscle Damage Caused by Intensive Strength Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(8):1544–5.
- Brown MA, Stevenson EJ, Howatson G. Montmorency tart cherry (Prunus cerasus L.) supplementation accelerates recovery from exercise-induced muscle damage in females. *Eur J Sport Sci.* 2018;19(1):95–102.
- Connolly DAJ, McHugh MP, Padilla-Zakour OI, Carlson L, Sayers SP. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med.* 2006;40:679–683.

Tart cherry and pomegranate for exercise recovery

34. Hillman AR, Taylor BCR, Thompkins D. The effects of tart cherry juice with whey protein on the signs and symptoms of exercise-induced muscle damage following plyometric exercise. *J Funct Foods*. 2017;29:185–192.
35. Howatson G, McHugh MP, Hill JA, Brouner J, Jewell AP, van Someren KA, Shave RE, Howatson SA. Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:843–52.
36. Levers K, Dalton R, Galvan E, Goodenough C, O'Connor A, Simbo S, Barringer N, Mertens-Talcott SU, Rasmussen C, Greenwood M, Riechman S, Crouse S, Kreider RB. Effects of powdered Montmorency tart cherry supplementation on an acute bout of intense lower body strength exercise in resistance trained males. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015;12:41.
37. McCormick R, Peeling P, Binnie M, Dawson B, Sim M. Effect of tart cherry juice on recovery and next day performance in well-trained Water Polo players. *J Int Soc Sports Nutr*. 2016; 13:41.
38. Al-Dujaili EAS, Good G, Tsang C. Consumption of Pomegranate Juice Attenuates Exercise – Induced Oxidative Stress, Blood Pressure and Urinary Cortisol/Cortisone Ratio in Human Adults. *EC Nutr*. 2016;4.6:982–995
39. Ammar A, Turki M, Chtourou H, Hammouda O, Trabelsi K, Kallel C, Abdelkarim O, Hoekelmann A, Bouaziz M, Ayadi F, Driss T, Souissi N. Pomegranate Supplementation Accelerates Recovery of Muscle Damage and Soreness and Inflammatory Markers after a Weightlifting Training Session. *PLoS One*. 2016;11(10):e0160305.
40. Ammar A, Turki M, Hammouda O, Chtourou H, Trabelsi K, Bouaziz M, Abdelkarim O, Hoekelmann A, Ayadi F, Souissi N, Bailey SJ, Driss T, Yaich S. Effects of Pomegranate Juice Supplementation on Oxidative Stress Biomarkers Following Weightlifting Exercise. *Nutrients*. 2017; 9:819.
41. Fuster-Muñoz E, Roche E, Funes L, Martínez-Peinado P, Sempere JM, Vicente-Salar N. Effects of pomegranate juice in circulating parameters, cytokines, and oxidative stress markers in endurance-based athletes: A randomized controlled trial. *Nutrition*. 2016; 32:539–545.
42. Machin DR, Christmas KM, Chou TH, Hill SC, Van Pelt DW, Trombold JR, Coyle EF. Effects of Differing Dosages of Pomegranate Juice Supplementation after Eccentric Exercise. *Physiol J*. 2014; Article ID:271959, 7 pages.
43. Mazani M, Shadman-Fard A, Naghizadeh-Baghi A, Nemati A, Mogadam RA. Effect of pomegranate juice supplementation on matrix metalloproteinases 2 and 9 following exhaustive exercise in young healthy males. *J Pak Med Assoc*. 2014; 64 (7):785–790.
44. Naghizadeh-Baghi A, Mazani M, Shadman-Fard A, Nemati A. Punica Granatum Juice Effects on Oxidative Stress in Severe Physical Activity. *Mater Sociomed*. 2015;27(1):48–51.
45. Trombold JR, Barnes JN, Critchley L, Coyle EF. Ellagitannin Consumption Improves Strength Recovery 2–3 d after Eccentric Exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(3):493–8.
46. Trombold JR, Reinfeld AS, Casler JR, Coyle EF. The Effect of Pomegranate Juice Supplementation on Strength and Soreness after Eccentric Exercise. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(7):1782–1788.
47. Urbaniak A, Basta P, Ast K, Wołoszyn A, Kuriańska-Wołoszyn J, Latour E, Skarpańska-Stejnborn A. The impact of supplementation with pomegranate fruit (*Punica granatum L.*) juice on selected antioxidant parameters and markers of iron metabolism in rowers. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018;15:35.
48. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*. 2004;79:727–47.
49. Gutiérrez EP, Ambriz DL, Leyva N, Castilla RI, Heredia JB. Bioavailability of dietary phenolic compounds: Review. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2016; 20(2):140–147.
50. Mathur S, Sheel AW, Road JD, Reid WD. Delayed Onset Muscle Soreness After Inspiratory Threshold Loading in Healthy Adults. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2010; 21(1):5–12.
51. Palmieri B, Sblendorio V. Oxidative stress tests: overview on reliability and use, Part I. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2007;11:309–342.
52. Bell PG, Gaze DC, Davison GW, George TW, Scotter MJ, Howatson G. Montmorency tart cherry (*Prunus cerasus L.*) concentrate lowers uric acid, independent of plasma cyaniding-3-O-glucosiderutinoside. *J Funct Foods*. 2014;11: 82–90.

ANEXO 7.4. Artículo 4

Moya-Amaya H, Lara-Padilla E, Rojano Ortega D, **Molina-López A**, Berral-Aguilar AJ, Berral-de la Rosa CJ, Berral-de la Rosa FJ.

“Effects of three months of vitamin D, creatine, and polyunsaturated fatty acids supplementation in body composition and biochemical parameters in professional soccer players”.

Medicina Dello Sport (Med. Sport) 2021; 74(4):630-641.

ISSN: 0025-7826

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge.

Category: SPORT SCIENCES

Factor de Impacto en 2021: 0,722. Rank in Sport Sciences (año 2021): 85 de 87. 4°Q - 3°T

DOI: <https://doi.org/10.23736/S0025-7826.21.03960-0>



MEDICAL AREA

Effects of three months of vitamin D, creatine, and polyunsaturated fatty acids supplementation in body composition and biochemical parameters in professional soccer players

Effetti di tre mesi di supplementazione di vitamina D, creatina e acidi grassi polinsaturi sulla composizione corporea e sui parametri biochimici in giocatori di calcio professionisti

Heliodoro MOYA-AMAYA ^{1,2}, Eleazar LARA-PADILLA ³, Daniel ROJANO-ORTEGA ¹, Antonio MOLINA-LÓPEZ ^{1,2}, Antonio J. BERRAL-AGUILAR ¹, Carlos J. BERRAL-DE LA ROSA ^{1,4}, Francisco J. BERRAL-DE LA ROSA ^{1*}

¹CTS-595 Research Group, Department of Informatics and Sports, Pablo de Olavide University, Seville, Spain; ²Department of Nutrition, Udinese Calcio, Udine, Italy; ³School of Medicine, Instituto Politécnico Nacional de México, Mexico City, Mexico; ⁴Centro Salud Puente Genil II, Servicio Andaluz de Salud, Cordoba, Spain

*Corresponding author: Francisco J. Berral-de la Rosa, CTS-595 Research Group, Department of Informatics and Sports, Pablo de Olavide University, Carretera de Ultera km 1, 41013 Seville, Spain. E-mail: fberde@upo.es

SUMMARY

BACKGROUND: Monitoring of biochemical markers related to inflammation and muscle damage in high-performance sports is increasingly used; sometimes, these markers are interrelated with other of body composition. The main objective of this study was to analyze the effects of a specific nutritional supplementation on body composition and on markers of muscle damage and inflammation in professional soccer players during part of a competitive season.

METHODS: A total of 15 athletes from a soccer team of the Italian first division (Serie A) were evaluated over a period of three months. The final sample was N=12. A daily supplementation was administered based on vitamin D, creatine, mineral salts and polyunsaturated fatty acids. Biochemical analyses, bioelectrical impedance (BIA), and dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) were performed.

RESULTS: Muscle mass determined by DEXA significantly increased and total body water (TBW) was stabilized both in intracellular and extracellular components during this period. Creatine kinase (CK) did not suffer important variations and its slight increase was not significant, lactate dehydrogenase (LDH), interleukin-6 (IL-6) and C-reactive protein (CRP) were reduced, and vitamin D showed a significant increase between pretest and post-test.

CONCLUSIONS: The physiological elevation of inflammatory and muscle damage parameters was controlled, an increase in muscle mass was obtained and dehydration associated with high-performance sports was avoided. Our results suggest that the supplementation of vitamin D, creatine, mineral salts and polyunsaturated fatty acids has positive effects on body composition and markers of muscle damage and inflammation in professional soccer players during part of a competitive season.

(Cite this article as: Moya-Amaya H, Lara-Padilla E, Rojano-Ortega D, Molina-López A, Berral-Aguilar AJ, Berral-De La Rosa CJ, et al. Effects of three months of vitamin D, creatine, and polyunsaturated fatty acids supplementation in body composition and biochemical parameters in professional soccer players. Med Sport 2021;74:630-41. DOI: 10.23736/S0025-7826.21.03960-0)

KEY WORDS: Inflammation; Electric impedance; Absorptiometry, photon.

RIASSUNTO

OBBIETTIVO: Il monitoraggio dei marcatori biochimici legati ai processi infiammatori e al danno muscolare è uno strumento sempre più utilizzato nella pratica sportiva ad alti livelli; talvolta, i sopracitati marcatori possono risultare

This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet and/or intranet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The creation of derivative works from the Article is not permitted. It is not permitted to remove, cover, overlay, obscure, block, or change any copyright notices or terms of use which the Publisher may post on the Article. It is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

interconnessi con altre tipologie di marcatori legate alla composizione corporea. L'obiettivo principale di questo studio è quello di analizzare gli effetti di una specifica supplementazione nutrizionale sulla composizione corporea e sui marcatori del danno muscolare e dei processi infiammatori in giocatori di calcio professionisti, durante il corso di una parte della stagione agonistica.

METODI: Un totale di 15 atleti appartenenti a una società della massima divisione del campionato italiano di calcio (Serie A) sono stati analizzati per un periodo di tre mesi. Il campione finale era N.=12. A questi calciatori è stata somministrata una supplementazione giornaliera a base di vitamina D, creatina, sali minerali e acidi grassi polinsaturi; successivamente, sono state effettuate analisi biochimiche, di impedenza bioelettrica (bioelectrical impedance [BIA]) e di assorbimetria a raggi X a doppia energia (dual-energy X-ray absorptiometry [DEXA]).

RISULTATI: La massa muscolare determinata dalla DEXA è aumentata significativamente e l'acqua corporea totale (total body water [TBW]) è stata stabilizzata sia nelle componenti intracellulari che in quelle extracellulari, durante il periodo analizzato. La creatinchinasi (creatin kinase [CK]) non ha subito variazioni importanti e il suo leggero aumento non è stato considerato significativo; la lattato deidrogenasi (lactate dehydrogenase [LDH]), l'interleuchina-6 (interleukin-6 [IL-6]) e la proteina C-reattiva (C-reactive protein [CRP]) sono diminuite, ed è stato evidenziato un aumento significativo della vitamina D tra il pretest e il post-test.

CONCLUSIONI: L'aumento fisiologico dei parametri di danno muscolare e di flogosi è stato mitigato e mantenuto sotto controllo e si è registrato un aumento della massa muscolare, evitando al contempo la disidratazione associata alla pratica sportiva ad alte prestazioni. I nostri risultati suggeriscono che la supplementazione con vitamina D, creatina, sali minerali e acidi grassi polinsaturi ha avuto effetti positivi sulla composizione corporea e sui marcatori di danno muscolare e di flogosi nei calciatori professionisti, perlomeno durante la porzione di stagione agonistica presa in esame.

PAROLE CHIAVE: *Infiammazione; Impedenza elettrica; Assorbimetria; Fotone.*

Soccer is a sport with a high eccentric component, which is related to higher inflammation. In other team sports (e.g., basketball, handball and volleyball), which involve less eccentric work and shorter distances at high speed and intensity, players show less muscle damage and inflammation after a match compared to soccer players.¹ The high level of physical exercise, which occurs during a football match, triggers a transient systemic imbalance that causes muscle damage and changes at the inflammatory level, which are part of muscle repair and regeneration.²

Increasingly, biochemical markers related to inflammation and muscle damage are monitored and sometimes even interrelated with other parameters of body composition.³ Previous authors have observed in ultra-resistance sports how inflammatory markers indicate severe damage and potential loss of muscle mass and/or muscle quality.³ Muscle damage is related to mechanical disruption of the muscle fiber and loss of Z-disk integrity, whilst the subsequent damage is related to changes in excitation-contraction coupling and the inflammatory process.⁴

According to some researchers, the best markers to quantify inflammation are plasma interleukin-6 (IL-6) and C-reactive protein (CRP) concentrations and the best way to quantify muscle damage is with plasma creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) activities.^{1, 5, 6} The usefulness of monitoring creatinine, together with CK and LDH, to assess the recovery period has also been proposed,⁶ and

Il calcio è uno sport con un'elevata componente di lavoro eccentrico, la quale risulta correlata a una maggiore infiammazione. In altri sport di squadra (ad esempio, pallacanestro, pallamano e pallavolo), che comportano un lavoro meno eccentrico e distanze più brevi coperte ad alta velocità e intensità, i giocatori mostrano meno danni muscolari e segni di infiammazione dopo una partita, rispetto ai calciatori.¹ L'elevato livello di esercizio fisico, che si raggiunge durante una partita di calcio innesca uno squilibrio sistemico transitorio che causa danni muscolari e cambiamenti a livello infiammatorio, che a loro volta costituiscono una parte integrante dei meccanismi di riparazione e rigenerazione muscolare.²

Sempre più spesso, i marcatori biochimici legati alla flogosi e al danno muscolare vengono monitorati e talvolta anche correlati con altri parametri caratteristici della composizione corporea.³ Gli autori che hanno trattato l'argomento in precedenza riportano come negli sport di ultra-resistenza i marcatori di flogosi siano in grado di indicare un danno grave e una potenziale perdita di massa muscolare e/o di qualità muscolare.³ Il danno muscolare è legato alla rottura meccanica della fibra muscolare e alla perdita di integrità della linea Z (altresi chiamata disco Z o banda Z), mentre il danno susseguente è legato ai cambiamenti nell'accoppiamento eccitazione-contrazione e al processo infiammatorio.⁴

Secondo alcuni ricercatori, i marcatori più performanti nel quantificare l'infiammazione sono le concentrazioni plasmatiche di interleuchina-6 (IL-6) e di proteina C-reattiva (CRP), mentre il modo migliore per quantificare il danno muscolare è attraverso l'analisi dell'attività plasmatica di cre-

both markers usually peak 24/48 h after intense exercise.^{1, 7} An increase in creatinine is probably the result of the release from working muscles, dehydration, and reduction in renal blood flow and glomerular filtration rate.⁸

The limit of exercise intensity which the muscle tissue can stand is its break point; when the loading exceeds that limit, muscle damage occurs, CK leaks into the interstitial fluid, is taken up by the lymphatic system, and returns into the circulation.⁹ Intense exercise induces muscle damage that leads to an inflammatory state,^{1, 10} owing to the presence of activated and recruited phagocytic cells at the same location.⁹

Physicians, trainers and nutritionists continue to explore different methods to minimize muscle damage and optimize recovery. About this research path, supplementation plays an important role to optimize these processes due to an adequate vitamin intake is crucial for football players.¹¹ Vitamin D has been studied in professional soccer in relation to inflammation and muscle function, and has been shown influence on the ability to optimize skeletal muscle function and performance¹² and its deficiency is related with an increase of injuries resulting from the musculoskeletal system.¹¹ In addition, it is essential as a modulator of skeletal muscle physiology,¹³ and the effect on reducing inflammation is known through the inhibition of pro-inflammatory cytokines such as IL-6.¹⁴

Another parameter, which has been shown to be useful for determining improvements in strength and power performance in basketball, volleyball and handball athletes, is intracellular water (ICW).¹⁵ Soccer is a sport with repeated bursts of high-intensity activity, and soccer players have a higher sweat rate and a tendency to hypohydration at high performance levels.¹⁶ The relationship between ICW and functional performance, muscle mass, or muscle performance has been recently demonstrated¹⁷ and creatine supplementation may positively influence plasma volume during the onset of dehydration and improve recovery period, and researchers suggest that this supplement may lessen the risk of heat injury when exercising in hot conditions and promote the hyperhydration.^{18, 19}

Supplementations based on vitamin D, polyunsaturated fatty acids and creatine are thought to reduce inflammation after exercise-induced muscle damage and to avoid dehydration that usually occurs in soccer players. Therefore, the aim of this study was to analyze the effects of these supplementations on body composition

atincinasi (CK) e lattato deidrogenasi (LDH).^{1, 5.}

⁶ Inoltre, è stata anche enfatizzata l'efficacia della monitoraggio della creatinina, insieme a CK e LDH, allo scopo di valutare l'efficacia del periodo di recupero,⁶ con entrambi i marcatori che raggiungono solitamente i valori di picco 24/48 ore dopo un esercizio intenso.^{1, 7} L'aumento della creatinina è probabilmente il risultato del rilascio di questa sostanza da parte dei muscoli soggetti a lavoro intenso, della disidratazione, della riduzione del flusso sanguigno renale e della velocità di filtrazione glomerulare.⁸

Il limite di intensità di esercizio che il tessuto muscolare può sopportare rappresenta il suo punto di rottura; quando il carico al quale è sottoposto supera tale limite, si verifica un danno muscolare, la CK fuoriesce nel liquido interstiziale, viene assorbita dal sistema linfatico e ritorna in circolo.⁹ L'esercizio intenso induce un danno muscolare che porta a uno stato infiammatorio,^{1, 10} a causa della presenza di cellule fagocitarie attivate e reclutate nella medesima sede.⁹

Medici, allenatori e nutrizionisti continuano a esplorare nuovi metodi per ridurre al minimo i danni muscolari e ottimizzare il recupero. In questo percorso di ricerca, la supplementazione gioca un ruolo importante per ottimizzare questi processi dal momento che un adeguato apporto di vitamine è cruciale nel caso dei calciatori.¹¹ L'utilizzo della vitamina D nel calcio professionistico è stato studiato in relazione a infiammazione e funzione muscolare, dimostrando la sua influenza sulla capacità di ottimizzare la funzionalità del muscolo scheletrico e le prestazioni,¹² laddove la sua carenza è risultata essere correlata con un aumento degli infortuni ai danni sistema muscolo-scheletrico.¹¹ Inoltre, la vitamina D è essenziale come modulatore della fisiologia del muscolo scheletrico,¹³ e il suo effetto sulla riduzione dell'infiammazione attraverso l'inibizione delle citochine pro-infiammatorie come IL-6, è ampiamente riconosciuto.¹⁴

Un altro parametro che si è dimostrato utile per determinare i miglioramenti nelle prestazioni di forza e potenza negli atleti di pallacanestro, pallavolo e pallamano, è l'acqua intracellulare (ICW).¹⁵ Il calcio è uno sport caratterizzato da picchi ripetuti di attività ad alta intensità, e i giocatori di calcio hanno un tasso di sudorazione più elevato e una tendenza all'ipoidratazione ad alti livelli di prestazione.¹⁶ La relazione tra ICW e prestazioni funzionali, massa muscolare o prestazioni muscolari è stata recentemente dimostrata¹⁷ e l'integrazione di creatina può influenzare positivamente il volume plasmatico durante la fase iniziale della disidratazione e migliorare i tempi di recupero; i ricercatori suggeriscono che questo integratore

and on markers of muscle damage and inflammation in professional soccer players during part of a competitive season.

Materials and methods

Design and settings

This is a longitudinal and observational study performed by the Department of Nutrition of an Italian first division soccer team and the Research Group CTS-595 of the Pablo de Olavide University of Seville (Spain). This study was approved by the Ethics Committee and performed according to the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for medical research involving humans.²⁰ The objective of the protocol was explained to all participants who signed the informed consent.

Participants

A total of 15 male professional soccer players from an Italian first division soccer team, participated in this study. The subjects were evaluated over a period of three months during the season. Finally, a total of 2 players were not included in the study because they could not perform second tests, and the goalkeeper was also excluded because he was subjected to differentiated training. Therefore, only 12 subjects were included in the analysis. The physical characteristics of the subjects were the following: age, 26.58±2.91 years; height, 185.05±4.69 cm; and weight, 82.55±6.69 kg.

Nutrition and supplements

The department of nutrition developed a nutritional education program for the players and developed the nutritional guidelines. In addition, the nutritionists supervised more than 20 weekly intakes, resulting in the monitoring of about 60% of the weekly intakes. The estimated calorie distribution in the supervised meals was: 50% of carbohydrates, 25% of proteins and 25% of lipids, which expressed in grams per kilogram of body weight (BW), it translated into an average intake of 5-7 g of carbohydrates/kg of BW, and 1.6-1.8 g of protein/kg of BW, with special emphasis on the biological value of the intakes and on the post-training and post-match recoveries.

After the first analysis, a daily supplementation was included based on vitamin D and pol-

può promuovere l'iperidratazione e ridurre il rischio di infortuni da calore quando ci si allena in condizioni di caldo estremo.^{18, 19}

Si ipotizza che l'utilizzo di supplementi a base di vitamina D, acidi grassi polinsaturi e creatina possa ridurre l'infiammazione successiva a un danno muscolare indotto dall'esercizio ed evitare la disidratazione che solitamente si verifica nei giocatori di calcio. Pertanto, lo scopo di questo studio è quello di analizzare gli effetti di queste tipologie di supplementazione sulla composizione corporea e sui marcatori del danno muscolare e della flogosi in giocatori di calcio professionisti, nel corso di parte di una stagione agonistica.

Materiali e metodi

Disegno dello studio e ambientazione

Questo è uno studio osservazionale longitudinale eseguito dal Dipartimento di Nutrizione di una squadra di calcio della massima divisione italiana e dal Gruppo di Ricerca CTS-595 dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia (Spagna). Lo studio è stato approvato dal Comitato Etico e condotto in ottemperanza dei dettami del Codice Etico dell'Associazione Medica Mondiale (Dichiarazione di Helsinki) per la ricerca medica sull'uomo.²⁰ L'obiettivo del protocollo è stato illustrato a tutti i partecipanti che hanno firmato il consenso informato.

Partecipanti

Un totale di 15 calciatori professionisti di sesso maschile appartenenti a una squadra della massima divisione del campionato italiano di calcio ha partecipato al presente studio. I soggetti sono stati valutati per un periodo di tre mesi durante la stagione. Tra questi, un totale di 2 giocatori non è stato incluso nello studio perché non potevano partecipare alla seconda tornata di test; anche il portiere è stato successivamente escluso perché sottoposto a un allenamento differenziato dettato dal ruolo. Pertanto, solo 12 soggetti sono stati inclusi nell'analisi. Le caratteristiche fisiche dei soggetti erano le seguenti: età, 26,58±2,91 anni; altezza, 185,05±4,69 cm; e peso, 82,55±6,69 kg.

Nutrizione e supplementi

Il dipartimento di nutrizione ha sviluppato un programma di educazione alimentare per i giocatori e ha elaborato delle linee guida nutrizionali. Inoltre, i nutrizionisti hanno supervisionato più di 20 pasti settimanali, risultando nel monitoraggio di

COPYRIGHT[®] 2021 EDIZIONI MINERVA MEDICA

MOYA-AMAYA

EFFECTS OF SUPPLEMENTATION IN SOCCER PLAYERS

unsaturated fatty acids. Each dose contained 700 mg of eicosapentaonic acid (EPA) and 240 mg of docosahexanoic acid (DHA), and each vitamin D dose contained 2000 IU. Moreover, a fortnightly dose of 50000 IU of vitamin D was also administered as cholecalciferol. During the studied period, the players also ingested pre-training mineral salts. Each dose contained 310 mg of sodium, 54.3 mg of potassium, 8.14 mg of calcium and 5.89 mg of magnesium. To prevent muscle damage, they also ingested 5 g daily of creatine along with a recovery protein shake composed of 250 mL of oat drink and 30 g of isolated whey or vegetal protein. To optimize recovery, the 4R's Framework of Nutritional Strategies for Post-Exercise Recovery²¹ was applied by reminding the player of the importance of rehydration, refuel, reparation, and rest.

Biochemical analyses

After the first analysis, the samples were obtained in the morning between 8 a.m. and 10 a.m. after an overnight fast of at least 8 hours. Blood extraction was performed from an antecubital arm vein with the subject in a seated position. Inflammatory and muscle damage parameters were analyzed according to the literature: CRP, IL-6, LDH, CK, creatinine, and Vitamin D. The analyses were processed by the Synlab Italia Srl laboratory (Synlab Italia Srl, Monza, Monza-Brianza, Italy). CRP was quantified by the immunoturbidimetric method,²² IL-6 and vitamin D by chemiluminescence,^{23, 24} CK by the IFCC optimized kinetic method,²⁵ LDH by the colorimetric kinetic method,²⁶ and creatinine by the colorimetric enzymatic method.²⁷

Body composition assessment

Body composition was assessed by bioelectrical impedance (BIA) and dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA). All measurements were performed under standardized conditions. BIA was performed with a body composition analyzer (Tanita MC-780 MA; Tanita Corp., Tokyo, Japan), and DEXA was performed with a whole-body scan (Prodigy Lunar; GE Healthcare, Madison, WI, USA) by a single nutritionist to avoid interobserver variability. The muscle mass obtained by DEXA, which is referred to as lean mass by the manufacturer, does not correspond to the muscle mass values to be compared with other anthropometric methods because there are components (e.g., aqueous content of bone

circa il 60% delle assunzioni di cibo nell'arco della settimana. La distribuzione calorica stimata nei pasti supervisionati era: 50% di carboidrati, 25% di proteine e 25% di lipidi, che espresso in grammi per chilogrammo di peso corporeo (body weight [BW]), si è tradotto in un apporto medio di 5-7 g di carboidrati/kg di BW, e 1,6-1,8 g di proteine/kg di BW, con particolare attenzione al valore biologico dei pasti e al recupero post allenamento e post-partita.

Dopo la prima analisi, è stata inserita una supplementazione giornaliera a base di vitamina D e acidi grassi polinsaturi. Ogni dose conteneva 700 mg di acido eicosapentaenoico (EPA) e 240 mg di acido docosaeanoico (DHA), mentre ogni dose di vitamina D conteneva 2000 IU. Inoltre, una dose quindicinale di 50.000 IU di vitamina D è stata somministrata sotto forma di coledcalciferolo. Durante il periodo preso in esame, i giocatori hanno anche assunto dei sali minerali preallenamento. Ogni dose conteneva 310 mg di sodio, 54,3 mg di potassio, 8,14 mg di calcio e 5,89 mg di magnesio. Nell'ottica della prevenzione dei danni muscolari, hanno anche assunto 5 g al giorno di creatina, insieme a un frullato per il recupero proteico composto da 250 ml di bevanda di avena e 30 g di proteine isolate del siero del latte o vegetali. Per ottimizzare il recupero, sono state applicate le quattro R del quadro delle strategie nutrizionali per il recupero postesercizio (Framework of Nutritional Strategies for Post-Exercise Recovery),²¹ ricordando all'atleta l'importanza di reidratazione, rifornimento, riparazione e riposo.

Analisi biochimiche

Dopo la prima analisi, i campioni sono stati prelevati al mattino tra le 8 e le 10, dopo un digiuno notturno di almeno 8 ore. Il campione di sangue è stato prelevato dalla vena cefalica dell'arto superiore, con il soggetto in posizione seduta. I parametri di flogosi e di danno muscolare sono stati analizzati secondo quanto indicato in letteratura: CRP, IL-6, LDH, CK, creatinina e vitamina D. Le analisi sono state effettuate dal laboratorio Synlab Italia Srl (Synlab Italia Srl, Monza, Monza-Brianza, Italia). La CRP è stata quantificata con il metodo immunoturbidimetrico,²² IL-6 e vitamina D con la chemiluminescenza,^{23, 24} CK con il metodo cinetico U.V. ottimizzato IFCC,²⁵ LDH attraverso il metodo cinetico colorimetrico,²⁶ e la creatinina con il metodo enzimatico colorimetrico.²⁷

Valutazione della composizione corporea

La composizione corporea è stata valutata mediante analisi dell'impedenza bioelettrica (BIA) e

This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet and/or intranet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The production of derivative works from the Article is not permitted. It is not permitted to remove, cover, overlay, obscure, block, or change any copyright notices or terms of use which the Publisher may post on the Article. It is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

mass and mass residual) that are included in the lean mass obtained by DEXA.

To correctly calculate muscle mass, we apply the formula proposed in 2021 by Moya *et al.*²⁸

$$\text{Muscle mass (kg)} = \text{DEXA lean mass value} - (\text{aqueous component of bone mass} + \text{residual mass})$$

Würch's formula²⁹ was applied to calculate the residual mass, and Heymsfield's formula³⁰ was used to calculate the water component of the bone mass.

$$\begin{aligned} \text{Residual mass (kg)} &= \text{body weight} \times 24.1/100 \\ \text{Wet weight of bone mass} &= (\text{dry weight of bone mass obtained by DEXA}/0.55) \times 1.82 \\ \text{Aqueous component of bone mass} &= (\text{wet weight of bone mass} - \text{dry weight of bone mass obtained by DEXA}) \end{aligned}$$

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the SPSS software package for Windows, v. 25.0 (IBM, Armonk, NY, USA). Means and standard deviations of all variables were calculated. Shapiro-Wilk Test was applied to test data normality. When this condition was fulfilled, Student's *t*-tests were performed to determine significant differences between pretest and post-test, otherwise Wilcoxon tests were performed. The level of statistical significance was set as $P < 0.05$. In addition, effect sizes were assessed using Cohen's *d*, and they were explained according to the following criteria: minimal effect (< 0.20), small effect ($0.20-0.50$), moderate effect ($0.50-0.80$), or large effect (> 0.80).³¹

Results

Means and standard deviations of all the study variables in October (pretest) and January (post-test) are shown in Table 1. Significant differences between groups and effect sizes are also shown in Table 1. Means and standard deviations of the differences of inflammatory markers are shown in Figure 1.

Concerning body composition, muscle mass significantly increased during this period, moreover the effect size was large. TBW, ICW, and ECW did not show significant changes between pretest and post-test and the effect size was small.

Despite not being significant, a decrease in IL-6 exhibited a moderate effect. CRP also pre-

assorbimetria a raggi X a doppia energia (DEXA). Tutte le misurazioni sono state eseguite in condizioni standardizzate. La BIA è stata eseguita con l'ausilio di un analizzatore di composizione corporea (Tanita MC-780 MA; Tanita Corp., Tokyo, Giappone), mentre la DEXA è stata eseguita per mezzo di una scansione del corpo nella sua interezza (Prodigy Lunar; GE Healthcare, Madison, WI, USA) da un singolo nutrizionista per evitare un'eventuale variabilità tra gli osservatori. La massa muscolare ottenuta tramite DEXA, che viene definita dal produttore come "massa magra", non è equiparabile ai valori di massa muscolare ricavati con altri metodi antropometrici, poiché all'interno di essa vi sono componenti specifici per questa metodologia di analisi, quali ad esempio, il contenuto acquoso della massa ossea e la massa residua.

Per calcolare correttamente la massa muscolare, applichiamo la formula proposta nel 2021 da Moya *et al.*²⁸

$$\text{Massa muscolare (kg)} = \text{valore della massa magra DEXA} - (\text{componente acquosa della massa ossea} + \text{massa residua})$$

La formula di Würch²⁹ è stata applicata per calcolare la massa residua, e la formula di Heymsfield³⁰ è stata utilizzata per calcolare la componente acquosa della massa ossea.

$$\begin{aligned} \text{Massa residua (kg)} &= \text{peso corporeo} \times 24.1/100 \\ \text{wet-weight della massa ossea} &= (\text{peso secco della massa ossea ottenuto dalla DEXA}/0.55) \times 1.82 \\ \text{Componente acquosa della massa ossea} &= (\text{wet-weight della massa ossea} - \text{peso secco della massa ossea ottenuto dalla DEXA}) \end{aligned}$$

Analisi statistica

L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando il pacchetto software SPSS per Windows, v. 25.0 (IBM, Armonk, NY, USA). Sono state calcolate le medie e le deviazioni standard di tutte le variabili. Il test di Shapiro-Wilk è stato applicato per verificare la normalità dei dati. Quando questa condizione era soddisfatta, sono stati eseguiti i test *t* di Student per determinare le differenze significative tra il pretest e il post-test, altrimenti sono stati eseguiti i test di Wilcoxon. Il livello di significatività statistica è stato fissato come $P < 0.05$. Inoltre, le dimensioni dell'effetto sono state valutate usando la *d* di Cohen, e sono state categorizzate secondo i seguenti criteri: effetto minimo (< 0.20), effetto piccolo ($0.20-0.50$), effetto moderato ($0.50-0.80$), o effetto grande (> 0.80).³¹

TABLE I.—Mean values and effect size of measurements.
TABELLA I.—Valori medi e dimensione dell'effetto delle misurazioni.

Parameters	Pretest	Post-test	P value	Cohen's <i>d</i>
	Mean±SD	Mean±SD		
CRP (mg·dL ⁻¹)	0.23±0.15	0.2±0.06	0.779	-0.26
IL-6 (pg·mL ⁻¹)	2.61±1.18	2.03±0.12	0.144	-0.69
LDH (U·L ⁻¹)	383.42±67.19	373.58±66.84	0.326	-0.15
CK (U·L ⁻¹)	565.42±333.62	572.75±230.22	0.91	0.03
Creatinine (mg·dL ⁻¹)	1.18±0.09	1.14±0.10	0.028*	-0.42
VitD (ng·dL ⁻¹)	43.14±7.21	52.09±13.34	0.010**	0.83
%TBW	64.49±2.09	63.93±2.46	0.172	-0.25
%ICW	42.91±1.91	42.42±2.27	0.165	-0.23
%ECW	21.59±0.78	21.52±0.80	0.260	-0.09
Weight (kg)	82.55±6.69	82.44±6.91	0.700	-0.02
%Muscle mass	47.98±1.80	50.00±2.06	0.001**	1.04

*P<0.05; **P<0.01 (significant difference between pretest and post-test).

CRP: C-reactive protein; IL-6: interleukin-6; LDH: lactate dehydrogenase; CK: creatine kinase; VitD: vitamin D; TBW: total body water; ICW: intracellular water; ECW: extracellular water.

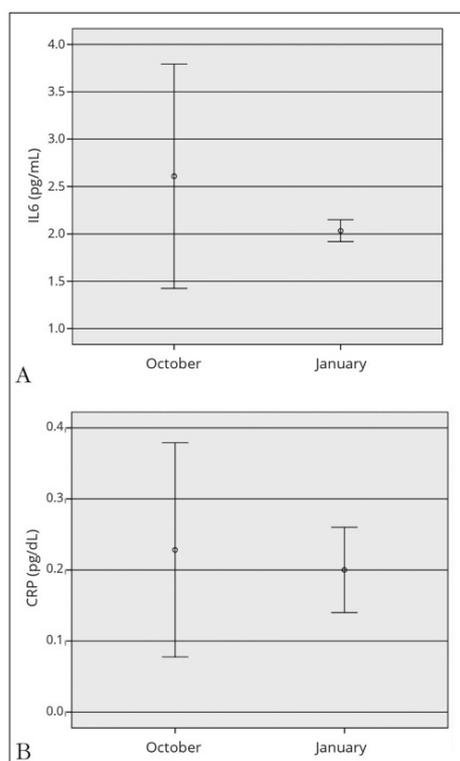


Figure 1.—A, B) Mean changes (±SD) in plasma IL-6 and CRP concentrations before (October) and after (January) the supplementation period.

Figura 1.—A, B) Cambiamenti medi (±SD) nelle concentrazioni plasmatiche di IL-6 e CRP prima (ottobre) e dopo (gennaio) il periodo di supplementazione.

Risultati

Le medie e le deviazioni standard di tutte le variabili dello studio in ottobre (pretest) e gennaio (post-test) sono mostrate nella Tabella I. Le differenze significative tra i gruppi e le dimensioni dell'effetto sono mostrate anche nella Tabella I. Le medie e le deviazioni standard delle differenze relative ai marcatori di flogosi sono mostrate nella Figura 1.

Per quanto riguarda la composizione corporea, la massa muscolare è aumentata significativamente durante questo periodo, inoltre la dimensione dell'effetto era grande. TBW, ICW e ECW non hanno fatto registrare cambiamenti significativi tra il pretest e il post-test e l'effetto era piccolo.

Nonostante non fosse significativa, la diminuzione di IL-6 ha mostrato un effetto moderato. Anche la CRP ha presentato una diminuzione non significativa, ma accompagnata da una dimensione dell'effetto minima. CK non ha subito variazioni importanti e il suo leggero aumento non è stato considerato significativo. Infine, l'LDH è incorso in una riduzione e ha presentato una dimensione minima dell'effetto. I cambiamenti dei parametri infiammatori da ottobre a gennaio sono visibili nella Figura 1.

Discussione

La valutazione dei parametri biochimici e della composizione corporea stanno generando un interesse sempre maggiore nell'ambito dell'indagine della condizione dell'atleta. Questi valori dipendono da un numero considerevole di fattori che possono essere alterati dal livello, dall'intensità, e dalla durata dell'allenamento, dal grado di fatica,

This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet and/or intranet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The creation of derivative works from the Article is not permitted. It is not permitted to remove, cover, overlay, obscure, block, or change any copyright notices or terms of use which the Publisher may post on the Article. It is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

sented a non-significant decrease, but with a minimal effect size. CK did not suffer important variations and its slight increase was not significant. Lastly, LDH was reduced and presented a minimal effect size. Changes in inflammatory parameters from October to January can be seen in Figure 1.

Discussion

The evaluation of biochemical parameters and body composition is generating interest to know the state of the athlete. These values depend on many factors that can be altered by training level, intensity, duration of training, degree of fatigue, age, or sex. Some inflammatory biomarkers have been studied in ultra-endurance sports,³ in relation to the administration of supplementation, and in soccer, with an aim of monitoring recovery^{1, 2, 32} or physiological adaptation to exercise.³³

The present study examined the changes in the inflammatory and the muscle damage parameters, as well as in body composition obtained by BIA and DEXA, in a period of three months during the official season of the Italian football league after the administration of a specific nutritional supplementation.

As our players did not have enough time between matches to get a complete recovery, it would have been expected a higher increase of CK in this period, by the accumulation of matches as demonstrated by Mohr *et al.*³⁴ This author showed that 3 days are not sufficient to recover from game-induced muscle damage. However, in our study significant differences in CK between pretest and post-test were not found, and the effect size was trivial, which may be due to the supplementation administered.

To our knowledge, changes in inflammatory parameters have been studied in sport in several studies,^{1, 3, 5-8} and it is accepted that the increase in muscle damage promotes ILs production and inflammation^{5, 6, 35} involving the production of cytokines. The increase in IL-6 could be due to a local inflammatory response, as it is known that muscle repair includes an initial pro-inflammatory phase and IL-6 plays an initial role in the cytokine cascade.^{7, 10, 35}

In our study, in which the players performed daily high-intensity training sessions and twelve official matches during the studied period, we observed that IL-6 decreased in absolute values, instead of producing the physiological increase

e da parametri quali età o genere. Alcuni biomarcatori della flogosi sono stati studiati nell'ambito delle discipline sportive di ultra-resistenza,³ in relazione alla somministrazione di supplementi, e nel calcio, allo scopo di monitorare il recupero^{1, 2, 32} o l'adattamento fisiologico all'esercizio.³³

Il presente studio ha esaminato i cambiamenti nei parametri infiammatori e di danno muscolare e nella composizione corporea ricavata tramite BIA e DEXA, a seguito della somministrazione di uno specifico regime di supplementazione nutrizionale, nell'arco di un periodo di tre mesi, durante la stagione ufficiale del campionato italiano di calcio.

*Poiché i nostri giocatori non hanno avuto a disposizione abbastanza tempo tra una partita e quella successiva, per raggiungere il completo recupero, ci si sarebbe aspettato un aumento maggiore di CK nel periodo, principalmente causato dal susseguirsi incessante delle gare, come evidenziato dal lavoro di ricerca di Mohr *et al.*,³⁴ il quale ha dimostrato che 3 giorni non sono sufficienti per recuperare dal danno muscolare indotto dal gioco. Tuttavia, nel nostro studio non sono state riscontrate differenze significative per quanto concerne CK, tra pretest e post-test, e la dimensione dell'effetto era irrisoria, il che può essere dovuto alla supplementazione somministrata.*

Per quel che ci è dato sapere, i cambiamenti nei parametri infiammatori sono stati studiati in ambito sportivo in diversi lavori di ricerca,^{1, 3, 5-8} ed è comunemente accettato che l'aumento del danno muscolare promuove la produzione di ILs e l'infiammazione^{5, 6, 35} coinvolgendo la produzione di citochine. L'aumento di IL-6 potrebbe essere dovuto a una risposta infiammatoria locale, poiché è noto che la riparazione muscolare include una fase pro-infiammatoria preliminare e IL-6 gioca un ruolo nella fase iniziale nella cascata citochinica.^{7, 10, 35}

Nel nostro studio, i calciatori hanno sostenuto sessioni giornaliere di allenamento ad alta intensità, oltre a dodici partite ufficiali di campionato; durante il periodo analizzato, abbiamo osservato che IL-6 è diminuito in valore assoluto, invece di produrre l'aumento fisiologico riportato da diversi altri autori.^{5, 6} Anche se la diminuzione non è stata significativa, ha presentato una dimensione dell'effetto moderata (d=0,69). Risultati analoghi sono stati ottenuti anche per la CRP, ma con una dimensione dell'effetto più piccola. La diminuzione di entrambi i parametri può essere imputabile alla supplementazione somministrata.

Nonostante alcuni ricercatori asseriscano che questo aumento post-esercizio di IL-6 costituisce una risposta adeguata nell'ambito del processo di adattamento fisiologico all'esercizio intenso, operato nel tentativo di ripristinare l'omeostasi,³³ la maggior parte degli autori la considera scarsamente vantaggiosa per l'organismo.^{5, 32}

shown by several authors.^{5, 6} Though the decrease was not significant, it did present a moderate effect size ($d=-0.69$). We have also obtained similar results for CRP, but with a smaller effect size. Decreases in both parameters may also be due to the supplementation administered.

Although some authors consider that this post-exercise elevation of IL-6 is appropriate for the process of physiological adaptation to intense exercise in an attempt to restore homeostasis,³³ most authors consider it not beneficial in the body.^{5, 32} With the prescribed supplementation and recommendations for optimal recovery, we promoted the restoration of homeostasis after the physiological adaptation to exercise. Positive effects in promoting recovery and physical performance have also been obtained with other supplements.^{36, 37}

Muscle mass showed a positive evolution with a statistically significant increase and a large effect size ($d=1.04$). This increase is expected in soccer players during the season, but the large effect size may be due to the creatine supplementation.¹⁹ We also believe that nutritional supplementation with vitamin D and omega fatty acids would have helped, mitigating the inflammatory process during the development of muscle mass. It is accepted that elevated cytokine levels can be mitigated with a dietary-nutritional treatment rich in vitamin D³⁸ and polyunsaturated fatty acids^{39, 40} to reduce injuries resulting from the musculoskeletal system.¹¹

The tendency to reduce the intracellular water component similarly occurs in the extracellular component and, therefore, in TBW. A negative fluid balance is a common feature observed in soccer,¹⁶ but it was observed in our intervention that this dehydration did not occur despite the difficulty to hydrate that exists in this sport. It is observed that the body water changes (TBW, ICW, ECW) are irrelevant. As Nuccio *et al.* showed,¹⁶ as performance increases, dehydration increases; this is why we consider that our intervention was positive because athletes were properly hydrated with the help of mineral salts before training according to the latest consensus of the UEFA expert group on nutrition.⁴¹

When athletes increase training intensity, dehydration occurs at the intracellular level.¹⁶ Creatine supplementation is known to be an osmotically active substance which draws water into cells, and some researchers theorized

Con la supplementazione prescritta e una serie di raccomandazioni per un recupero ottimale, abbiamo promosso il ripristino dell'omeostasi che ha fatto seguito all'adattamento fisiologico all'esercizio. Effetti positivi nella promozione del recupero e delle prestazioni fisiche sono stati ottenuti anche con altri integratori.^{36, 37}

La massa muscolare ha mostrato un'evoluzione positiva con un aumento statisticamente significativo e una grande dimensione dell'effetto ($d=1,04$). Questo aumento è atteso nei calciatori durante la stagione, ma la grande dimensione dell'effetto può essere dovuta all'integrazione con creatina.¹⁹ Ipotizziamo che anche la supplementazione nutrizionale con vitamina D e acidi grassi omega avrebbe contribuito positivamente, mitigando il processo infiammatorio durante lo sviluppo della massa muscolare. È generalmente riconosciuto che livelli elevati di citochine possono essere mitigati attraverso un trattamento dietetico-nutrizionale ricco di vitamina D³⁸ e acidi grassi polinsaturi^{39, 40} volti a ridurre le lesioni ai danni del sistema muscolo-scheletrico.¹¹

*La tendenza a ridurre la componente idrica intracellulare si verifica, con caratteristiche analoghe, nella componente extracellulare e, quindi, nella TBW. Un bilancio idrico negativo è una caratteristica comunemente osservata nel calcio,¹⁶ tuttavia nel nostro intervento non abbiamo riscontrato disidratazione, nonostante la difficoltà di idratazione sia intrinseca di questo sport. Durante il periodo di analisi, i cambiamenti dell'acqua corporea (TBW, ICW, ECW) sono apparsi irrilevanti. Come dimostrato Nuccio *et al.*,¹⁶ prestazione e disidratazione tendono ad aumentare di pari passo; per questo motivo riteniamo che il nostro intervento abbia avuto dei risvolti positivi, dal momento che gli atleti sono stati idratati correttamente con l'aiuto di sali minerali prima dell'allenamento, secondo quanto espresso dalle indicazioni più recenti del gruppo di esperti UEFA sulla nutrizione.⁴¹*

Quando gli atleti aumentano l'intensità dell'allenamento, si verifica una disidratazione a livello intracellulare.¹⁶ La creatina introdotta attraverso supplementazione è nota per essere una sostanza osmoticamente attiva che attira l'acqua all'interno delle cellule, e alcuni ricercatori hanno teorizzato che potrebbe provocare uno spostamento dell'equilibrio dei fluidi che vedrebbe una maggiore quantità di acqua potenzialmente trattenuta intracellularmente e quindi non disponibile per la termoregolazione.¹⁸ Questi autori hanno palesemente evidenziato la sicurezza e l'efficacia della supplementazione di creatina in condizioni in grado di mettere alla prova un'efficace termoregolazione; inoltre, i loro risultati hanno suggerito che

that it could result in a fluid balance shift where more water could be retained intracellularly and therefore be unavailable for thermoregulation.¹⁸ These authors clearly highlighted the safety and efficacy of creatine supplementation in conditions which may challenge effective thermoregulation; and moreover, their results suggested that creatine supplementation may decrease the risk of dehydration during exercise,¹⁸ as we observed in the water levels of the players in our study.

No significant differences in creatinine levels between pretest and post-test were found. This stabilization in creatinine levels is probably the result of the control of the hydration, because if dehydration had happened, creatinine levels would have increased.⁸ Moreover, Anđelković *et al.*⁴² showed that creatinine levels were also reduced in elite soccer players during a competitive half season, and it could be related to the increase in training and competition workloads.

In contrast to what has been observed in other studies regarding inadequate food and nutrient consumption and lack of nutritional knowledge,⁴³ the influence of injury rates and burden during all the season,⁴⁴ and the importance of the control of body composition to optimize the performance;⁴⁵ in our study, in addition to the supplementation administered, we have controlled more than 60% of the food intakes, besides to the constant process of nutritional education during the three months of tracking.

Limitations of the study

Yet, there are some limitations to this study that can affect biochemical parameters such as the degree of exposure to the sun, latitude where the team trains and activities in their personal life related to diet and training outside the club, that were not fully controlled. Finally, the playing position also conditions the eccentric workload. Midfielders perform work of greater intensity and total distance than defenders and forwards, with greater muscle damage and level of inflammation;⁴⁶ however, owing to the small number of players analyzed in this study, we could not perform a similar analysis by playing position.

Conclusions

In summary, in this study, we showed that with the administration of nutritional supple-

la supplementazione con creatina può diminuire il rischio di disidratazione durante l'esercizio,¹⁸ come d'altronde osservato nei livelli di acqua dei calciatori che hanno partecipato al nostro studio.

*Non sono state riscontrate differenze significative nei livelli di creatinina tra la fase pretest e quella post-test. Questa stabilizzazione dei livelli di creatinina è probabilmente il risultato del controllo dell'idratazione, dal momento che, se fossimo stati in presenza di disidratazione, i livelli di creatinina sarebbero giocoforza aumentati.⁸ Inoltre, Anđelković *et al.*⁴² hanno dimostrato che i livelli di creatinina risultavano ridotti anche nei giocatori di calcio d'élite, nel corso di una metà della stagione agonistica presa in esame, e tale diminuzione potrebbe essere correlata all'aumento dei carichi di lavoro in allenamento e durante le gare.*

Memori di ciò che è stato osservato in altri studi per quanto riguarda il consumo inadeguato di cibo e nutrienti e la carenza di conoscenze in ambito nutrizionale,⁴³ l'influenza dei tassi di infortunio e dell'entità del lavoro fisico durante tutta la stagione,⁴⁴ e l'importanza del controllo della composizione corporea per ottimizzare le prestazioni,⁴⁵ nel nostro studio, oltre alla supplementazione somministrata, abbiamo controllato più del 60% delle assunzioni di cibo e operato un processo costante di educazione alimentare durante i tre mesi di monitoraggio.

Limiti dello studio

Questo studio è comunque caratterizzato da alcune limitazioni che potrebbero aver influenzato i parametri biochimici e che non sono state completamente controllate; tra queste annoveriamo il grado di esposizione al sole, la latitudine alla quale si è allenata la squadra, e le attività nella vita privata dei calciatori legate alla dieta e all'allenamento al di fuori del club. Infine, la posizione in campo condiziona anche il carico di lavoro eccentrico. I centrocampisti svolgono un lavoro di maggiore intensità e coprono una distanza totale più grande rispetto ai difensori e agli attaccanti, con maggiore danno muscolare e livelli di infiammazione;⁴⁶ tuttavia, a causa del numero contenuto di atleti analizzati in questo studio, non abbiamo potuto eseguire un'analisi che prendesse in considerazione anche il ruolo o la posizione in campo.

Conclusioni

In sintesi, in questo studio, abbiamo dimostrato che con la somministrazione di una supplementazione nutrizionale a base di vitamina D, creatina, sali minerali e acidi grassi polinsaturi, l'incremento

mentation of vitamin D, creatine, mineral salts and polyunsaturated fatty acids, the physiological elevation of biochemical parameters of muscle damage and inflammation that usually occurs in soccer during the season was controlled; a great increase in muscle mass was obtained, and dehydration, which is usually developed in high performance sports, was prevented. Our results suggest that the supplementation of vitamin D, creatine, mineral salts and polyunsaturated fatty acids has positive effects on body composition and markers of muscle damage and inflammation in professional soccer players during part of a competitive season. Additional studies analyzing the biochemical parameters measured during the whole recovery period after the match are warranted.

to fisiologico dei parametri biochimici di danno muscolare e flogosi che di solito si verifica nella disciplina sportiva del calcio durante la stagione agonistica è stato mantenuto sotto controllo; si è inoltre riscontrato un ragguardevole aumento della massa muscolare, mentre la disidratazione, che solitamente si sviluppa negli sport ad alte prestazioni, è stata minimizzata. Nel complesso, i nostri risultati suggeriscono che la supplementazione con vitamina D, creatina, sali minerali e acidi grassi polinsaturi ha effetti positivi sulla composizione corporea e sui marcatori di danno muscolare e flogosi nei calciatori professionisti durante la stagione agonistica. Ciò detto, riteniamo che sarebbero necessari ulteriori studi focalizzati sull'analisi dei parametri biochimici misurati durante l'intero periodo di recupero successivo a una partita.

References/Bibliografia

- 1) Souglis A, Bogdanis GC, Giannopoulos I, Papadopoulos C, Apostolidis N. Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. *Res Sports Med* 2015;23:59-72.
- 2) Chazaud B. Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-induced muscle damage management. *Immunol Cell Biol* 2016;94:140-5.
- 3) Baur DA, Bach CW, Hyder WJ, Ormsbee MJ. Fluid retention, muscle damage, and altered body composition at the Ultraman triathlon. *Eur J Appl Physiol* 2016;116:447-58.
- 4) Raastad T, Owe SG, Paulsen G, Enns D, Overgaard K, Cramer R, et al. Changes in calpain activity, muscle structure, and function after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:86-95.
- 5) Luti S, Modesti A, Modesti PA. Inflammation, peripheral signals and redox homeostasis in athletes who practice different sports. *Antioxidants* 2020;9:1065.
- 6) Nowakowska A, Kostrzeva-Nowak D, Buryta R, Nowak R. Blood biomarkers of recovery efficiency in soccer players. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16:3279.
- 7) Daab W, Bouzid MA, Lajri M, Bouchiba M, Saafi MA, Rebai H. Chronic beetroot juice supplementation accelerates recovery kinetics following simulated match play in soccer players. *J Am Coll Nutr* 2021;40:61-9.
- 8) Palacios P, Pedrero-Chamizo R, Palacios N, Maroto-Sánchez B, Aznar S, González-Gross M. Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Rev Esp Nutr Comunitaria* 2015;21:235-42.
- 9) Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med* 2010;48:757-67.
- 10) Romagnoli M, Sanchis-Gomar F, Alis R, Riso-Ballester J, Bosio A, Graziani RL, et al. Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. *J Sports Med Phys Fitness* 2016;56:1198-205.
- 11) Eskici G. The importance of vitamins for soccer players. *Int J Vitam Nutr Res* 2015;85:225-44.
- 12) Todd JJ, Pourshahidi LK, McSorley EM, Madigan SM, Magee PJ. Vitamin D: recent advances and implications for athletes. *Sports Med* 2015;45:213-29.
- 13) de la Puente-Yagüe M, Collado-Yurrita L, Ciudad-Cabañas MJ, Cuadrado-Cenzual MA. Role of vitamin D in athletes and their performance: current concepts and new trends. *Nutrients* 2020;12:579.
- 14) Koundourakis NE, Avgoustinaki PD, Malliaraki N, Margioris AN. Muscular effects of vitamin D in young athletes and non-athletes and in the elderly. *Hormones* 2016;15:471-88.
- 15) Silva AM, Mattias CN, Santos DA, Rocha PM, Minderico CS, Sardinha LB. Increases in intracellular water explain strength and power improvements over a season. *Int J Sports Med* 2014;35:1101-5.
- 16) Nuccio RP, Barnes KA, Carter JM, Baker LB. Fluid Balance in Team Sport Athletes and the Effect of Hydration on Cognitive, Technical, and Physical Performance. *Sports Med* 2017;47:1951-82.
- 17) Hetherington-Rauth M, Baptista F, Sardinha LB. BIA-assessed cellular hydration and muscle performance in youth, adults, and older adults. *Clin Nutr* 2020;39:2624-30.
- 18) Dalbo VJ, Roberts MD, Stout JR, Kerksick CM. Putting to rest the myth of creatine supplementation leading to muscle cramps and dehydration. *Br J Sports Med* 2008;42:567-73.
- 19) Williams MH, Branch JD. Creatine supplementation and exercise performance: an update. *J Am Coll Nutr* 1998;17:216-34.
- 20) World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA* 2013;310:2191-4.
- 21) Bonilla DA, Pérez-Idárraga A, Odriozola-Martínez A, Kreider RB. The 4R's framework of nutritional strategies for post-exercise recovery: a review with emphasis on new generation of carbohydrates. *Int J Environ Res Public Health* 2020;18:103.
- 22) Xiang D, Yue J, Liu P, Sun J, Ren S, Sha C, et al. Immunoturbidimetric assay for determination of peripheral blood C reactive protein on the Pentra MS CRP hematology analyzer. *Clin Lab* 2019;65.
- 23) Glady L, Lavaux T, Charchour R, Lacorte JM, Lessinger JM. Interleukin-6 chemiluminescent immunoassay on luminpulse G600 II: analytical evaluation and comparison with three other laboratory analyzers. *Clin Chem Lab Med* 2020;58:229-31.
- 24) van Helden J, Weiskirchen R. Experience with the first fully automated chemiluminescence immunoassay for the quantification of 1 α , 25-dihydroxy-vitamin D. *Clin Chem Lab Med* 2015;53:761-70.
- 25) Siekmann L, Bonora R, Burtis CA, Ceriotti F, Clerc-Renaud P, Férard G, et al. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37 degrees C. International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Part 7. Certification of four reference materials for the determination of enzymatic activity of gamma-glutamyltransferase, lactate dehydrogenase, alanine aminotransferase and creatine kinase accord. *Clin Chem Lab Med* 2002;40:739-45.
- 26) Kjeld M. An automated colorimetric method for the estimation of lactate dehydrogenase activity in serum. *Scand J Clin Lab Invest* 1972;29:421-5.
- 27) Keppler A, Gretz N, Schmidt R, Kloetzer HM, Groene HJ, Lelongt B, et al. Plasma creatinine determination in mice and rats: an enzymatic method compares favorably with a high-performance liquid chromatography assay. *Kidney Int* 2007;71:74-8.
- 28) Moya-Amaya H, Molina-Lopez A, Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, Berral-de la Rosa FJ. Composición corporal comparada, por métodos de campo y laboratorio, en jugadores de fútbol profesional. In: Galán-López P, Lara-Bocanegra A, editors. *Innovación en Ciencias del Deporte. Aplicaciones tecnológicas desde*

This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The production of derivative works from the Article is not permitted. The creation of derivative works from the Article is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

una visión practica. Sevilla: Wanceulen; 2021. p.17-28.

29) Würch A. La femme et le sport. Med Sport Française 1973;2:25-77.

30) Heymsfield SB, Smith R, Aulet M, Bensen B, Lichtman S, Wang J, *et al.* Appendicular skeletal muscle mass: measurement by dual-photon absorptiometry. Am J Clin Nutr 1990;52:214-8.

31) Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New York, NY: Routledge Academic; 1998.

32) Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, *et al.* Acute and residual soccer match-related fatigue: a systematic review and meta-analysis. Sports Med 2018;48:539-83.

33) Janikowska G, Kochańska-Dziurkiewicz A, Pokora I, Żebrowska A. Circulating Inflammatory Biomarkers and Endocrine Responses to Exercise in Female Soccer Players. J Hum Kinet 2020;73:73-82.

34) Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I, *et al.* Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. Eur J Appl Physiol 2016;116:179-93.

35) Nédélec M, McCall A, Carling C, Le Gall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery

in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. Sports Med 2012;42:997-1015.

36) Rojano Ortega D, Molina-López A, Moya-Amaya H, Berral-de la Rosa FJ. Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review. Biol Sport 2021;38:97-111.

37) Urbaniak A, Skarpańska-Stejnborn A. Effect of pomegranate fruit supplementation on performance and various markers in athletes and active subjects: a systematic review. Int J Vitam Nutr Res 2021;91:547-61.

38) Parsaie N, Ghavamzadeh S, Cheraghii M. Effects of cholecalciferol supplementation on inflammatory markers and muscle damage indices of soccer players after a simulated soccer match. Nutrition 2019;59:37-43.

39) Gammone MA, Riccioni G, Parrinello G, D'Orazio N. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport. Nutrients 2018;11:46.

40) Philpott JD, Witard OC, Galloway SD. Applications of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for sport performance. Res Sports Med 2019;27:219-37.

41) Collins J, Maughan RJ, Gleeson M, Bilborough J, Jeukendrup A, Morton JP, *et al.* UEFA expert group statement

on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. Br J Sports Med 2021;55:416.

42) Anđelković M, Baralić I, Đorđević B, Stevuljević JK, Radivojević N, Dikić N, *et al.* Hematological and biochemical parameters in elite soccer players during a competitive half season. J Med Biochem. 2015;34:460-6.

43) Dağcılar K, Öztürk M. An evaluation of nutritional knowledge levels, nutritional intake, and anthropometric features of Northern Cyprus professional football players. Med Sport 2020;73:81-9.

44) Kurklu GB, Yargic MP. Injury profile of an elite male football team from the Turkish Super League for two consecutive seasons. Med Sport 2020;73:681-8.

45) Cavedon V, Milanese C, Rusciano A, Corradini G, Zancanaro C. Long-term changes of body composition in an elite soccer player and its association with cognition: a ten-year retrospective study. Med Sport 2021;74:43-55.

46) Souglis A, Bogdanis GC, Chryssanthopoulos C, Apostolidis N, Geladas ND. Time course of oxidative stress, inflammation, and muscle damage markers for 5 days after a soccer match: effects of sex and playing position. J Strength Cond Res 2018;32:2045.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Authors' contributions.—All authors read and approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements.—The authors would like to acknowledge the company Udinese Calcio S.p.A. for its technical support.

History.—Manuscript accepted: October 14, 2021. - Manuscript received: June 10, 2021.

ANEXO 7.5. Artículo 5

Moya-Amaya H, Molina-López A, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de la Rosa CJ, Berral-de la Rosa FJ.

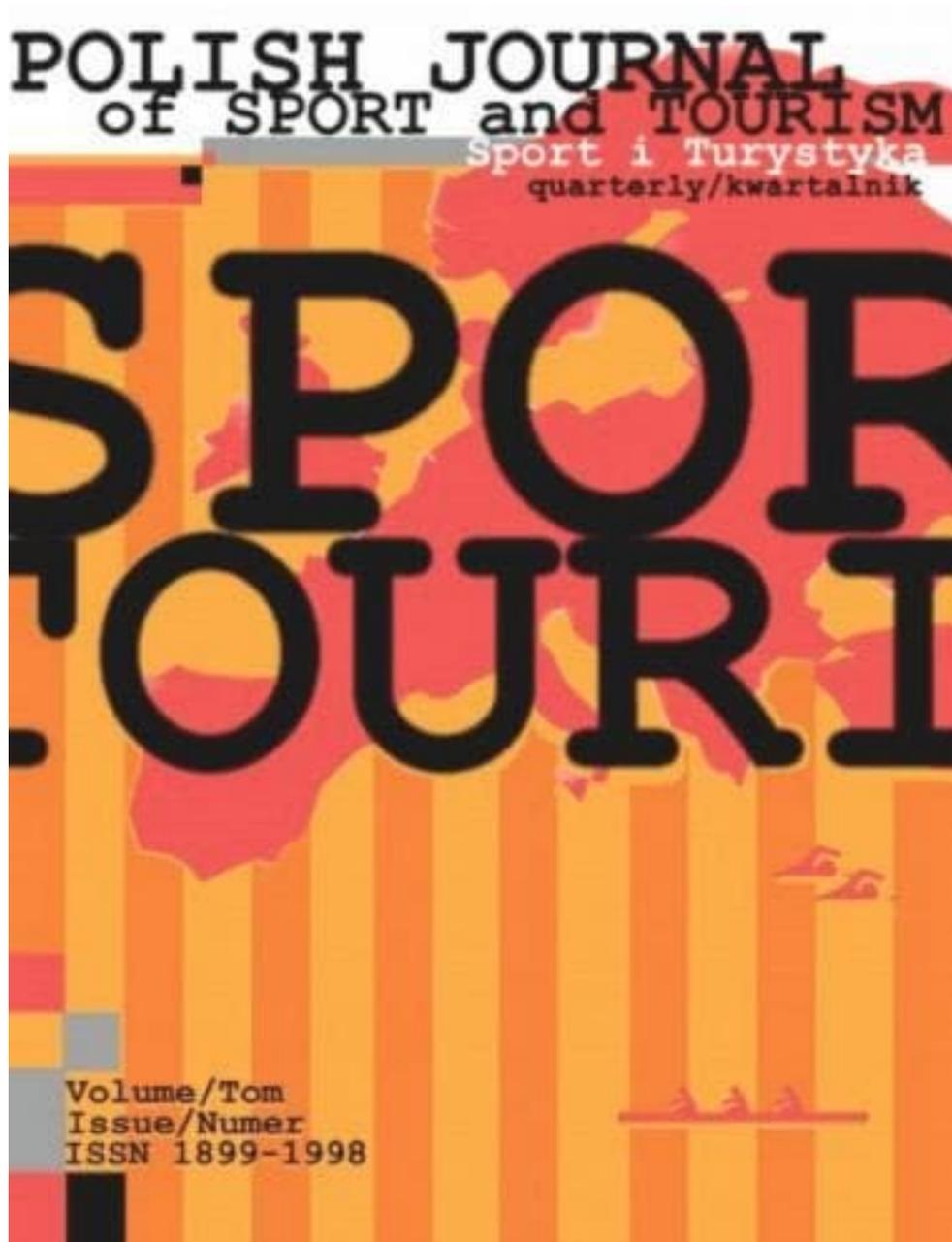
“Bioelectrical phase angle, muscle damage markers and inflammatory response after a competitive match in professional soccer players”.

Polish Journal of Sport and Tourism (Pol J Sports Tourism) 2021; 28(2):8-13.

ISSN: 2082-8799

Rank SJR Scimago. Category: Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation. Factor de Impacto en 2021: 97 de 225. 2ºQ - 2ºT.

DOI: <https://doi.org/10.2478/pjst-2021-0014>



BIOELECTRICAL PHASE ANGLE, MUSCLE DAMAGE MARKERS AND INFLAMMATORY RESPONSE AFTER A COMPETITIVE MATCH IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

HELIODORO MOYA-AMAYA¹, ANTONIO MOLINA-LÓPEZ¹, ANTONIO JESÚS BERRAL-AGUILAR², DANIEL ROJANO-ORTEGA², CARLOS JAVIER BERRAL-DE LA ROSA², FRANCISCO JOSÉ BERRAL-DE LA ROSA²

¹Department of Nutrition of Udinese Calcio, Udine, Italy

²CTS-595 Research Group, Department of Informatics and Sports, University Pablo de Olavide, Seville, Spain

Mailing address: Daniel Rojano-Ortega, Department of Informatics and Sports, University Pablo de Olavide, Seville, Spain, 1 María Fulmen Street, 41019-Seville, e-mail: drojort@upo.es

Abstract

Introduction. The purposes of this study were 1) to evaluate changes from baseline levels in bioelectrical phase angle (PhA) and markers of muscle damage and inflammation in professional players 36 h after a soccer match, and 2) to analyze the relationships between PhA and markers of muscle damage and inflammation in order to investigate if PhA might be a useful parameter to monitor recovery. **Material and methods.** Eighteen male professional soccer players participated in this study. Plasma lactate dehydrogenase (LDH) and creatine kinase (CK) activities, plasma C-reactive protein (CRP) and interleukin-6 (IL-6) concentrations, and PhA were measured before and 36 h after a competitive match. **Results.** Changes in LDH and CK 36 h after the match were greater than their reference change values (RCV). Changes in CRP and IL-6 were, however, lower than their corresponding RCV. 36 h after the match, significant correlations were observed between PhA and LDH ($r = 0.714$, $p = 0.001$), PhA and CK ($r = 0.787$, $p = 0.000$), and PhA and CRP ($r = 0.554$, $p = 0.017$). **Conclusions.** Although IL-6 and CRP have been traditionally analyzed together to monitor inflammation after intense exercise, since 36 h after the match they have already returned or started to return to baseline levels, the use of them alone is not a good option to monitor inflammation throughout recovery. PhA might be used as a predictor of muscle damage and inflammation, but further studies covering the whole recovery period are warranted.

Key words: soccer, phase angle, muscle damage, inflammation, recovery

Introduction

Strenuous physical exercise is one of the most common causes of muscle damage and it occurs when muscles produce more physical work than they are used to producing [1]. The high level of physical exercise evokes mechanical disruption to sarcomeres and triggers an inflammatory response which is part of muscle repair and regeneration [2, 3]. This inflammatory response accentuates the loss of force production caused by the direct muscle damage and increases muscle soreness, which has a negative impact on exercise performance and delays recovery [4, 5].

Biochemical markers of muscle damage and inflammation are usually monitored to study and optimize recovery after exercise. Creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) are two of the most common markers of direct muscle damage [1, 6, 7] and, according to Nowakowska et al. [8], CK and LDH together with aspartate aminotransferase and creatinine levels could constitute a useful set of markers for monitoring recovery periods in soccer players. Among the large number of biochemical markers of inflammation, interleukin-6 (IL-6) and C-reactive protein (CRP) are two of the most frequently used in sport [5, 6, 7].

Eccentric contractions cause more muscle damage than concentric contractions, especially at longer muscle lengths, when the muscle generates excessive strain during lengthening, and extensive myofibrillar disruption occurs [4]. Soccer is an

intermittent sport with a powerful eccentric component [9] due to the high number of accelerations, decelerations and changes of directions [10], as well as jumps and other explosive activities [11]. It is precisely the high repetition of eccentric contractions during a competitive match that leads to greater levels of muscle damage and inflammation than other team sports [12].

There exist different methods to accelerate recovery after maximum exercise [13]. Previous investigations have reported high levels of muscle damage and inflammation up to 72 hours after a soccer match [14, 15], but in soccer it is not uncommon to have only 3-4 days between consecutive matches, which may not be enough time to full recovery [14]. This is the reason why monitoring useful markers of muscle damage and inflammation is essential to investigate the efficiency of the different strategies to accelerate recovery of muscle function.

Bioelectrical impedance analysis (BIA) is an inexpensive and non-invasive method for the assessment of body composition and nutritional status. BIA measures electrical parameters, such as resistance, reactance, bioelectrical phase angle (PhA) and impedance, which are called raw electrical impedance variables. These parameters are introduced into population-specific equations to calculate body composition, but these equations are only accurate under certain circumstances [17]. Raw variables are not, however, influenced by the equations that may affect body composition compartments [18].

BIA devices submit the human body to a weak, alternating current at one or more frequencies, detect the drop in voltage

as the current flows, and calculate and record the raw parameters [19]. Among those parameters, PhA has been widely used in clinical studies as an indicator of cellular health and cell membrane integrity [20, 21], and it is supposed that the higher the PhA value, the better the cell function [22]. PhA is obtained from the arctangent of the reactance to resistance ratio. Resistance is the decrease in voltage reflecting conductivity through ionic solutions and reactance is the delay in the flow of current due to cell membranes and tissue interfaces [21].

In sports, PhA has been recently used as an indicator of physical activity and nutritional status [20, 23]. In middle-distance athletes, PhA was positively associated with athletic performance, although it was not demonstrated whether PhA was adequate to monitor improvements in running performance [24]. In male soccer players it was observed that, compared with the elite level, players of a lower performance level had lower phase angles [25].

Since PhA is considered an indicator of cellular health and cell membrane integrity, it is reasonable to presume that there might be a relationship between PhA and markers of muscle damage and inflammation after intense exercise. However, little research has been carried out on this subject. Only Tomeleri et al. [26] studied the correlations between changes in PhA and changes in tumor necrosis factor alpha (TNF- α), CRP, IL-6 and IL-10 in older women after 12 weeks of resistance training. They found significant negative correlations between changes in PhA and changes in TNF- α and CRP, and a significant positive correlation between changes in PhA and changes in IL-10. No significant correlation was found with changes in IL-6. However, the authors did not measure any direct marker of muscle damage and measurements were not made after strenuous physical exercise.

Monitoring muscle damage and inflammation is particularly important in soccer, and PhA may be an appropriate variable to estimate muscle damage and inflammation with a quick, non-invasive and relatively inexpensive method. Therefore, the purposes of this study were 1) to evaluate changes from baseline levels in PhA and markers of muscle damage and inflammation in professional players 36 h after a soccer match, and 2) to analyze the relationships between PhA and markers of muscle damage and inflammation in order to investigate if PhA might be a useful parameter to monitor recovery.

Material and methods

Participants

The study was performed by the Department of Nutrition of an Italian first division soccer team and the Research Group of a Spanish University. Eighteen male professional soccer players (age 26.44 ± 3.03 years; height 185.07 ± 4.37 cm; weight 84.87 ± 7.29 kg) from an Italian first division soccer team participated in this study. The participants were evaluated before and 36 h after a competitive match, over a period of about one month during the first half of the season (matches 7-10). The players were included in the analysis only if they played for more than 45 minutes during the match, and goalkeepers were excluded. None of the players had suffered severe performance-limiting injuries from the beginning of the season.

This study was approved by the University Research Ethics Committee and was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki regarding the use of human subjects. All the players provided written informed consent to participate in the study.

Biochemical analyses

The blood extraction was performed between 8 a.m. and 10 a.m., after an overnight fast of at least 8 hours, in the morning of the competitive match and 36 h after the match. Blood samples were collected from an antecubital arm vein with the subject in a seated position. Plasma CK and LDH activities and concentrations of CRP and IL-6 were determined by the same laboratory (Synlab Italia S.R.L.). The samples were withdrawn into lithium-heparin tubes, using EDTA as anticoagulant, then centrifuged at 3000 rpm for 10 min to separate the plasma and stored at -20°C until analysis.

LDH activity was assessed with a colorimetric kinetic method using a commercial test kit from Randox (REF 90.29.2). CK activity was determined by an IFCC kinetic optimized method with a commercial test kit from Randox (REF 90.15.4). An immunoturbidimetric method was used to measure CRP concentration with a specific test kit from Randox (REF 90.72.3). IL-6 was quantified with a chemiluminescence method using a specific test kit from Randox (REF 90.70.2). The coefficients of variation were 1.54% for LDH, 4.55% for CK, 3.0% for CRP and 7.2% for IL-6.

PhA assessment

BIA was performed with a body composition analyzer (Tanita MC-780 MA, Tanita Corp., Tokyo, Japan), by the same professional. The evaluation was undertaken between 8 a.m. and 10 a.m., after an overnight fast of at least 8 hours, in the morning of the competitive match and 36 h after the match. The subjects had refrained from moderate or intense physical exercise in the previous 24 h. Before performing the assessment, participants urinated and were instructed to remove metallic elements from their bodies. Players were measured while standing erect with bare feet on the foot-pads and holding the handgrips making contact with the four hand-pads. The device emitted an alternating sinusoidal electric current of 900 μA operating at 5, 50 and 250 kHz (multi-frequency). Standard measurements were performed according to the manufacturer guidelines. PhA was calculated from the arctangent of reactance to resistance ratio of the whole body, at a frequency of 50 Hz [20].

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using SPSS software v. 22.0 (SPSS Inc., USA). Means and standard deviations of all variables were calculated, before and 36 h after the match. Using the analytical and within-subject coefficients of variation provided by the European Biological Variation Study (EuBIVAS) [27, 28], reference change values (RCV) were calculated for LDH, CK and CRP. As variability of IL-6 has not been established by EuBIVAS, we took the data reported by Aziz et al. [29]. RCV were used to assess significance of the changes 36 h after the match with respect to pre-match values, and were determined as: $\text{RCV} = 2^{1/2} \times 1.96 \times (\text{CV}_A^2 + \text{CV}_I^2)^{1/2}$, where CV_A is analytical variation and CV_I is within-subject biological variation [30].

Shapiro-Wilk test was applied to test data normality. As this condition was always fulfilled, Pearson's r correlation coefficients were calculated to evaluate the possible relationships between PhA and the rest of variables measured, before and 36 h after the match. They were interpreted according to the following criteria: $r < 0.1$, trivial; $0.1 < r \leq 0.3$, weak; $0.3 < r \leq 0.5$, moderate; $0.5 < r \leq 0.7$, strong; $0.7 < r \leq 0.9$, very strong; and $r > 0.9$, almost perfect [31]. If a significant correlation was found, linear regression was performed to predict changes in the dependent variable from changes in PhA. Coefficients of deter-

mination (R^2) were used to represent the goodness of the regression equation. The statistical level of significance was set as $p < 0.05$ for all analyses.

Results

Means and standard deviations of all the variables measured, before and 36 h after the match, are presented in Table 1. Changes pre-post-match and RCV are also presented in Table 1. Changes observed in LDH and CK were statistically significant because they were greater than their corresponding RCV. However, changes produced in CRP and IL-6 were not statistically significant.

No significant correlations between PhA and the rest of the study variables were found before the match. However, the present study found important relationships 36 h after the match between PhA and most biochemical markers measured (Tab. 2). Very strong correlations were observed between PhA and LDH ($r = 0.714$, $p = 0.001$) and between PhA and CK ($r = 0.787$, $p = 0.000$) and a strong correlation was found between PhA and CRP ($r = 0.554$, $p = 0.017$). Figure 1 shows coefficients of determination and regression equations between PhA and markers of muscle damage, 36 h after the match.

Discussion

The first purpose of this study was to assess changes from baseline levels in PhA and markers of muscle damage and inflammation in professional soccer players 36 h after a soccer match. Changes in markers of muscle damage were greater than their respective RCV, which means that they were due to the muscle damage induced by the match, and not to biological variations. Change in CK activity 36 h after the match (Tab. 1) is in good agreement with that found by Beattie et al. [32], who measured plasma CK activity during the season, in a group of 18 elite soccer players, one day before a competition match and 48 h after the match. They found that 48 h after the match, CK activity was of $648 \text{ U}\cdot\text{L}^{-1}$, which was approximately 50% higher than their baseline value. Silva et al. [15], also assessed CK activity in a group of 7 male professional soccer players before, 24 h after, 48 h after and 72 h after the last match of the championship. However, they observed that CK activity peaked 24 h after the match and decreased to $560.6 \pm 62.1 \text{ U}\cdot\text{L}^{-1}$ 48 h after the match, which was 86.5% higher than baseline values. The

Table 1. Means and standard deviations of the study variables before and 36 h after the match. Changes pre-post-match and reference change values.

Variables	Pre-match	36 h post-match	Changes pre-post-match (%)	RCV (%)
	mean \pm sd	mean \pm sd		
PhA ($^\circ$)	7.69 \pm 0.38	7.61 \pm 0.39	-1.0	----
LDH ($\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$)	243.83 \pm 58.83	399.17 \pm 70.32	63.7*	15.6
CK ($\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$)	384.28 \pm 96.53	669.39 \pm 297.76	74.2*	44.4
CRP ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	0.11 \pm 0.02	0.18 \pm 0.04	66.2	85.3
IL-6 ($\text{pg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	1.77 \pm 0.17	2.41 \pm 0.79	36.2	66.2

PhA - phase angle; LDH - lactate dehydrogenase; CK - creatine kinase; CRP - C-Reactive protein; IL-6 - interleukin-6; sd - standard deviation; RCV - reference change values; * - significant differences between post-match and pre-match values ($p < 0.05$).

Table 2. Pearson correlation coefficients between PhA and biochemical markers 36 h after the match.

	LDH	CK	CRP	IL-6
PhA	0.714**	0.787***	0.554*	0.172

PhA - Phase Angle; LDH - lactate dehydrogenase; CK - creatine kinase; CRP - C-Reactive protein; IL-6 - interleukin-6; * - $p < 0.05$; ** - $p < 0.01$; *** - $p < 0.001$.

fact that they performed measurements after the last match of the championship and the high biological variations of CK are probably the reasons for these differences.

Change in LDH activity 36 h after the match (Tab. 1) is a bit lower than those observed in previous investigations with professional soccer players [12, 33], probably because our players started from higher baseline levels. These differences in LDH activity before the match may be due to the fact that participants from those studies were measured at the beginning of the season [12] or off the season [33], and their LDH levels were, therefore, lower than ours.

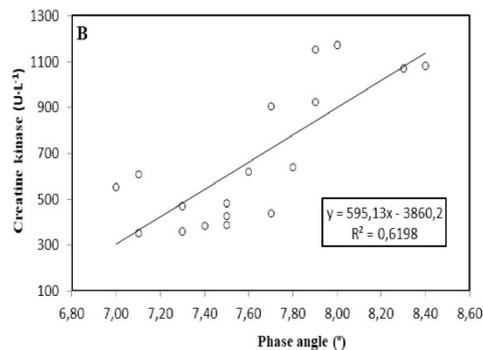
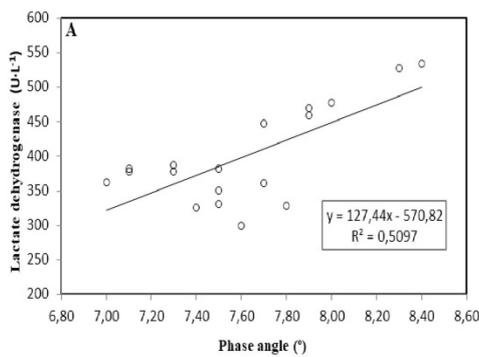


Figure 1. Correlation of phase angle with (A) plasma lactate dehydrogenase activity and (B) creatine kinase activity

With regard to markers of inflammation, changes from baseline levels 36 h after the match in CRP and IL-6 were lower than their corresponding RCV, which might indicate that the competitive match did not induce enough inflammation. After intense exercise, muscle damage triggers an inflammatory response, resulting in an increase in IL-6 concentration which usually peaks immediately after exercise and returns to baseline levels within 24 h [12, 33, 34]. Increased circulating IL-6 concentration stimulates the synthesis of acute-phase proteins such as CRP, which frequently peaks 24 h after exercise [15, 33, 34].

Therefore, in agreement with previous investigations, our results do not indicate that the competitive match did not induce inflammation but that 36 h after the match, CRP and IL-6 values had already returned or started to return to baseline levels. Thus, even if IL-6 and CRP have been traditionally analyzed together to monitor inflammation after intense exercise, the use of them alone is not a good option to monitor inflammation during the whole recovery period.

Changes in PhA were negligible (1%), which means that the match did not induce a change in PhA or it returned to baseline levels before 36 h. These findings cannot be compared with previous results owing to the lack of investigations studying the changes in PhA during the recovery period after a soccer match. However, our average value in the morning before the match ($7.69 \pm 0.38^\circ$) is consistent with the result obtained by Levi-Micheli et al. [25]. They studied a group of 219 elite players of Italian first and second divisions, and obtained an average value of $7.7 \pm 0.6^\circ$, measured before a midweek training session in the first half of the season.

The second purpose of this study was to analyze the relationships between PhA and markers of muscle damage and inflammation, and to investigate if PhA may be useful to monitor recovery. It was expected to find negative correlations between PhA and markers of muscle damage and inflammation, because PhA is considered an indicator of cellular health and cell membrane integrity [20, 21].

No significant correlation was found between PhA and the biochemical markers measured the morning before the match. Nevertheless, we obtained strong positive correlations between PhA and LDH or CK and a moderate positive correlation between PhA and CRP (Tab. 2). These results are not in line with those obtained by Nescolarde et al. [35] and Francavilla et al. [36], who concluded that PhA decreased with increasing muscle injury severity in soccer players. However, they used a localized bioimpedance and, in addition, they measured injured lower limbs. The present study evaluated PhA of the whole body and, even if our soccer players probably suffered from exercise-induced muscle damage, they were not really injured. Therefore, our findings cannot be compared with theirs.

To the best of our knowledge, just two studies analyzed the correlation between PhA and markers of muscle damage or inflammation. Tomeleri et al. [26] found a very strong negative correlation between increases in PhA and increases in CRP, but those increases were not calculated before and after intense exercise, but before and after a 12-week resistance training, and measures were carried out a minimum of 48 h since the last physical exercise session. Beverashvili et al. [37] found a small/moderate negative correlation between changes in PhA over time and changes in IL-6 in patients on maintenance hemodialysis, but those results are not comparable to ours, either.

A possible explanation for our unexpected results could be the total distance covered by the players during the match, but no significant correlation was found with PhA or any of the biomarkers measured (data not shown). Moreover, significant

correlations with total walking distance, total running distance or distances covered at different speeds during the match were not observed. The reasons why we obtained those positive significant correlations are then unclear but the fact that they exist indicates that 36 h after the match, the greater the PhA, the higher the muscle damage and inflammation.

The main limitations of this study are the consequences of the difficulty to evaluate several times in 48/72 h players from European First Division soccer teams. It would have been more interesting to analyze all the variables measured before the match, and to observe their changes during the whole recovery period. Notwithstanding that, our greatest strength is that this is the first study to correlate PhA with markers of muscle damage and inflammation before the match and at a certain point of recovery, and may serve as a reference for future studies evaluating different time points of recovery or even several consecutive matches throughout the season.

Conclusions

A soccer match induces a marked rise in biochemical markers of muscle damage and inflammation, particularly in CK, LDH, CRP and IL-6. IL-6 and CRP have been traditionally analyzed together to monitor inflammation after intense exercise but, since 36 h after the match they had already returned or started to return to baseline levels, the use of them alone is not a good option to monitor inflammation during the whole recovery period. The moderate/strong positive correlations observed between PhA and LDH, CK and CRP, 36 h after the competitive match suggest that after intense exercise, PhA is inversely related to cell membrane integrity in healthy soccer players, and might be used as a predictor of muscle damage and inflammation throughout recovery.

References

1. Brancaccio P, Lippi G., Maffulli N. (2020). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 48(6), 757-767. DOI: 10.1515/CCLM.2010.179.
2. Chazaud B. (2016). Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-induced muscle damage management. *Immunology and Cell Biology* 94(2), 140-145. DOI: 10.1038/icb.2015.97.
3. Powers S.K., Jackson M.J. (2008). Exercise-induced oxidative stress: Cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological Reviews* 88(4), 1243-1276. DOI: 10.1152/physrev.00031.2007.
4. Howatson G., van Someren K.A. (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine* 38(6), 483-503. DOI: 10.2165/00007256-200838060-00004.
5. Rojano D., Molina A., Moya H., Berral F.J. (2021). Tart cherry and pomegranate supplementations enhance recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review. *Biology of Sport* 38(1), 97-111. DOI: 10.5114/biol-sport.2020.97069.
6. Fernández-Lázaro D., Mielgo-Ayuso J., Seco J., Córdova A., Caballero A., Fernández-Lázaro C. (2020). Modulation of exercise-induced muscle damage, inflammation, and oxidative markers by curcumin supplementation in a physically active population: A systematic review. *Nutrients* 12(2), 501. DOI: 10.3390/nu12020501.
7. Luti S., Modesti A., Modesti P.A. (2020). Inflammation, peripheral signals and redox homeostasis in athletes who

- practice different sports. *Antioxidants (Basel)* 9(11), 1065. DOI: 10.3390/antiox911065.
8. Nowakowska A., Kostrzewa-Nowak D., Buryta R., Nowak R. (2019). Blood biomarkers of recovery efficiency in soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(18), 3279. DOI: 10.3390/ijerph16183279.
 9. Nedelec M., McCall A., Carling C., Legall F., Berthoin S., Dupont G. (2012). Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Medicine* 42(12), 997-1015. DOI: 10.2165/11635270-000000000-00000.
 10. Varley M.C., Aughey R.J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International Journal of Sports Medicine* 34(1), 34-39. DOI: 10.1055/s-0032-1316315.
 11. Andersson H., Ekblom B., Krstrup P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Science* 26(2), 113-122. DOI: 10.1080/02640410701422076.
 12. Souglis A., Bogdanis G.C., Giannopoulou I., Papadopoulos Ch., Apostolidis N. (2015). Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. *Research in Sports Medicine* 23(1), 59-72. DOI: 10.1080/15438627.2014.975814.
 13. Ferreira J.C., Da Silva-Carvalho R.G., Moreira-Barroso T., Szmuchrowski L.A., Sledziewski D. (2011). Effect of different types of recovery on blood lactate removal after maximum exercise. *Polish Journal of Sport and Tourism* 18, 105-111. DOI: 10.2478/v10197-011-0008-4.
 14. Fatouros I.G., Chatzinikolaou A., Douroudos I.I., Nikolaidis M.G., Kyparos A. et al. (2010). Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(12), 3278-3286. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b60444.
 15. Silva J.R., Ascensao A., Marques F., Seabra A., Rebelo A., Magalhaes J. (2013). Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *European Journal of Applied Physiology* 113(9), 2193-2201. DOI: 10.1007/s00421-013-2633-8.
 16. Altarrriba-Bartes A., Peña J., Vicens-Bordas J., Casals M., Peirau X., Calleja-González J. (2021). The use of recovery strategies by Spanish first division soccer teams: a cross-sectional survey. *The Physician and Sportsmedicine* 49(3), 297-307. DOI: 10.1080/00913847.2020.1819150.
 17. Deutz N.E.P., Ashurst I., Ballesteros M.D., Bear D.E., Cruz-Jentoft A.J. et al. (2019). The underappreciated role of low muscle mass in the management of malnutrition. *Journal of the American Medical Directors Association* 20(1), 22-27. DOI: 10.1016/j.jamda.2018.11.021.
 18. Bony-Westphal A., Danielzik S., Dörhöfer R.P., Later W., Wiese S., Müller M.J. (2006). Phase angle from bioelectrical impedance analysis: Population reference values by age, sex, and body mass index. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 30(4), 309-316. DOI: 10.1177/0148607106030004309.
 19. Earthman C.P. (2015). Body composition tools for assessment of adult malnutrition at the bedside: a tutorial on research considerations and clinical applications. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 39(7), 787-822. DOI: 10.1177/0148607115595227.
 20. Koury J.C., Trugo N.M.F., Torres A.G. (2014). Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9(5), 798-804. DOI: 10.1123/ijssp.2013-0397.
 21. Norman K., Stobäus N., Pirlich M., Bony-Westphal A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis-clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition* 31(6), 854-861. DOI: 10.1016/j.clnu.2012.05.008.
 22. Gonzalez M.C., Barbosa-Silva T.G., Bielemann R.M., Gallagher D., Heymsfield S.B. (2016). Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *American Journal of Clinical Nutrition* 103(3), 712-716. DOI: 10.3945/ajcn.115.116772.
 23. Mundstock E., Amaral M.A., Baptista R.R., Sarria E.E., Grecco R.R. et al. (2019). Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition* 38(4), 1504-1510. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.08.031.
 24. Genton L., Mareschal J., Norman K., Karsgaard V.L., Del-soglio M. et al. (2020). Association of phase angle and running performance. *Clinical Nutrition ESPEN* 37, 65-68. DOI: 10.1016/j.clnesp.2020.03.020.
 25. Levi-Micheli M., Pagani L., Marella M., Gulisano M., Piccoli A. et al. (2014). Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9(3), 532-539. DOI: 10.1123/ijssp.2013-0119.
 26. Tomeleri C.M., Ribeiro A.S., Cavaglieri C.R., Deminice R., Schoenfeld B.J. et al. (2018). Correlations between resistance training-induced changes on phase angle and biochemical markers in older women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 28(10), 2173-2182. DOI: 10.1111/sms.13232.
 27. Carobene A., Røraas T., Sølvik U.Ø., Sverresdottir M., Sandberg S. et al. (2017). Biological variation estimates obtained from 91 healthy study participants for 9 enzymes in serum. *Clinical Chemistry* 63(6), 1141-1150. DOI: 10.1373/clinchem.2016.269811.
 28. Carobene A., Aarsand A.K., Guerra E., Bartlett W.A., Coşkun A. et al. (2019). European Biological Variation Study (Eu-BIVAS): Within- and between-subject biological variation data for 15 frequently measured proteins. *Clinical Chemistry* 65(8), 1031-1041. DOI: 10.1373/clinchem.2019.304618.
 29. Aziz N., Detels R., Quint J.J., Gjertson D., Ryner T., Butch A.W. (2019). Biological variation of immunological blood biomarkers in healthy individuals and quality goals for biomarker tests. *BMC Immunology* 20, ID: 33. DOI: 10.1186/s12865-019-0313-0.
 30. Coskun A., Carobene A., Kilercik M., Serteser M., Sandberg S. et al. (2018). Within-subject and between-subject biological variation estimates of 21 hematological parameters in 30 healthy subjects. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 56(8), 1309-1318. DOI: 10.1515/cclm-2017-1155.
 31. Hopkins W., Marshall S., Batterham A., Hanin J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41(1), 3-13. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181818cb278.
 32. Beattie C.E., Fahey J.T., Pullinger S.A., Edwards B.J., Robertson C.M. (2021). The sensitivity of countermovement jump, creatine kinase and urine osmolality to 90-min of competitive match-play in elite English Championship football players 48-h post-match. *Science and Medicine in Football* 5(2), 165-173. DOI: 10.1080/24733938.2020.1828614.
 33. Ispiridilis I., Fatouros I.G., Jamurtas A.Z., Nikolaidis M.G., Michaidilis I. et al. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer

- game. *Clinical Journal of Sports Medicine* 18(5), 423-431. DOI: 10.1097/JSM.0b013e3181818e0b.
34. Souglis A.G., Papanagiotou A., Bogdanis G.C., Travlos A.K., Apostolidis N.G., Geladas N.D. (2015). Comparison of inflammatory responses to a soccer match between elite male and female players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29(5), 1227-1233. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000767.
 35. Nescolarde L., Yanguas J., Lukaski H., Alomar X., Rosell-Ferrer J., Rodas G. (2013). Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Physiological Measurement* 34(2), 237-245. DOI: 10.1088/0967-3334/34/2/237.
 36. Francavilla V.C., Bongiovanni T., Genovesi F., Minafra P., Francavilla G. (2015). Localized bioelectrical impedance analysis: How useful is it in the follow-up of muscle injury? A case report. *Medicina dello Sport* 68(2), 323-334.
 37. Beberashvili I., Azar A., Sinuani I., Kadoshi H., Shapiro G. et al. (2014). Longitudinal changes in bioimpedance phase angle reflect inverse changes in serum IL-6 levels in maintenance hemodialysis patients. *Nutrition* 30(3), 297-304. DOI: 10.1016/j.nut.2013.08.017.

Submitted: July 16, 2021

Accepted: September 19, 2021

ANEXO 7.6. Artículo 6

Moya-Amaya H, **Molina-López A**, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de La Rosa FJ. "Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas."

International Journal of Morphology (Int. J. Morphol.) 2022; 40(2):327-333.

ISSN: 0717-9502

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge

Category: ANATOMY & MORPHOLOGY

Factor de Impacto en 2021: 0,504. Rank in Anatomy & Morphology Journals (año 2021): 20 de 21. 4^oQ - 3^oT

DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000200327>



Int. J. Morphol.,
40(2):327-333, 2022.

Migración del Somatotipo en Jugadores de Fútbol Profesional en las Últimas Décadas

Somatotype Migration in Professional Soccer Players Over the Last Decades

Heliodoro Moya-Amaya¹; Antonio Molina-López²; Antonio Jesús Berral-Aguilar¹;
Daniel Rojano-Ortega¹ & Francisco José Berral-de la Rosa¹

MOYA-AMAYA, H.; MOLINA-LÓPEZ, A.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue analizar la configuración morfológica de los jugadores de fútbol de un equipo de la primera división italiana y compararlo con las investigaciones publicadas en las últimas décadas. Un total de 23 jugadores fueron evaluados a mitad de temporada, mediante el método de campo antropométrico y tratados los valores con el software KINBIA®. Se estableció que el somatotipo de la muestra es ecto-mesomorfo (1,52 - 4,7 - 2,63) y no se hallaron diferencias significativas entre las posiciones de juego. Se realizó una representación gráfica de los somatotipos por posición de juego y la migración del somatotipo de las investigaciones de fútbol de las últimas décadas. Se concluye que el futbolista de élite actual ha reducido más el componente endomórfico y que, en el mismo equipo, existen diferencias no significativas en el somatotipo según la posición de juego que desempeñen. El territorio de influencia de estos deportistas en la somatocarta ha ido evolucionando en las dos últimas décadas desplazándose desde la mesomorfía balanceada hacia la ecto-mesomorfía.

PALABRAS CLAVE: Biotipo; Antropometría; Kinbia; Alto rendimiento; Fútbol.

INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte de equipo que se caracteriza por presentar acciones de alta intensidad de forma acíclica que varían según el nivel competitivo y distintos factores ambientales (Orhan *et al.*, 2013; Vera *et al.*, 2014). Es un deporte mixto desde el punto de vista metabólico, con predominio de un 70 % de tipo anaeróbico (Vera *et al.*).

En la literatura científica, nos encontramos con estudios en fútbol, donde analizan cómo el rendimiento deportivo está directamente mediado por la composición corporal y el somatotipo, variables que han demostrado estar condicionadas por el número de partidos jugados (Cárdenas-Fernández *et al.*, 2019). Otros autores han demostrado que existe una asociación entre la capacidad de realizar sprints y el bajo porcentaje de masa grasa en jugadores con un alto perfil muscular (Brocherie *et al.*, 2014).

Muchos factores son relevantes para determinar el éxito de un jugador de fútbol, y los requisitos para el juego

de alto nivel son multifactoriales (Reilly *et al.*, 2000a). En los últimos años, los investigadores han identificado ciertas características antropométricas y de estado físico que predisponen a ciertos jugadores hacia el éxito (Reilly *et al.*, 2000b; Gil *et al.*, 2007). Se ha demostrado que, aunque todos los deportistas tengan similares condiciones de entrenamiento a nivel cuantitativo y cualitativo, hay una serie de condiciones morfológicas que potencian el rendimiento deportivo, por lo que la evaluación antropométrica debería ser una parte del programa de perfiles de entrenamiento (Reilly *et al.*, 2000a,b).

Hoy en día, obtener información sobre la composición morfológica del futbolista es esencial en la toma de decisiones, en busca de la optimización del jugador y eficiencia de la plantilla del equipo, al tener un impacto directo sobre el rendimiento deportivo (Pireva *et al.*, 2019). El exceso de tejido adiposo está estrechamente relacionado con el rendimiento, al condicionar factores como la aceleración

¹ Grupo de Investigación CTS-595. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. España.

² Departamento de Nutrición del Udinese Calcio SpA, Udine, Italia.

Received: 2021-12-20 Accepted: 2022-01-30

MOYA-AMAYA, H.; MOLINA-LÓPEZ, A.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

o el costo metabólico (Barraza *et al.*, 2015). La antropometría es una técnica que emplea procedimientos no invasivos, económicos y con una relativa facilidad en la interpretación, que tiene una útil aplicación en deportes tanto de equipo como individuales (Guedes & Rechenchosky, 2008; Villouta *et al.*, 2021).

El físico humano se puede categorizar mediante el empleo del somatotipo, un método que inició Heath y Carter en 1967, y que ha ido adquiriendo mayor relevancia en el ámbito deportivo (Carter & Heath, 1990; Berral *et al.*, 1999). El somatotipo es definido numéricamente a través de sus tres componentes: endomorfa, mesomorfa y ectomorfa, que permite clasificar al deportista en diferentes categorías morfológicas (Gjonbalaj *et al.*, 2018). En el caso del fútbol, el componente que la mayoría de estudios obtienen es el mesomórfico balanceado (Pireva *et al.*).

El objetivo de este estudio fue analizar la configuración morfológica de los jugadores de fútbol de un equipo de la primera división italiana y compararlo con las investigaciones publicadas en las últimas décadas.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño y participantes. Se trata de un estudio transversal, de tipo observacional y analítico sobre una muestra de 23 jugadores pertenecientes a un equipo de la serie A italiana de fútbol. Todos los participantes firmaron el consentimiento informado, llevándose a cabo el estudio bajo el protocolo de la declaración de Helsinki sobre experimentación en seres humanos.

Los sujetos fueron evaluados a mitad de temporada, mediante el método de campo antropométrico y tratados los valores con el software KINBIA® (Berral-Aguilar, 2021). Las variables antropométricas fueron tomadas con un estadiómetro SECA 264 (con una precisión de 1 mm), un plicómetro Slimguide (con una precisión de 0,5 mm), un paquímetro digital (con una precisión de 0,1 cm) y una cinta métrica modelo SATA (con una precisión de 0,1 cm). Las mediciones las realizaron dos antropometristas formados en las técnicas con nivel SATA III y IV respectivamente.

Todas las medidas fueron realizadas a primera hora de la mañana en ayunas, posterior al vaciado urinario, con la menor cantidad de ropa posible y en condiciones normales de temperatura de la sala, entre 23 y 26°C. Todas las medidas fueron realizadas por la misma persona y tomadas del lado derecho de cada sujeto.

Se realizó una proforma completa KINBIA, calculando el somatotipo mediante las variables peso (kg), estatura (cm), pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, bicipital, supraespinal y medial de la pierna), diámetros pequeños (humeral y femoral) y perímetros corporales (brazo flexionado y contraído y pierna máxima).

El cálculo y la determinación de cada uno de los componentes del somatotipo se realizó mediante el software informático KINBIA® (Berral-Aguilar), con la metodología descrita por Carter & Heath.

Somatocarta y gráfico de migración somática. Para la elaboración de las gráficas de la somatocarta y sus cálculos se empleó el programa Microsoft Office Excel - Versión 16.44 (20121301). Para graficar la distribución de áreas en la somatocarta por posición de juego, se calculó el punto medio para los ejes X e Y por posición de juego y las desviaciones estándar (SD), y así poder representar las circunferencias de dispersión en torno a cada somatopunto medio, calculando los extremos con la SD para el eje X y el eje Y, y, posteriormente, trazando la circunferencia por estos cuatro puntos de valores máximos y mínimos.

Se calculó también el Índice de Dispersión del Somatotipo (IDS) o Dispersión Media del Somatotipo (DMS), como describen Berral *et al.* (1999), de los grupos de jugadores de nuestra muestra por posición de juego. Un resultado de IDS superior a dos es considerado significativo en términos de dispersión de un somatotipo respecto otro.

En este estudio analizamos el somatotipo aportando una somatocarta según la posición de juego de los deportistas (Fig. 1) y las somatozonas o áreas de influencia graficadas en forma de somatomapa (Fig. 2). También se elaboró un gráfico de migración somática (Fig. 3), donde se compara la actual investigación con las reportadas en la literatura científica durante las últimas décadas.

Análisis Estadístico. El análisis estadístico se realizó con el paquete de software SPSS para Windows, v. 25.0 (SPSS Inc., EE.UU.). Se realizó un análisis descriptivo del grupo completo de jugadores y segmentados por posición de juego. Para comprobar la normalidad de las variables se realizó el test de Shapiro-Wilk. Cuando las variables siguieron una distribución normal se usó el test ANOVA de un factor con post-hoc de Bonferroni para conocer la existencia de diferencias significativas entre las distintas posiciones de juego. En caso de no seguir una distribución normal se llevó a cabo el test H de Kruskal-Wallis seguido del post-hoc de Dunn con la corrección de Bonferroni.

MOYA-AMAYA, H.; MOLINA-LÓPEZ, A.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

RESULTADOS

En nuestra investigación, se hizo un análisis del somatotipo de un equipo de la primera división de fútbol italiana con una muestra de 23 jugadores (Tabla I), que se encontraban en etapa competitiva. Aunque se observan diferencias cuantitativas en muchos de los parámetros según la posición de juego, esas diferencias no son significativas, probablemente porque el número de sujetos era pequeño. De hecho, el IDS por posición de juego, respecto a la muestra total, muestra un valor superior a dos en todas las posiciones de juego (Tabla I).

Se observa que el mayor peso corporal medio era el de los porteros y el menor el de los delanteros. En el caso del sumatorio de pliegues subcutáneos corregidos por el Phantom ($\sum \text{pliegues corregidos} = \sum \text{pliegues} * 170,18 / \text{Estatura media grupo}$), observamos que los porteros (20,44 mm) y los delanteros (20,73 mm) eran los que menor cifra presentaban, seguidos por los defensas (23,5 mm) y, por último, los centrocampistas (24,09 mm). Los porteros presentaron el mayor valor de la mesomorfía, seguidos por los delanteros y los defensas, y, por último, los centrocampistas. Por otro lado, la endomorfía es el componente que menos predomina en la muestra completa, siendo los delanteros los jugadores con valores más bajos y los centrocampistas los que presentaron valores más elevados. Por último, la linealidad, representada mediante la ectomorfía, mostró los valores más bajos en los jugadores con posiciones defensivas, mientras que los centrocampistas presentaron las más elevadas (Tabla I).

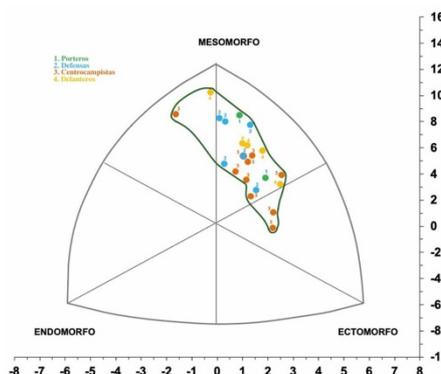


Fig. 1. Representación gráfica de los somatotipos individuales en la somatocarta. n=23.

En la somatocarta se observa que el cuadrante predominante es el ecto-mesomórfico (Fig. 1), y que, a pesar de presentar unas amplias áreas de influencia por posición de juego (Fig. 2), se encontraban dentro del mismo cuadrante de la somatocarta.

El gráfico de migración somática muestra los estudios analizados, los cuales han sido divididos en siete grupos, los 70, los 80, los 90, los 2000, y, a partir de 2010 en tres etapas (2010-2013; 2014-2018 y 2019-2020), dado que estas son las franjas donde se ha observado un mayor cam-

Tabla I. Características antropométricas según la posición de juego.

	Total (n=23)		Porteros (n=2)		Defensas (n=6)		Centrocamp. (n=10)		Delanteros (n=5)	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Edad (años)	24,04	3,25	23,00	1,41	23,83	3,25	23,90	4,23	25,00	1,58
Peso (kg)	81,76	6,43	89,50	8,63	85,43	5,07	79,82	4,72	78,12	7,10
Estatura (cm)	184,9	6,49	191,50	0,99	185,88	4,34	184,76	7,19	181,40	7,26
PL Tricipital (mm)	6,26	1,41	6,50	0,00	6,42	1,11	6,55	1,62	5,40	1,47
PL Subescapular (mm)	7,72	1,63	7,00	0,71	8,25	1,64	8,15	1,83	6,50	0,79
PL Bicipital (mm)	2,98	0,79	2,75	0,35	3,17	0,82	2,95	0,93	2,90	0,74
PL Supraespinal (mm)	4,13	1,10	4,25	0,35	4,08	1,16	4,35	1,31	3,70	0,84
PL Medial pierna(mm)	3,78	1,04	2,50	0,00	3,75	0,76	4,15	1,20	3,60	0,89
D Humeral (cm)	7,05	0,39	7,60	0,28	7,05	0,46	6,87	0,29	7,18	0,32
D Femoral (cm)	9,95	0,50	10,50	0,28	10,07	0,62	9,84	0,37	9,80	0,60
P Brazo Contraído (cm)	34,49	1,51	36,4	1,56	35,88	1,08	33,54	0,87	33,94	1,19
P Pierna Máxima (cm)	37,82	1,71	38,75	3,89	38,68**	1,21	37,19**	1,80	37,68	0,83
Endomorfía	1,52	0,42	1,41	0,13	1,58	0,30	1,64	0,50	1,27	0,40
Mesomorfía	4,70	1,04	5,16	1,20	5,04	0,82	4,21	1,02	5,07	1,15
Ectomorfía	2,63	0,67	2,79	0,85	2,33	0,53	2,84	0,76	2,50	0,62
IDS	2,66	-	2,25	-	2,58	-	2,42	-	2,46	-

SD. Desviación Estándar; PL. Pliegue subcutáneo; D. Diámetro óseo. P. Perímetro corporal. IDS. Índice de dispersión del somatotipo.

MOYA-AMAYA, H.; MOLINA-LÓPEZ, A.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

bio en la composición corporal del futbolista profesional (Fig. 3). Para elaborar el gráfico hemos construido previamente

una tabla con los principales estudios de esta disciplina (Tabla II).

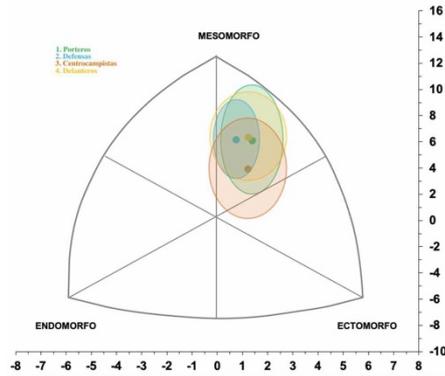


Fig. 2. Distribución de áreas de influencia en la somatocarta por posición de juego.

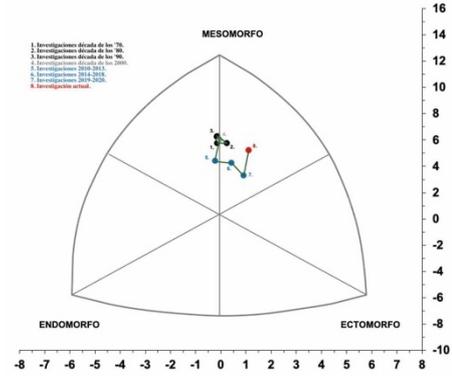


Fig. 3. Migración del somatotipo de las investigaciones en fútbol en las últimas décadas.

Tabla II. Somatotipo y clasificación de las investigaciones más relevantes.

Estudios	Endo	Meso	Ecto	Clasificación
Stepnicka <i>et al.</i> 1974	2,3	5,9	2	Mesomorfo balanceado
Guimaraes <i>et al.</i> 1975	3	5	3	Mesomorfo balanceado
Withers <i>et al.</i> 1986	2,3	5,6	2,4	Mesomorfo balanceado
Ramadan <i>et al.</i> 1987	1,9	4,4	2,2	Mesomorfo balanceado
Farmosi <i>et al.</i> 1988	2,1	5,3	2,4	Mesomorfo balanceado
Casajús <i>et al.</i> 1991	2,2	5,1	1,9	Mesomorfo balanceado
Rienzi <i>et al.</i> 1995	2,1	5,3	2,1	Mesomorfo balanceado
Rienzi <i>et al.</i> 2000	2	5,5	2	Mesomorfo balanceado
Lentini <i>et al.</i> 2004	2,3	4,8	2,2	Mesomorfo balanceado
Orhan <i>et al.</i> 2010	2,28	4,4	2,31	Mesomorfo balanceado
Hazir <i>et al.</i> 2010	3	4,5	2,6	Mesomorfo balanceado
Henríquez-Olguín <i>et al.</i> 2013	2,6	5,3	2,3	Mesomorfo balanceado
Brocherie <i>et al.</i> 2014	2	4,79	2,55	Ecto-Mesomorfo
Gutnik <i>et al.</i> 2015	2,41	3,55	3,33	Ectomorfo-Mesomorfo
Rodríguez-Rodríguez <i>et al.</i> 2018	2,3	5,4	2,05	Mesomorfo balanceado
Cavia <i>et al.</i> 2019	2,2	4,4	2,8	Ecto-mesomorfo
Campa <i>et al.</i> 2020	2,1	4,1	3,3	Ecto-mesomorfo

Endo. Endomorfia. Meso. Mesomorfia. Ecto. Ectomorfia.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio ha sido analizar la configuración morfológica (somatotipo) de los jugadores de fútbol de un equipo de la primera división italiana y compararlo con las investigaciones publicadas en las últimas décadas. A pesar de no encontrar diferencias significativas en las va-

riables analizadas, entre las distintas posiciones de juego, el hecho de obtener un IDS por posición de juego respecto a la muestra total con un valor superior a dos, sugiere que hay diferencias, aunque estas no hayan sido significativas, los que atribuimos al tamaño de la muestra.

MOYA-AMAYA, H.; MOLINA-LÓPEZ, A.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

El hallazgo más relevante de nuestro estudio es que el componente endomórfico en futbolistas profesionales ha disminuido respecto a lo establecido en la literatura científica (Tabla II).

Nuestros jugadores presentan diferencias cuantitativas en varios de los parámetros, así los delanteros muestran una endomorfía bastante menor que el resto de posiciones (Tabla I), tal y como hallaron otros autores (Vera *et al.*). De hecho, en el sumatorio de pliegues subcutáneos corregidos por el phantom, se observa que el grupo de delanteros presentaba menor sumatorio en relación con centrocampistas y defensas. Estas diferencias en el perfil del somatotipo pueden ser explicadas por el mayor requerimiento de explosividad de esta posición, donde la velocidad y los cambios de ritmo como aceleraciones y deceleraciones son determinantes para alcanzar el éxito.

Si analizamos el equipo completo, podemos apreciar que la muestra presenta un somatotipo ecto-mesomorfo, es decir, predomina el componente de la mesomorfía, seguido por la ectomorfía. Si observamos otros estudios realizados en fútbol de élite, podemos apreciar una similar tendencia del cambio del somatotipo ideal del futbolista en las últimas décadas, al haber adquirido una mayor importancia el tener en la plantilla jugadores más explosivos, más musculados y con menor porcentaje de grasa (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2019; Campa *et al.*, 2020), partiendo siempre de que la mesomorfía es el componente predominante en el fútbol respecto otros deportes (Pireva *et al.*).

Analizando los estudios en orden cronológico (Fig. 3), se puede apreciar cómo los futbolistas de élite han modificado su somatotipo. Entre las décadas de los 70, 80 y 90 (Stepnicka *et al.*, 1974; Guimaraes *et al.*, 1975; Withers *et al.*, 1986; Ramadan & Byrd, 1987; Casajús & Aragonés, 1991; Carter & Rienzi, 1995; Farnosi *et al.*, 1998) el somatotipo medio es de 2,3 - 5,25 - 2,28, caracterizándose estos deportistas en destacar por sus habilidades técnicas y tácticas, sin centrarse tanto en el componente físico como determinante del rendimiento.

En la somatocarta (Fig. 3), se puede apreciar cómo en la década de los 2000-2010 (Rienzi *et al.*, 2000; Lentini *et al.*, 2004), el deportista de fútbol profesional se mantuvo en un somatotipo medio mesomorfo balanceado 2,15 - 5,15 - 2,1, mientras que en los últimos diez años ha migrado hacia la ectomorfía y ha reducido el componente endomórfico (Tabla II).

Un estudio de referencia en fútbol de élite fue el proyecto SOKIP, donde la investigación del somatotipo marcó unos estándares a conseguir. Valores medios del somatotipo

(Tabla II) que se encontraban 0,58 puntos por encima en endomorfía de nuestro estudio, 0,6 por encima en mesomorfía y 0,53 por debajo en ectomorfía (Carter & Rienzi).

El fútbol profesional se caracteriza por un mayor componente de fuerza y potencia que de resistencia, al comparar la muestra con velocistas, donde se observa mayor ectomorfía conforme mayor es la distancia de la prueba atlética. Estos componentes de fuerza y potencia se han visto mejorados en las dos últimas décadas dada la relación del entrenamiento de fuerza con la mejora de la resistencia (Barjaste & Mirzaei, 2018), lo que se refleja en los valores medios de los jugadores evaluados en nuestro estudio (Tabla I).

Orhan *et al.* (2010) determinan que no existen importantes diferencias del somatotipo entre las posiciones de juego, dato este coincidente con Jorquera *et al.* (2013), y con nuestro estudio. Los jugadores que menos difieren en sus valores de somatotipo en el equipo (IDS), fueron los porteros (Tabla I), mientras que los defensas fueron los que poseían mayores valores, a diferencia de lo publicado por Henríquez-Olguín *et al.* (2013), quienes observaron que tanto porteros como defensas eran los que menores valores de IDS presentaban; no obstante, se debe tener en cuenta que estos autores realizaron su estudio con una muestra de jugadores de la misma nacionalidad (Chilena) y nuestra muestra la componen jugadores de distintas nacionalidades y razas.

Que no se hallen diferencias significativas en el somatotipo de las posiciones de juego también puede ser debido a las elevadas SD que poseen los valores medios del somatotipo, como se aprecia en las elipses de las somatozonas o áreas de influencia (Fig. 2).

Recientemente, se ha demostrado que, aunque el somatotipo no sea el factor más determinante en el rendimiento deportivo, sí puede influir en las variables relacionadas con la fuerza y la producción de potencia (Bus'ko *et al.*, 2017), así como también influye el control de la alimentación, la suplementación y un correcto entrenamiento, claves para la condición física y nutricional en términos de composición corporal (Berral-Aguilar *et al.*, 2021). Uno de los factores que pueden explicar el menor componente endomórfico en nuestros jugadores es el control nutricional llevado durante toda la temporada y durante el transcurso del estudio por parte del departamento de nutrición, un factor que junto con la edad de los jugadores ha demostrado su influencia sobre el somatotipo (Almagia *et al.*, 2015; Espinoza *et al.*, 2021).

Por otro lado, también se debe tener en cuenta la profesionalización, siempre hablamos de futbolista de élite, puesto que, si los comparamos con jugadores no profesio-

MOYA-AMAYA, H.; MOLINA-LÓPEZ, A.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

nales, el somatotipo varía considerablemente. Vera *et al.* aprecian cómo el somatotipo medio de jugadores no profesionales es endo-mesomórfico en lugar de ecto-mesomórfico, aunque jugadores de élite y no profesionales, sí comparten el tener el componente endomórfico más bajo en la posición de delanteros.

El somatotipo es un relevante punto a tener en cuenta en la prevención de lesiones. Según recoge Cabañas & Esparza (2009), se ha establecido que el morfotipo con mayor tendencia a sufrir lesiones es el ectomorfo balanceado (85 %), con gran diferencia sobre el ecto-mesomorfo (50 %), el meso-ectomorfo (45 %) o el mesomorfo balanceado (44 %). Estos autores concluyen que reducir la endomorfía y aumentar ectomorfía, manteniendo niveles de mesomorfía, se asocia a mayor riesgo de lesión. Pensamos que esta tendencia ha cambiado radicalmente en el tiempo. Podemos afirmar que nuestra muestra, en las últimas temporadas, no ha tenido una incidencia similar de lesiones a la señalada, a pesar de estar clasificada nuestra muestra como ecto-mesomórfica. De hecho, los últimos estudios relacionados con el somatotipo en fútbol de alto rendimiento, encuadran el ideal de estos deportistas en este somatotipo (Brocherie *et al.*; Cavia *et al.*, 2019; Campa *et al.*) por lo que hemos de contextualizar el cambio que ha sufrido el deportista de fútbol profesional en términos de composición corporal. Futuros estudios se podrían encaminar a conocer la incidencia de lesiones según el somatotipo del jugador.

CONCLUSIÓN

En este estudio se concluye que el futbolista de élite actual ha reducido el componente endomórfico, y aunque existen diferencias del somatotipo entre las distintas posiciones en el equipo, éstas no son significativas.

Se trata de una nueva perspectiva de la biotipología del jugador de fútbol, que puede deberse al mayor control en el entrenamiento y la alimentación. El territorio de influencia de estos deportistas en la somatocarta ha evolucionado en las dos últimas décadas desplazándose desde la mesomorfía balanceada hacia la ecto-mesomorfía.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Club Udinese Calcio S.p.A. por su apoyo técnico y participación en la investigación.

332

MOYA-AMAYA, H. ; MOLINA-LÓPEZ, A. ; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Somatotype migration in professional soccer players over the last decades. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

SUMMARY: The aim of this study was to analyze the morphological configuration of soccer players of an Italian first division team and to compare it with research published in recent decades. A total of 23 players were evaluated at mid-season, using the anthropometric field method and the values were processed with the KINBIA® software. It was established that the somatotype of the sample is ecto-mesomorphic (1,52 - 4,7 - 2,63) and no significant differences were found between playing positions. A graphical representation of the somatotypes by playing position and somatotype migration from soccer researches of the last decades was made. It is concluded that the current elite soccer player has reduced the endomorphic component and there are non-significant differences in somatotype according to the playing position. The territory of influence of these athletes in the somatochart has been evolving over the last two decades, shifting from balanced mesomorphy to ecto-mesomorphy.

KEY WORDS: Biotype; Anthropometry; Kinbia; High performance; Soccer.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almagià, A.; Araneda, A.; Sánchez, J.; Sánchez, P.; Zúñiga, M. & Plaza, P. Somatotype and body composition of the male university soccer team at Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, champions 2012-2013. *Int. J. Morphol.*, 33(3):1165-70, 2015.
- Barjaste, A. & Mirzaei, B. The periodization of resistance training in soccer players: changes in maximal strength, lower extremity power, body composition and muscle volume. *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 58(9):1218-25, 2018.
- Barraza, F.; Yáñez, R.; Báez, E. & Rosales, G. Anthropometric attributes by playing position in Chilean female football players from the Valparaíso Region, Chile. *Int. J. Morphol.*, 33(4):1225-30, 2015.
- Berral-Aguilar, A. J. *Desarrollo del Software KINBIA® para el Análisis de la Composición Corporal y Seguimiento de Futbolistas de Élite*. Tesis Doctoral. Sevilla, Departamento de Deporte e Informática, Universidad Pablo de Olavide, 2021. Disponible en: <https://www.kinbia.com>
- Berral-Aguilar, A. J.; Méndez-Rebolledo, G.; Rojano-Ortega, D.; Moya-Amaya, H.; Molina-López, A. & Berral de la Rosa, F. J. Assessment of the impact of confinement by SARS-CoV-2 on the body composition of elite soccer players. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-95, 2021.
- Berral, F. J., Gómez, J. R. & Lancho, J. L. Somatotipo (1a parte). *Med. Ejerc.*, 1:14-27, 1999.
- Brocherie, F.; Girard, O.; Forchino, F.; Al Haddad, H.; Dos Santos, G. A. & Millet, G. P. Relationships between anthropometric measures and athletic performance, with special reference to repeated-sprint ability, in the Qatar national soccer team. *J. Sports Sci.*, 32(13):1243-54, 2014.
- Busko, K.; Pastuszak, A.; Lipinska, M.; Lipinska, M. & Gryko, K. Somatotype variables related to strength and power output in male basketball players. *Acta Bioeng. Biomech.*, 19(2):161-7, 2017.
- Cabañas, M. D. & Esparza, F. *Compendio de Cineantropometría*. Madrid, CTO, 2009.
- Campa, F.; Bongiovanni, T.; Matias, C. N.; Genovesi, F.; Treeroci, A.; Rossi, A.; Iaia, F. M.; Albert, G.; Pasta, G. & Toselli, S. A new strategy to

MOYA-AMAYA, H.; MOLINA-LÓPEZ, A.; BERRAL-AGUILAR, A. J.; ROJANO-ORTEGA, D. & BERRAL-DE LA ROSA, F. J. Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *Int. J. Morphol.*, 40(2):327-333, 2022.

- integrate Heath-Carter Somatotype Assessment with bioelectrical impedance analysis in elite soccer player. *Sports (Basel)*, 8(11):142, 2020.
- Cárdenas-Fernández, V.; Chinchilla-Minguet, J. L. & Castillo-Rodríguez, A. Somatotype and body composition in young soccer players according to the playing position and sport success. *J. Strength Cond. Res.*, 33(7):1904-1911, 2019.
- Carter, J. E. L. & Heath, B. H. *Somatotyping Development and Applications*. Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- Carter, J. E. L. & Rienzi, E. *Organización y Métodos del Proyecto Cineantropométrico en el Fútbol (SOKIP)*. En: Rienzi, E.; Mazza, J. C.; Carter, J. E. L. & Reilly, T. (Eds.). *Futbolista Sudamericano de Elite: Morfología, Análisis del Juego y Performance*. Rosario, Biosystem Servicio Educativo, 1998.
- Casajús, J. A. & Aragonés, M. T. Estudio morfológico del futbolista de alto nivel. Composición corporal y somatotipo. Parte I. *Arch. Med. Deporte*, 30:147-51, 1991.
- Cavia, M. M.; Moreno, A.; Fernández-Trabanco, B.; Carrillo, C. & Alonso-Torre, S. R. Anthropometric characteristics and somatotype of professional soccer players by position. *J. Sports Med. Ther.*, 4:73-80, 2019.
- Espinoza, N. O.; Silva, R. J.; Mallea, R. N. & Brito, H. L. Morphometry and biotype of male soccer players categories under 15 and under 16 from a sports school. *Int. J. Morphol.*, 39(5):710-5, 2021.
- Farmosi, I. *Data to investigation of body composition and somatotype of Hungarian top male athletes*. Unpublished manuscript (Budapest), 1988. Extraído de Rienzi, E.; Mazza, J. C.; Carter, J. E. L. & Reilly, T. (Eds.). *Futbolista Sudamericano de Elite: Morfología, Análisis del Juego y Performance*. Rosario, Biosystem Servicio Educativo, 1998.
- Gil, S.; Ruiz, F.; Irazusta, A.; Gil, J. & Irazusta, J. Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 47(1):25-32, 2007.
- Gjonbalaj, M.; Georgiev, G. & Bjelica, D. Differences in anthropometric characteristics, somatotype components, and functional abilities among young elite Kosovo soccer players based on the team position. *Int. J. Morphol.*, 36(1):41-7, 2018.
- Guedes, D. P. & Rechenchosky, L. Comparação da gordura corporal predita por métodos antropométricos: índice de massa corporal e espessuras de dobras cutâneas. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.*, 10(1):1-7, 2008.
- Guimaraes, A. C. S., Petersen, R. D. & De Rose, E. H. A valiação do biotipo de Sheldon no jogador de futebol profissional. *Med. Esporte (Porto Alegre)*, 2(3):157-61, 1975.
- Henríquez-Olguín, C.; Báez, E.; Ramírez-Campillo, R. & Cañas, R. Somatotype profile of professional male soccer Chilean players. *Int. J. Morphol.*, 31(1):225-30, 2013.
- Jorquera, A. C.; Rodríguez, R. F.; Torrealba, V. M. I.; Campos, S. J.; Gracia, L. N. & Holway, F. Anthropometric characteristics of Chilean professional football players. *Int. J. Morphol.*, 31(2):609-14, 2013.
- Lentini, N.; Gris, G.; Cardey, M.; Aquilino, G. & Dolce, P. Estudio somatotípico en deportistas de alto rendimiento de Argentina. *Arch. Med. Deporte*, 21:497-509, 2004.
- Orhan, O.; Sagir, M. & Zorba, E. Comparison of somatotype values of football players in two professional league football teams according to the positions. *Coll. Antropol.*, 37(2):401-5, 2013.
- Orhan, O.; Sagir, M.; Zorba, E. & Kishali F. A comparison of somatotypical values from the players of two football teams playing in Turkish Super League on the basis of the players positions. *J. Phys. Educ. Sport Manag.*, 1(1):1-10, 2010.
- Pireva, A. Anthropometric and body composition differences among elite kosovo basketball, handball and soccer players. *Int. J. Morphol.*, 37(3):1067-72, 2019.
- Ramadan, J. & Byrd, R. *Physical characteristics of elite soccer players*. *J. Sports Med.*, 27:424-8, 1987.
- Reilly, T.; Bangsbo, J. & Franks, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J. Sports Sci.*, 18(9):669-83, 2000a.
- Reilly, T.; Williams, A.M.; Nevill, A. & Franks, A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J. Sports Sci.*, 18(9):695-702, 2000b.
- Rienzi, E.; Drust, B.; Reilly, T.; Carter, J. E. & Martin, A. Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 40:162-9, 2000.
- Rodríguez-Rodríguez, F.; López-Fuenzalida, A.; Holway, F. & Jorquera Aguilera, C. Diferencias antropométricas por posición de juego en futbolistas profesionales chilenos. *Nutr. Hosp.*, 36(4):846-53, 2019.
- Stepnicka, J. Typology of sportsmen. *Acta Univ. Carol. Gymn.*, 1:67-90, 1974.
- Vera, Y.; Chávez, C.; David, A.; Torres W. Rojas, J. & Bermúdez, V. Características morfológicas y somatotipo en futbolistas no profesionales, según posición en el terreno de juego. *Rev. Latinoam. Hipertens.*, 9(3):13-20, 2014.
- Villouta, P. L.; Correia de Campos, L. F. C.; Paredes, A. M.; Vargas, V. R.; Martínez, S. C. & Aranedo, G. N. Anthropometric characterization and body composition of male and female elite tennis players in Chile. *Int. J. Morphol.*, 39(1):84-9, 2021.
- Withers, R. T.; Craig, N. P. & Norton, K. I. Somatotypes of South Australian male athletes. *Hum. Biol.*, 58(3):337-56, 1986.

Dirección para correspondencia:
Francisco José Berral de la Rosa
Departamento de Deporte e Informática
Universidad Pablo de Olavide
Carretera de Utrera km 1
41013
Sevilla
ESPAÑA

E-mail: fjberde@upo.es

ORCID 0000-0003-3552-8262

ANEXO 7.7. Artículo 7

Berral-Aguilar AJ, Méndez-Rebolledo G, Rojano-Ortega D, Moya-Amaya H, **Molina-López A**, Berral de la Rosa FJ.

“Valoración del Impacto del Confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la Composición Corporal de una Población de Futbolistas de Élite”.

International Journal of Morphology (Int. J. Morphol.) 2021; 39(4):1088-1095. ISSN: 0717-9502

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge

Category: ANATOMY & MORPHOLOGY

Factor de Impacto en 2021: 0,504

Rank in Anatomy & Morphology Journals (año 2021): 20 de 21. 4° Q - 3°T

DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022021000401088>



Int. J. Morphol.,
39(4):1088-1095, 2021.

Valoración del Impacto del Confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la Composición Corporal de una Población de Futbolistas de Élite

Assessment of the Impact of Confinement by SARS-CoV-2
on the Body Composition of Elite Soccer Players

Antonio Jesús Berral Aguilar¹; Guillermo Mendez Rebolledo²; Daniel Rojano Ortega¹;
Heliodoro Moya Amaya^{1,3}; Antonio Molina López^{1,3} & Francisco José Berral de la Rosa¹

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Valoración del impacto del confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la composición corporal de una población de futbolistas de élite. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

RESUMEN: El confinamiento por pandemia por SARS-CoV-2 ha agravado la condición física y nutricional de los deportistas de élite, modificando la rutina de los entrenamientos. La bioimpedancia (BIA) estudia la composición corporal y es utilizada para valorar la evolución de las intervenciones médicas, deportivas y nutricionales. El objetivo del estudio fue observar si una intervención nutricional y una prescripción de actividad física específicas pudieron atenuar los cambios hídricos, de composición corporal, y ángulo de fase (PhA) tras el confinamiento por la pandemia SARS-CoV-2 en una población de futbolistas de élite. En un grupo de 22 futbolistas profesionales (Serie A, Calcio, Italia) se evaluó la BIA antes (febrero 2020) y después (mayo 2020) del confinamiento por la pandemia SARS-CoV-2. Durante el periodo de confinamiento se aplicó una intervención nutricional y prescripción de actividad física específicas. Las medidas de los participantes se realizaron de forma protocolizada, usando material antropométrico y un impedanciómetro multifrecuencia, octopolar y segmental de la marca Tanita modelo MC-780MA. Se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas. No se observaron diferencias significativas antes y después del periodo de intervención, en el grado de hidratación y composición corporal (masa muscular y masa grasa). Por el contrario, se evidenció un cambio significativo en el PhA. Estos datos nos permiten poder tener una referencia de que intervenciones nutricionales y de actividad física pueden minimizar o disminuir el impacto de un confinamiento en la composición corporal. No obstante, este tipo de intervención no fue capaz de atenuar los efectos del confinamiento sobre el PhA, considerado un indicador de la salud celular. Así mismo, aportamos una gráfica vectorial de referencia, mediante SpecificBIVA, de esta población.

PALABRAS CLAVE: Ángulo de fase; Hidratación; Specific BIVA; Masa muscular y grasa; COVID-19; SARS-CoV-2.

INTRODUCCIÓN

La reciente pandemia originada por el virus SARS-CoV-2, ha agravado la situación de los deportistas de élite (Mark *et al.*, 2020). El periodo de confinamiento ha supuesto un cambio en la rutina de los entrenamientos, que se han visto reducidos en duración e intensidad, así como se ha alterado la calidad del sueño (Mon-López *et al.*, 2020).

Con bioimpedancia (BIA) es posible estudiar la evolución del deportista, al poder representar el vector de impedancia mediante la gráfica vectorial BIVA (Bioelectrical Impedance Vector Analysis) clásica la relación entre la resistencia (R) que ofrecen los tejidos al paso de la corriente

eléctrica y la reactancia o capacitancia (Xc) que ofrecen las membranas celulares (Piccoli *et al.*, 1994), relación conocida como ángulo de fase (PhA) o vector de impedancia, calculado como $PhA = (Xc/R) * 180^\circ/\pi$ (Martins *et al.*, 2021).

Está bien documentado que el PhA disminuye con la enfermedad, la edad y el nivel de actividad física (Bongiovanni *et al.*, 2020).

En 2017 se propuso una nueva técnica de análisis de los valores antropométricos y bioeléctricos, corregidos en relación con la geometría corporal. Esta técnica, valora

¹ Grupo de Investigación CTS-595. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

² Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Chile.

³ Departamento de Nutrición del Udinese Calcio, Udine, Italia.

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Valoración del impacto del confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la composición corporal de una población de futbolistas de élite. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

lamasa grasaa través del software SpecificBIVA, frente a las limitaciones que el índice de masa corporal (IMC) presenta al no detectar la grasa corporal. Los autores señalan que mediante la toma de tres perímetros y el análisis de datos brutos de resistencia (R) y capacitancia (Xc) a 50 Khz obtenidos por BIA, se pueden controlar las intervenciones nutricionales, farmacológicas y de actividad física, mostrando este método una concordancia con la absorciometría dual fotónica de rayos X (DEXA) de $r=0,9$ (Buffa *et al.*, 2017).

Mientras que el PhA es preciso para analizar el agua corporal total (ACT), Specific BIVA es más sensible para obtener datos del porcentaje de masa grasa. Sin embargo, aún faltan más estudios con diferentes poblaciones, especialmente deportistas de élite, que consoliden la relación del vector de impedancia (PhA) con la hidratación y la composición corporal (Marini *et al.*, 2020).

Moya-Amaya *et al.* (2021) publican una estrategia para obtener el fraccionamiento tetra compartimental mediante el valor de la masa magra y la densidad mineral ósea obtenidas respectivamente por BIA y DEXA. Los autores señalan que en hombres y mujeres se ha reportado arbitrariamente un 4 y 12 % de grasa contenida en la masa magra (Behnke, 1942), la cual es interpretada erróneamente por BIA como masa muscular.

En 2021, Berral-Aguilar *et al.* (2021) proponen el uso del software KINBIA® para la evaluación longitudinal de la composición corporal tras una intervención de actividad física y/o nutricional, así como el estudio e interpretación del PhA.

El objetivo de este estudio fue observar si una intervención nutricional y una prescripción de actividad física específicas pudieron atenuar los cambios hídricos, de composición corporal y ángulo de fase (PhA) tras el confinamiento por la pandemia SARS-CoV-2 en una población de futbolistas de élite. También la presente investigación tuvo como propósito aportar una gráfica vectorial de referencia en una población de futbolistas profesionales, mediante SpecificBIVA.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio descriptivo y cuasi experimental, en el que se hizo una valoración antes y después del confinamiento por la pandemia COVID-19 en Italia. Las mediciones fueron realizadas en febrero de 2020 y justo después del confinamiento en el mes de mayo de 2020, momento en que dio comienzo de nuevo la competición de la Serie A del Calcio Italiano.

La muestra final la constituye un equipo Italiano de fútbol profesional de la Serie A del Calcio y contó con 22 jugadores de sexo masculino, sin patologías previas, de edades comprendidas entre los 18 y los 32 años, de razas caucásica, mestiza y negra (Tabla I), que realizaban entrenamiento cinco días/semana, más los partidos de competición.

Tabla I. Clasificación de los jugadores según raza. Se muestran valores de edad, peso y estatura con desviación típica.

Raza (n = 22)	Caucásica (n=14)	Mestiza (n=4)	Negra (n=4)
Edad (años)	26,66 ±3,52	25,73 ±2,10	25,22 ±2,98
Peso (kg)	82,89 ±5,84	88,88 ±4,61	91,15 ±5,57
Estatura (m)	1,86 ±0,05	1,89 ±0,02	1,87 ±0,01

El estudio fue aprobado por el comité de ética del club. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado, llevándose a cabo la recogida de datos bajo los parámetros de la declaración de Helsinki para experimentación en seres Humanos.

Se tomaron medidas antropométricas, mediante material homologado SATA, de peso y estatura (H), así como medidas de perímetros del lado derecho del cuerpo: brazo relajado, abdominal mínimo y pierna máximo.

Para la toma de las variables bioeléctricas se utilizó un impedanciómetro multifrecuencia, octopolar y segmental de la marca Tanita modelo MC-780MA. Las mediciones se realizaron en bipedestación, el mismo día, en ayunas, en horario de mañana, en sala con control de temperatura y en las mismas condiciones fisiológicas de no haber consumido líquidos y alimentos 6 horas antes, no consumo de alcohol 12 horas antes, no haber realizado deporte de alta intensidad 12 horas antes, miccionar antes de la prueba y reposo durante 5 minutos antes de la medición. Los datos que se extrapolaron al programa KINBIA® (www.kinbia.com) para el análisis del PhA y composición corporal, fueron: H, peso, R y Xc a 50 Khz de cuerpo completo, traducido en Tanita como LL-LA R y LL-LA Xc, y los valores de composición corporal: masa grasa, masa libre de grasa (MLG), masa celular corporal (MCC), masa extracelular (MEC), ACT, agua intracelular (AIC) y agua extracelular (AEC), de cada uno de los participantes, tanto del mes de febrero como de mayo.

Los datos de peso, H, perímetros, R y Xc a 50 Khz, se usaron para la construcción de la gráfica vectorial específica de población bajo estudio, siendo introducidos en el software Specific BIVA (www.specificbiva.com). Los valores calculados en Specific BIVA son: las áreas transversas de cada uno de los perímetros y la media corregida de dichas áreas, obteniéndose las variables de resistividad (Rsp),

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Valoración del impacto del confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la composición corporal de una población de futbolistas de élite. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

Tabla II. Valores de la media y desviación estándar de resistividad, reactividad e impedancia específica.

Jugadores n=22	Rsp	Xcsp	Zsp	r (Rsp - Xcsp)
Media	360,49 ±25,92	48,89 ±4,97	363,82 ±26,25	0,83

Rsp: resistividad; Xcsp: reactividad; Zsp: impedancia específica. Valores en Ohm · cm

reactividad (Xcsp) e impedancia específica (Zsp) de cada uno de los jugadores. A continuación, se calcula el valor de la media de estos valores y su desviación estándar, así como el valor de la correlación estadística (r) entre Rsp y Xcsp (Tabla II), obteniéndose la gráfica con elipses de tolerancia al 50 - 75 y 95 % (Fig. 1), que representa a la población estudiada y mediante ella pueden ser comparadas otras poblaciones similares, individuos o grupos de individuos con independencia de sus características morfológicas (raza, tamaño, edad, nivel de actividad física, etc.). Se puede considerar que la gráfica es un instrumento similar al modelo phantom usado en estudios de proporcionalidad (Ross & Wilson, 1974).

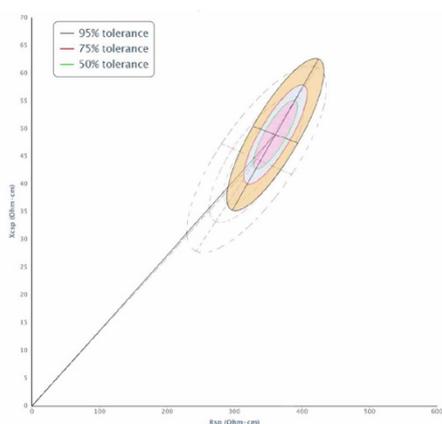


Fig. 1. Elipses comparativas de la población normal Italo-Española en la gráfica SpecificBIVA (líneas punteadas) n = 440, frente a la población de estudio de jugadores de fútbol profesional, gráfica SpecificBIVA-fútbol. n = 22.

Para el cálculo de la composición corporal (fraccionamiento tetra compartimental) se ha usado la propuesta realizada por (Moya-Amaya *et al.*).

Durante los dos meses de confinamiento domiciliario los jugadores recibieron recomendaciones nutricionales, habiendo elaborado el departamento de nutrición tres menús para almuerzo y cena, junto con recomendaciones para el

desayuno y merienda. El reparto de macronutrientes por general quedaría hidratos de carbono (HB) de 5-7 g/kg de peso, proteínas 1,8-2 g/kg de peso y grasas poliinsaturadas y monoinsaturadas 0,45-0,7 g por cada gramo de proteína. Por otro lado, se pautó la suplementación y planes de actividad física. La suplementación que se recomendó consistía en: 500 mg de curcuma y 150 mg de EPA (ácido eicosapentanoico) y 100 mg de DHA (ácido docosahexanoico) en 1 cápsula/día durante una de las principales comidas; Vitamina D líquida 50.000 UI, por la mañana en una toma cada 15 días; Astaxantina 4 mg diarios; 30 g de proteína de suero de leche y 5 g de creatina.

Para la recuperación después del entrenamiento se recomendaron cinco pautas de batidos a elegir por el jugador: 1) 40 g de carbohidratos + 20 g de proteínas de suero de leche con 250 ml de agua de coco + 100 g de fresas + 50 g de arándanos. 2) 38 g de hidratos de carbono + 20 g de proteínas de suero de leche + 200 ml agua de coco + 250 g de frutos rojos. 3) 400 ml de leche de arroz y coco + 5 g de cacao puro + 1 banana + 20 g de proteínas de suero de leche. 4) 250 ml de leche de coco + 250 g de frutos rojos + 20 proteínas de suero de leche. 5) 200 ml de leche de avena + 2 yogurt proteico + canela + media banana.

Los jugadores reportaron una serie de ejercicios físicos que les fueron recomendados: 1) Planchas 30 s, laterales ambos lados y en supino. 2) Planchas 30 s laterales con activación de Mm. glúteos y abductores de ambos miembros. 3) Activación de Mm. glúteos alternando con abdominales. 4) Squash en muro 1 min con 10 kg - Contracción de M. glúteo medio con sprint apoyando puntera y talón elevado de un pie. 5) Fondo isométrico 30 s con inestabilidad - Estabilidad de M. glúteo medio apoyando un pie y tocando conos, alternando la pierna. 6) Squash laterales lentos 30 s con control del movimiento - Combinando Squas laterales 30 s con cambio de velocidad. 7) Fondo de 5 s combinado con cambio de velocidad y rotación.

Además, los jugadores realizaban ejercicio aeróbico no programado, tanto en cicloergómetro como en tapiz rodante, dependiendo de la disponibilidad y accesibilidad de cada jugador en el confinamiento domiciliario.

La nutrición y suplementación se controló mediante videollamada diaria con el departamento de nutrición.

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Valoración del impacto del confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la composición corporal de una población de futbolistas de élite. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

Para el estudio estadístico se utilizó el paquete SPSS (Chicago, IL, EE.UU, versión 26). El estudio de la normalidad de la muestra se realizó con la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección Ljellefors. Todas las variables fueron expresadas como media y desviación estándar. Se utilizó la t de Student para muestras pareadas o relacionadas, tomando como variable 1 los valores de febrero (antes del confinamiento) y variable 2 los valores de mayo (después del confinamiento). Para todos los análisis se consideró un alfa de 0,05.

RESULTADOS

Todas las variables cumplen el supuesto de normalidad de los datos (p > 0,05). Se analizó el impacto del confinamiento sobre las variables: peso en balanza, ACT, AIC, AEC, fraccionamiento tetracompartimental (masa muscular, masa grasa, masa ósea y masa residual), MLG, masa magra, MCC, R, Xc e impedancia (Z) a 50 Khz, R/H, Xc/H, PhA, Rsp, XcspyZsp (Tabla III). No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas, pre y post confinamiento, excepto el PhA que disminuyó de forma significativa en la segunda evaluación (p<0,0001).

Los valores del fraccionamiento tetracompartimental, pre y post confinamiento, se muestran en la Figura 2. Hubo una disminución de un 1 % en la masa grasa y aumento del mismo porcentaje en la masa muscular post – confinamiento, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas.

Estudiada la composición corporal y los datos bioeléctricos específicos, se llevó a cabo la representación gráfica en una BIVA específica (Fig. 3) sobre elipses de una población no deportista Italo–Española (Ibáñez *et al.*, 2015). Se observó como nuestra población se ubica principalmente en el percentil 50 por encima del eje menor, con un ligero desplazamiento hacia abajo y derecha en la evaluación de mayo.

Como importante aportación en este trabajo, se comparó la gráfica vectorial de la población Italo-Española de referencia de Ibáñez *et al.*, con una gráfica vectorial específica de nuestra población de estudio diseñada por nosotros a partir de los valores de Rsp, Xcsp y Zsp (Fig. 1). Mostramos la superposición de ambas gráficas descritas a fin de poder ser estas comparadas y observar las diferencias. Se aprecia como los percentiles de la población de estudio son más estrechos y desplazados hacia la derecha del eje de abscisas y superior del eje de coordenadas frente a la de Ibáñez *et al.*

Tabla III. Estadística descriptiva de los valores medidos pre y post confinamiento.

n = 22	Febrero 2020	%	Mayo 2020	%	p valor
Datos antropométricos	PRE-COVID		POST- COVID		kg
	kg		kg		
Peso	85,70 ±6,55	100	84,99 ±6,54	100	0,108
ACT	53,94 ±2,03	63 ±2,03	53,79 ±4,33	63,28 ±1,97	0,395
AIC	35,85 ±3,78	56,94 ±5,30	35,71 ±3,52	33,46 ±1,22	0,432
AEC	18,09 ±0,88	33,41 ±1,29	18,04 ±0,83	33,46 ±1,22	0,325
Índice AIC/ACT	0,67 ±0,01	-	0,66 ±0,01	-	0,329
MG	9,36 ±2,61	10,92 ±2,61	8,99 ±2,63	10,62 ±2,63	0,289
MM	46,40 ±3,94	54,13 ±2,37	46,37 ±3,58	54,51 ±2,31	0,730
MO	12,35 ±0,88	14,40 ±0,46	12,28 ±0,93	14,44 ±0,48	0,268
MR	20,65 ±1,58	24,10 ±0,0	20,48 ±1,58	24,10 ±0,0	0,108
MLG	79,43 ±6,22	92,66 ±2,80	79,16 ±5,90	93,08 ±2,77	0,347
Masa Magra	75,70 ±5,96	88,31 ±2,67	75,45 ±5,62	88,72 ±2,63	0,357
MCC	53,57 ±4,93	62,53 ±2,65	53,67 ±4,53	63,14 ±2,22	0,922
MEC	21,83 ±1,14	25,42 ±0,73	21,76 ±1,11	25,55 ±0,79	0,258
MEC/MCC	0,41 ±0,02	-	0,40 ±0,01	-	0,542
Datos Bioeléctricos					
R (50 khz)	520,50 ±45,96		521,19 ±43,76		0,942
Xc (50 khz)	70,78 ±0,43		68,74 ±5,86		0,013
Z	525,34 ±46,16		525,74 ±43,97		0,996
R/H (Ohm/m)	278,67 ±26,59		279,09 ±25,26		0,956
Xc/H (Ohm/m)	37,90 ±3,47		36,80 ±3,52		0,014
Rsp	360,49 ±25,92		360,23 ±24,73		0,894
Xcsp	48,89 ±4,97		47,39 ±4,89		0,011
Zsp	363,82 ±26,25		363,36 ±25,05		0,844
PhA - (°)	7,72 ±0,43		7,50 ±0,44		0,000

ACT: Agua corporal total; AIC: Agua intracelular; AEC: Agua extracelular; MG: Masa Grasa; MM: Masa Muscular; MO: Masa Ósea; MR: Masa Residual; MLG: Masa Libre de Grasa; MCC: Masa celular corporal; MEC: Masa Extracelular; R: Resistencia; Xc: Capacitancia; Z: Impedancia; H: estatura; Rsp: Resistividad; Xcsp: Reactividad; Zsp: Impedancia específica; PhA: Ángulo de fase kg: kilos; khz: kilohertzios.

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Valoración del impacto del confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la composición corporal de una población de futbolistas de élite. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

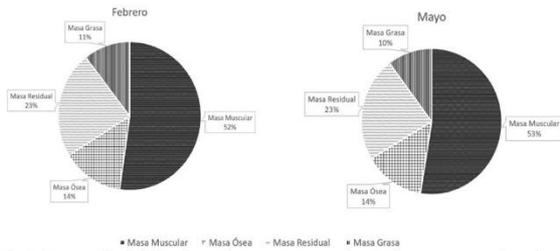


Fig. 2. Porcentajes del fraccionamiento tetracompartmental, pre y post confinamiento obtenidos con el software KINBLA®. n = 22

En la Fig. 4 representamos a nuestra población en la gráfica Specific BIVA-fútbol diseñada en este trabajo. La utilidad de la aportación de nuestra gráfica, diseñada a partir del estudio de jugadores de fútbol profesional, está enfocada para el análisis longitudinal del jugador de la élite de fútbol. Las Figuras 5 y 6 representan los valores de algunos de los jugadores estudiados en relación al porcentaje de masa grasa y MCC respectivamente.

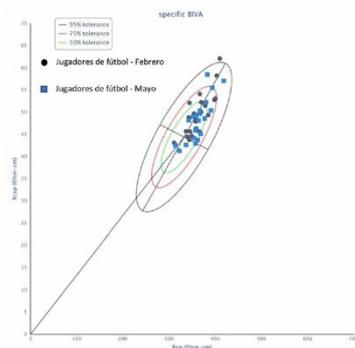


Fig. 3. Representación de los jugadores de fútbol sobre una gráfica SpecificBIVA de población normal Italo-Española, pre y post confinamiento. n=22

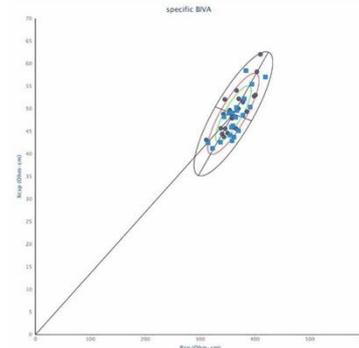


Fig. 4. Representación de los jugadores de fútbol sobre la gráfica SpecificBIVA-fútbol de la población de estudio. n=22

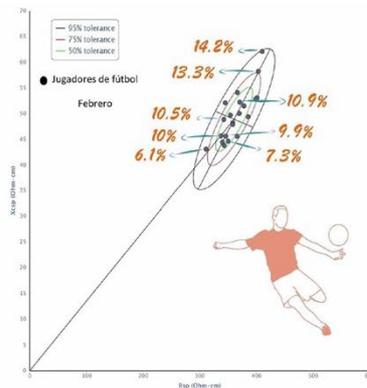


Fig. 5. Representación del porcentaje de masa grasa de algunos jugadores en gráfica SpecificBIVA-fútbol. n = 22

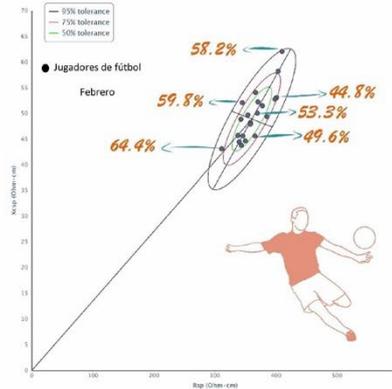


Fig. 6. Representación del porcentaje de masa celular corporal (MCC) de algunos jugadores en gráfica SpecificBIVA-fútbol. n = 22

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman nuestra hipótesis de que la intervención nutricional junto a la suplementación y la actividad física programada, fueron capaces de mantener los valores de composición corporal en el rango deseado. No obstante, hubo una disminución del PhA lo que sugiere un ligero deterioro de la salud celular (Tabla II).

El PhA ha sido poco estudiado para valorar el estado funcional de los músculos. Hetherington-Rauth *et al.* (2021) examinaron la asociación del PhA de cuerpo completo con el rendimiento muscular en 117 atletas. Los investigadores sugieren que el PhA de cuerpo completo puede ser potencialmente útil para ser utilizado como marcador de la masa muscular funcional, lo que es trascendental cuando se valora la respuesta fisiológica del atleta. Di Vincenzo *et al.* (2019) realizaron una revisión sistémica de BIA y composición corporal, concluyendo que esta puede ser prometedora para medir la calidad muscular en atletas y proporcionar datos muy útiles sobre el porcentaje de MCC contenido en la MLG.

Es importante evaluar no sólo la masa muscular esquelética total, sino también los compartimientos intracelulares y extracelulares del músculo esquelético para determinar la relación real entre la masa muscular esquelética y las funciones físicas (Yamada *et al.*, 2014). El concepto de calidad muscular no debe ser considerado solo en deportistas, sino aplicado en la población en general y la población enferma en particular. La disminución en el índice de AIC/ACT junto al aumento del AEC, son buenos predictores de pérdida de calidad muscular (Yamaha, 2018).

Nuestro estudio ha demostrado una disminución significativa del PhA, lo que sugiere que los deportistas, a pesar de no haber modificado su composición corporal, han perdido salud celular. No podemos afirmar la pérdida de la calidad muscular en el confinamiento al no haber una disminución significativa en el índice AIC/ACT y aumento del AEC. Estos cambios consideramos que han sido mitigados por la intervención nutricional, la suplementación sobre todo a base de creatina, y los ejercicios físicos programados.

Hay cuatro jugadores que mejoraron el ángulo de fase, con un valor de 0,3 en el jugador 18. Tras conversar con dicho jugador nos comentó que había trabajado de forma intensa la actividad física aeróbica. Proponemos que los próximos estudios evalúen específicamente de forma longitudinal la relación del PhA con planes de entrenamientos aeróbicos.

Wells *et al.* (2019) sugieren que es necesario seguir trabajando para mejorar la comprensión del significado del PhA.

No fueron encontradas diferencias significativas en ninguna de las variables antropométricas estudiadas (Tabla II). La representación gráfica, de los jugadores, en relación al fraccionamiento tetracompartimental propuesto por Moya-Amaya *et al.*, no muestra cambios significativos en ninguno de los compartimientos pre y post confinamiento (Fig. 2). Se observa un ligero aumento del 1 % de la masa muscular y una reducción del 1 % de la masa grasa, datos estos no significativos. La masa muscular esquelética está muy vinculada al rendimiento en la competición (Zaric *et al.*, 2020)

Grazioli *et al.* (2020) analizan el componente graso acumulado por el desentrenamiento en jugadores de fútbol profesionales durante el periodo de confinamiento por COVID-19 y lo comparan con el periodo de temporada baja de actividad física. Concluyen que hubo un aumento mayor y significativo de la masa grasa y peso corporal tras el periodo de confinamiento frente a una pre-temporada.

Nuestro estudio ha mostrado niveles similares de grasa corporal pre y post confinamiento, por lo que sugerimos que el protocolo llevado a cabo durante este periodo ha sido efectivo y es recomendable durante un confinamiento.

Existe una relación directa entre la variación de la masa muscular y PhA. El PhA ha demostrado ser capaz de detectar diferencias en la masa muscular esquelética (Buffa *et al.*, 2014). Nuestro estudio no ha evidenciado diferencias en el compartimiento muscular, aunque sí en el PhA, por lo que corroboramos que solo ha existido pérdida de salud celular. El uso de creatina puede ser una explicación de este resultado. La investigación de Ribeiro *et al.* (2020) mostró mejoras significativas en la masa muscular esquelética, ACTy AIC, con valores mayores observados para el grupo de creatina en comparación con el grupo placebo, tras entrenamiento de resistencia.

Atendiendo a los datos obtenidos en nuestra investigación, podemos señalar que los cambios del PhA son más sensibles que los producidos en la composición corporal, por lo que estimamos que el PhA puede ser un buen predictor para observar la evolución temprana del jugador. No obstante, consideramos la necesidad de ampliar los estudios a fin de corroborar estos datos. Señalar que la interpretación del ángulo de fase en Specific BIVA y BIVA clásico es la misma (Marini *et al.*)

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Valoración del impacto del confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la composición corporal de una población de futbolistas de élite. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

Recientemente los investigadores dedicados al ámbito de BIA (Piccoli & Pastori, 2002; Ibáñez *et al.*; Buffà *et al.*, 2017), han propuesto nuevas herramientas de estudio de los valores bioeléctricos de R y Xc. Hemos diseñado una gráfica Specific BIVA (Fig. 1) de la población de estudio, que servirá a los investigadores como punto de referencia para la localización y el desplazamiento en la misma de jugadores de fútbol profesional. Nuestros resultados expresados en la Figura 4, nos indica la pérdida de masa grasa que sufrieron los jugadores.

No solo consideramos importante analizar la localización del jugador en la gráfica Specific BIVA-fútbol, sino la evolución que el jugador tiene en dicha gráfica en sucesivas valoraciones a lo largo de la temporada, considerando la aportación de Masanovic (2019), al afirmar este que existe una clara diferenciación en la constitución morfológica de los diferentes deportes y características de los atletas. Por lo tanto, a través de las Figuras 5 y 6, podemos analizar la migración que sufren los jugadores a lo largo de la temporada respecto a estos dos compartimientos de trascendental importancia en el rendimiento del jugador, la masa grasa y la MCC, esta última muy relacionada con la masa y calidad muscular. El eje mayor de Specific BIVA se relaciona con el % de masa grasa (Marini *et al.*). Los valores que tienden hacia el polo superior están asociados a valores más altos de % de masa grasa, y aquellos que tiende hacia el polo inferior corresponden a valores menores de % de masa grasa en términos generales (Fig. 5), a diferencia del BIVA clásico cuyo eje mayor está en relación con cambios en el ACT (deshidratación polo superior y anasarca polo inferior) (Piccoli).

El eje menor de Specific BIVA proporciona la misma información que BIVA clásico (Fig. 6), desplazamientos hacia la izquierda corresponde, a mayor MCC y mayor proporción de AIC respecto al AEC, mientras que si el desplazamiento se produce hacia la derecha del eje esto corresponde a una menor MCC y una mayor proporción de AEC respecto al AIC. De igual manera, este eje menor está relacionado con la variación del PhA, valor este que se interpreta de igual manera en Specific BIVA y BIVA clásico (Marini *et al.*).

CONCLUSIONES

1. La intervención nutricional, la suplementación y la actividad física programadas, han sido positivas en los jugadores al haber mitigado los efectos del confinamiento.
2. Aunque no hay cambios en la composición corporal, si hemos encontrado diferencias significativas en el PhA, lo que indica que ha habido un deterioro de la membrana celular, lo que afectaría a la salud celular e indirectamente al músculo.

1094

3. Aportamos una gráfica Specific BIVA para una población de deportistas de fútbol de élite, basada en la utilización de los valores de Rsp, Xcsp y Zspy toma de perímetros.

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Assessment of the impact of confinement by SARS-CoV-2 on the body composition of elite soccer players. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

SUMMARY: The confinement due to a SARS-CoV-2 pandemic has aggravated the physical and nutritional condition of elite athletes, modifying their training routine. Bioimpedance (BIA) studies body composition and is used to assess the evolution of medical, sports and nutritional interventions. The objective of the study was to observe if a specific nutritional intervention and prescription of physical activity could attenuate the changes in water, body composition, and phase angle (PhA) after confinement due to the SARS-CoV-2 pandemic in a population of professional soccer players. In a group of (22 professional soccer players (Serie A, Calcio, Italy) the BIA was evaluated before (February 2020) and after (May 2020) the confinement due to the SARS-CoV-2 pandemic. During the confinement period, a specific nutritional intervention and prescription of physical activity was applied. The measurements of the participants were carried out in a standardized way, using anthropometric material and a multifrequency, octopolar and segmental impedance measurer of the "Tanita" brand model MC-780MA. Student's T test was applied for related samples. No significant differences were observed before and after the intervention period, in the degree of hydration and body composition (muscle mass and fat mass). On the contrary, a significant change in PhA was evidenced. These data allow us to have a reference for nutritional and physical activity interventions that can minimize or reduce the impact of confinement on body composition. However, this type of intervention was not able to attenuate the effects of confinement on PhA, considered an indicator of cellular health. Likewise, we provide a reference vector graph, using Specific BIVA, of this population.

KEY WORDS: Phase angle; Hydration; Specific BIVA; Muscle mass and fat; COVID-19.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Behnke, A. R. Physiologic studies pertaining to deep sea diving and aviation, especially in relation to the fat content and composition of the body: The Harvey Lecture, March 19, 1942. *Bull. N. Y. Acad. Med.*, 18(9):561-85, 1942.
- Berral-Aguilar, A. J.; Rojano-Ortega, D.; Molina-Lopez, A.; Moya-Amaya, H. & Berral-de la Rosa, F. J. *Software profesional Kinbia® para la valoración de la composición corporal y mejora del rendimiento físico en atletas. Capítulo 13.* En: Galan-López, P. & Lara Bocanegra, A. (Eds.). *Innovación en Ciencias del Deporte Aplicaciones tecnológicas desde una visión práctica.* Sevilla, Wanceulen, 2021. pp.125-33.

BERRAL, A. A. J.; MENDEZ, R. G.; ROJANO, O. D.; MOYA, A. H.; MOLINA, L. A. & BERRAL DE LA ROSA, F. J. Valoración del impacto del confinamiento por SARS-CoV-2 sobre la composición corporal de una población de futbolistas de élite. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1088-1095, 2021.

- Bongiovanni, T.; Mascherini, G.; Genovesi, F.; Pasta, G.; Iaia, F. M.; Trecroci, A.; Ventimiglia, M.; Alberti, G. & Campa, F. Bioimpedance vector references need to be period-specific for assessing body composition and cellular health in elite soccer players: a brief report. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.*, 5(4):73, 2020.
- Buffa, R.; Mereu, E.; Comandini, O.; Ibanez, M. E. & Marini, E. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for the assessment of two-compartment body composition. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 68(11):1234-40, 2014.
- Buffa, R.; Mereu, E.; Succa, V.; Latini, V. & Marini, E. Specific BIVA recognizes variation of body mass and body composition: Two related but different facets of nutritional status. *Nutrition*, 35:1-5, 2017.
- Di Vincenzo, O.; Marra, M. & Scalfi, L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 16(1):49, 2019.
- Grazioli, R.; Loturco, I.; Baroni, B. M.; Oliveira, G. S.; Saciura, V.; Vanoni, E.; Dias, R.; Veeck, F.; Pinto, R. S. & Cadore, E. L. Coronavirus disease-19 quarantine is more detrimental than traditional off-season on physical conditioning of professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, 34(12):3316-20, 2020.
- Hetherington-Rauth, M.; Leu, C. G.; Júdeice, P. B.; Correia, I. R.; Magalhães, J. P. & Sardinha, L. B. Whole body and regional phase angle as indicators of muscular performance in athletes. *Eur. J. Sport Sci.*, 18:1-9, 2021.
- Ibáñez, M. E.; Mereu, E.; Buffa, R.; Gualdi-Russo, E.; Zaccagni, L.; Cossu, S.; Rebato, E. & Marini, E. New specific bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in the Italian-Spanish young adult population. *Am. J. Hum. Biol.*, 27(6):871-6, 2015.
- Marini, E.; Campa, F.; Buffa, R.; Stagi, S.; Matias, C. N.; Toselli, S.; Sardinha, L. B. & Silva, A. M. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clin. Nutr.*, 39(2):447-54, 2020.
- Mark, H. E.; da Costa, G. D.; Pagliari, C., & Unger, S. A. Malnutrition: the silent pandemic. *BMI*, 371:m4593, 2020.
- Martins, P. C.; Gobbo, L. A. & Silva, D. A. S. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in university athletes. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 18(1):3-10, 2021.
- Masanovic, B. Comparative study of morphological characteristics and body composition between different team players from Serbian Junior National League: soccer, handball, basketball and volleyball. *Int. J. Morphol.*, 37(2):612-9, 2019.
- Mon-López, D.; García-Aliaga, A.; Ginés Bartolomé, A. & Muriarte Solana, D. How has COVID-19 modified training and mood in professional and non-professional football players? *Physiol. Behav.*, 227:113148, 2020.
- Moya-Amaya, H.; Molina-Lopez, A.; Daniel, R. O.; Berral-Aguilar, A. J. & Berral-de la Rosa, F. J. *Composición Corporal Comparada, por Métodos de Campo y Laboratorio, en Jugadores de Fútbol Profesional*. Capítulo 2. En: Galan-López, P. & Lara Bocanegra, A. (Eds.). *Innovación en Ciencias del Deporte Aplicaciones tecnológicas desde una visión práctica*. Sevilla. Wanceulen, 2021. pp.17-28.
- Piccoli, A. & Pastori, G. *BIVA Software*. Padova, Department of Medical and Surgical Sciences, University of Padova, 2002.
- Piccoli, A.; Rossi, B.; Pillon, L. & Bucciante, G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int.*, 46(2):534-9, 1994.
- Ribeiro, A. S.; Avelar, A.; Kassiano, W.; Nunes, J. P.; Schoenfeld, B. J.; Aguiar, A. F.; Trindade, M. C. C.; Silva, A. M.; Sardinha, L. B. & Cyrino, E. S. Creatine supplementation does not influence the ratio between intracellular water and skeletal muscle mass in resistance-trained men. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 30(6):405-11, 2020.
- Ross, W. D. & Wilson, N. C. A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatr. Belg.*, 28 suppl.:169-82, 1974.
- Wells, J. C. K.; Williams, J. E.; Quek, R. Y. & Fewtrell, M. S. Bio-electrical impedance vector analysis: testing Piccoli's model against objective body composition data in children and adolescents. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 73(6):887-95, 2019.
- Yamada, Y.; Matsuda, K.; Björkman, M. P. & Kimura, M. Application of segmental bioelectrical impedance spectroscopy to the assessment of skeletal muscle cell mass in elderly men. *Geriatr. Gerontol. Int.*, 14(Suppl. 1):129-34, 2014.
- Yamaha, Y. *Muscle Mass, Quality, and Composition Changes During Atrophy and Sarcopenia*. Chapter 3. En: Xiao, J. (Eds.). *Muscle Atrophy, Advances in Experimental Medicine and Biology*. Singapur, Springer Nature, 2018. pp.47-72.
- Zaric, I.; Dopsaj, M.; Markovic, M.; Zaric, M.; Jakovljevic, S. & Beric, D. Body composition characteristics measured by multichannel bioimpedance in young female basketball players: relation with match performance. *Int. J. Morphol.*, 38(2):328-35, 2020.

Dirección para correspondencia:
Francisco José Berral de la Rosa
Departamento de Deporte e Informática
Universidad Pablo de Olavide
Carretera de Utrera km 1
41013-Sevilla
ESPAÑA

E-mail: fjberde@upo.es

ORCID 0000-0003-3552-8262

Recibido : 05-04-2021

Aceptado: 03-05-2021

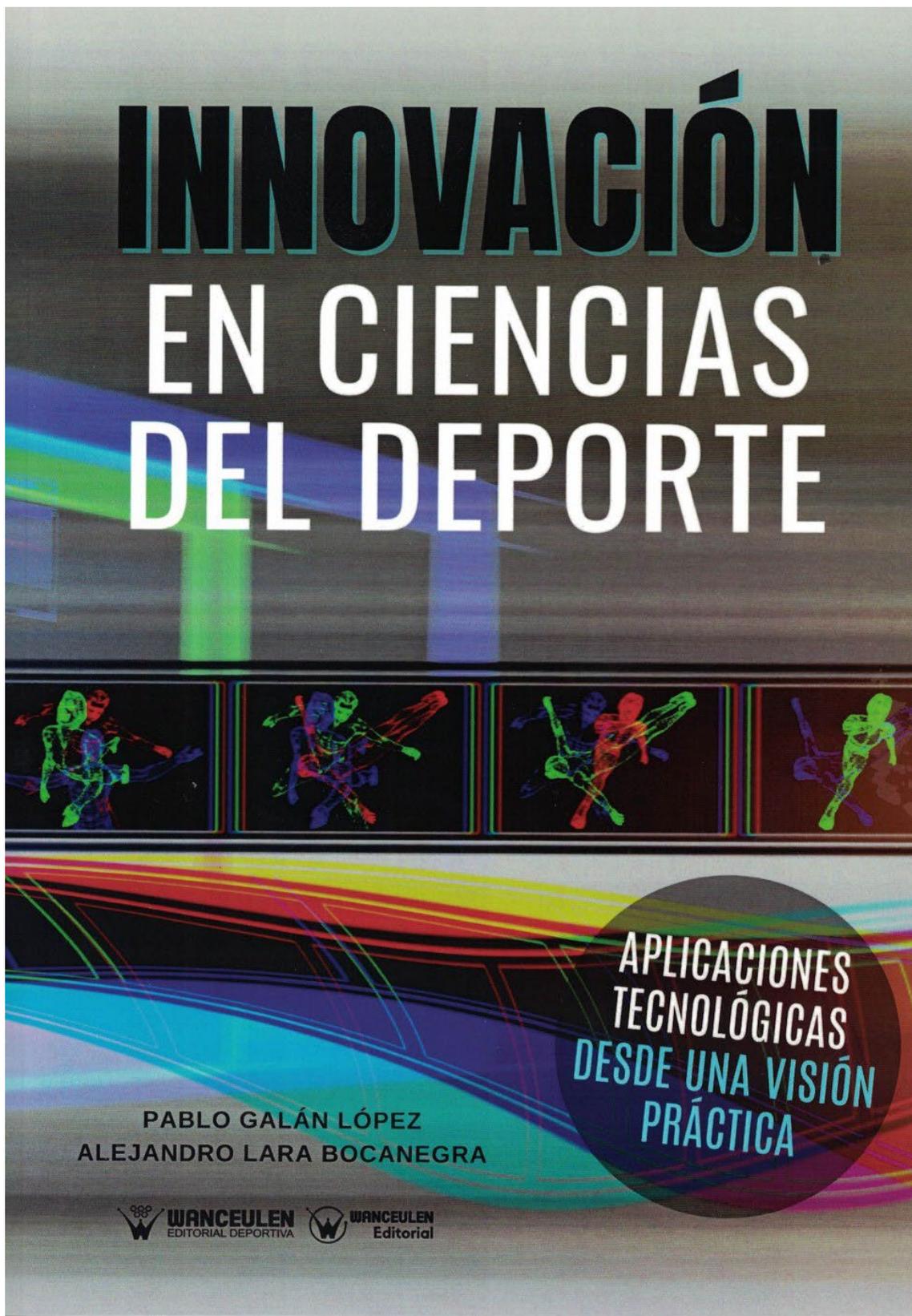
ANEXO 7.8. Capítulos de libros

Molina A, Moya H, Rojano D, Berral-Aguilar AJ, Berral FJ. Evaluación de biomarcadores salivares en jugadores profesionales de fútbol en la recuperación post-partido. En: Galán-López P y Lara-Bocanegra A, Editores. Innovación en Ciencias del Deporte. Aplicaciones tecnológicas desde una visión práctica. Capítulo 7. ISBN 978-84-18682-10-0. Sevilla: Wanceulen Editorial; 2021.

Moya H, **Molina A**, Rojano D, Berral-Aguilar AJ, Berral FJ. Composición corporal comparada, por métodos de campo y laboratorio, en jugadores de fútbol profesional. En: Galán-López P y Lara-Bocanegra A, Editores. Innovación en Ciencias del Deporte. Aplicaciones tecnológicas desde una visión práctica. Capítulo 2. ISBN 978-84-18682-10-0. Sevilla: Wanceulen; 2021.

Rojano D, Berral-Aguilar AJ, **Molina A**, Moya H, Berral FJ. Análisis de vídeo en dos dimensiones de la carrera y el salto vertical con cámaras de alta velocidad. Validez y fiabilidad: una revisión sistemática. En: Galán-López P y Lara-Bocanegra A, Editores. Innovación en Ciencias del Deporte. Aplicaciones tecnológicas desde una visión práctica. Capítulo 6. ISBN 978-84-18682-10-0. Sevilla: Wanceulen Editorial; 2021.

Berral-Aguilar AJ, Rojano D, Moya H, **Molina A**, Berral FJ. Software profesional KINBIA® para la valoración de la composición corporal y mejora del rendimiento físico en atletas. En: Galán-López P y Lara-Bocanegra A, Editores. Innovación en Ciencias del Deporte. Aplicaciones tecnológicas desde una visión práctica. Capítulo 13. ISBN 978-84-18682-10-0. Sevilla: Wanceulen Editorial; 2021.



INNOVACIÓN EN CIENCIAS DEL DEPORTE

APLICACIONES TECNOLÓGICAS DESDE UNA
VISIÓN PRÁCTICA

PABLO GALÁN LÓPEZ
ALEJANDRO LARA BOCANEGRA
(EDITORES)



©Copyright: Los Autores

©Copyright: De la presente Edición, Año 2021 WANCEULEN EDITORIAL

Título: INNOVACIÓN EN CIENCIAS DEL DEPORTE. APLICACIONES TECNOLÓGICAS DESDE UNA VISIÓN PRÁCTICA

Autores: PABLO GALÁN LÓPEZ Y ALEJANDRO LARA BOCANEGRA

Editorial: WANCEULEN EDITORIAL

Sello Editorial: WANCEULEN EDITORIAL DEPORTIVA

ISBN (Papel): 978-84-18682-10-0

ISBN (Ebook): 978-84-18682-11-7

DEPÓSITO LEGAL: SE 108-2021

Impreso en España. 2021

WANCEULEN S.L.

C/ Cristo del Desamparo y Abandono, 56 - 41006 Sevilla

Dirección web: www.wanceuleneditorial.com y www.wanceulen.com

Email: info@wanceuleneditorial.com

Reservados todos los derechos. Queda prohibido reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información y transmitir parte alguna de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado (electrónico, mecánico, fotocopia, impresión, grabación, etc.), sin el permiso de los titulares de los derechos de propiedad intelectual. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Índice

Editorial - La innovación como base sustentadora del crecimiento de las Ciencias del Deporte.	7
Capítulo 1 - ¿Ha llegado la tecnología en la gestión e intercambio de información en el fútbol de formación?	9
Capítulo 2 - Composición corporal comparada, por métodos de campo y laboratorio, en jugadores de fútbol profesional	17
Capítulo 3 - Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza en sentadilla completa con tres configuraciones diferentes de la serie (tradicional vs. Cluster 1 vs. Cluster 2) sobre el rendimiento en la fuerza muscular del tren inferior.....	29
Capítulo 4 - El uso de tecnologías para la valoración del síndrome cruzado superior en percusionistas jóvenes.....	39
Capítulo 5 - Empleo de aplicaciones móviles como instrumento de evaluación en educación física	51
Capítulo 6 - Análisis de vídeo en dos dimensiones de la carrera y el salto vertical con cámaras de alta velocidad. Validez y fiabilidad: una revisión sistemática.....	59
Capítulo 7 - Evaluación de biomarcadores salivares en jugadores profesionales de fútbol en la recuperación post-partido	73
Capítulo 8 - Propuesta para la mejora de una Herramienta Tecnológica de Intercambio de Información en un Equipo Deportivo.....	87
Chapter 9 - Protocol for a randomised controlled trial (rtc) of intervention using wearables to promote adoption and maintenance of physical activity in adults with mental illness	95
Chapter 10 - Interactive Judo Application.....	105
Chapter 11 - Analysis of the Ankle Dorsiflexion Profile of Professional Soccer Players.....	111
Chapter 12 - Spinal Posture in Professional Esports Athletes evaluated with a non-invasive Superficial Device.....	117
Chapter 13 - Software profesional KINBIA® para la valoración de la composición corporal y mejora del rendimiento físico en atletas.....	125

Capítulo 7

Evaluación de biomarcadores salivares en jugadores profesionales de fútbol en la recuperación post-partido

Molina López, Antonio¹; Moya Amaya, Heliodoro¹; Rojano Ortega, Daniel²;
Berral Aguilar, Antonio Jesús³; Berral de la Rosa, Francisco José²

¹Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia.
Doctorando en Ciencias del Deporte.

Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

²Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.
e-mail: fjberde@upo.es

³Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

Resumen

El objeto de este estudio es determinar si el cortisol salivar es una herramienta útil como biomarcador en la determinación de estrés físico o mental, convirtiéndose en un indicador de cansancio o fatiga, tras la carga acumulada de los entrenamientos o partidos.

El cortisol en saliva puede aumentar o disminuir después del ejercicio de alta intensidad, dependiendo de lo entrenado que este el sujeto. Para ello hemos realizado mediciones de cortisol salivar a jugadores de fútbol profesional en dos momentos, una, la segunda mañana post partido del primer encuentro de la etapa competitiva, y otra justo la mañana post partido de los siguientes diez partidos. Posteriormente hemos realizado la media de los valores obtenidos en los jugadores que jugaron más de 80 minutos en el partido. De la primera medida a dos mañanas post partido hemos obtenido un valor que será el de referencia en la modulación de la medida en el jugador que jugó titular, ya que los dos días posteriores al partido el jugador realiza un día de trabajo regenerativo post partido, continuando con un día libre con el fin de afrontar la nueva semana en las mejores condiciones físicas y mentales. La segunda medición se ha realizado el día post partido en diez encuentros con un periodo de recuperación entre partidos de entre 48-72 horas.

El objetivo de estas medidas es observar diferencias entre las mediciones obtenidas en la primera medición y las segundas; establecer si la acumulación de partidos produce un aumento de los valores medidos; establecer si existen valores más elevados en los jugadores cuando juegan fuera de casa o en su estadio; establecer si la distancia total recorrida tiene un efecto

Capítulo 2

Composición corporal comparada, por métodos de campo y laboratorio, en jugadores de fútbol profesional

Moya Amaya, Heliodoro¹; Molina López, Antonio¹; Rojano Ortega, Daniel²; Berral Aguilar, Antonio Jesús³; Berral de la Rosa, Francisco José²

¹Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia. Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

²Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.
e-mail: fberde@upo.es

³Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.

Resumen

La composición corporal (CC) es un factor condicionante del rendimiento deportivo que podemos monitorizar para guiar al deportista hacia el éxito. El propósito de este estudio es analizar, mediante tres métodos antropométricos, la CC de jugadores de fútbol profesional durante la primera parte de la temporada y comparar la evolución de sus compartimentos corporales. La CC ha sido determinada por el método de campo antropométrico y dos métodos de laboratorio (BIA y DEXA) en una muestra de 11 futbolistas que jugaron más de 70 minutos por partido. La evolución de la masa muscular expresada en porcentaje sigue la misma tendencia de crecimiento, y la masa grasa, la misma tendencia de reducción por las distintas técnicas empleadas. Los valores absolutos de las masas obtenidas por los tres métodos son bien diferentes. La ganancia del componente muscular es infravalorada por BIA y la pérdida de masa grasa sobrestimada por DEXA. Parámetros antropométricos como el índice músculo-óseo y la evolución de áreas musculares muestran el crecimiento de masa muscular durante el período analizado de la temporada. Para la evaluación de la CC se recomienda la aplicación del fraccionamiento tetracompartimental del método antropométrico de campo analizado con el software KINBIA® y en el caso de usar DEXA y/o BIA, aplicar las fórmulas propuestas en este estudio.

Palabras clave: Composición Corporal, antropometría, fraccionamiento tetracompartimental, fútbol.

Capítulo 6

Análisis de vídeo en dos dimensiones de la carrera y el salto vertical con cámaras de alta velocidad. Validez y fiabilidad: una revisión sistemática

Rojano Ortega, Daniel¹; Berral Aguilar, Antonio Jesús²; Molina López, Antonio³; Moya Amaya, Heliodoro³; Berral de la Rosa, Francisco José¹

¹Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.
e-mail: fjberde@upo.es

²Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

³Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia. Doctorando en Ciencias del Deporte.
Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

Resumen

El análisis cinemático en tres dimensiones (3D) es considerado uno de los métodos más válidos y fiables para la medición de variables biomecánicas de la extremidad inferior durante la carrera y el salto. Sin embargo, los sistemas de captura del movimiento en 3D siguen siendo costosos y el análisis cinemático en dos dimensiones (2D) se ha convertido en la alternativa más usada por su fácil manejo y su bajo coste, pues la grabación de vídeo a alta velocidad se ha hecho extraordinariamente asequible debido al auge de las cámaras deportivas. El propósito de esta revisión sistemática es el de investigar la fiabilidad y la validez de las mediciones realizadas en 2D con cámaras de alta velocidad. Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos SPORTDiscus, PubMed y Scopus y 10 estudios fueron incluidos. En lo relativo al salto vertical son necesarias más investigaciones que analicen la fiabilidad de variables como la altura del salto y la velocidad de despegue, pero los resultados indican que las mediciones de variables cinemáticas realizadas en 2D muestran una excelente validez. En cuanto a la carrera, los estudios que realizan mediciones cinemáticas en 2D utilizando valores medios de varios pasos, muestran una excelente fiabilidad y aquellos que realizan las mediciones en 2D y en 3D con la misma velocidad de grabación también muestran una excelente validez. Los resultados sugieren que el análisis de vídeo en 2D muestra gran potencial para la medición de variables cinemáticas de la carrera y del salto vertical.

Palabras clave: análisis cinemático, plano frontal, plano sagital, inter-evaluador, intra-evaluador.

Chapter 13

Software profesional KINBIA® para la valoración de la composición corporal y mejora del rendimiento físico en atletas

Berral Aguilar, Antonio Jesús¹; Rojano Ortega, Daniel²; Molina López, Antonio³; Moya Amaya, Heliodoro³; Berral de la Rosa, Francisco José²

¹Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

²Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.
e-mail: fjberde@upo.es

³Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia. Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

Resumen

Los científicos siempre han tenido una gran inquietud por conocer la composición corporal del ser humano, y el hecho de conocerla con exactitud permite establecer objetivos más precisos para la mejora del estado de salud y del rendimiento físico. La disminución del tejido graso y el aumento de la masa muscular tienen una estrecha relación directa con la mejora del rendimiento motor y la prevención de lesiones, mejorando así la salud de los deportistas. El propósito de esta investigación ha sido el desarrollo de un software en entorno WebApp (www.kinbia.com) para valorar la composición corporal y el estado de salud en base a cuatro criterios: sexo, edad, raza y nivel de actividad física. El objetivo final es tomar decisiones en materia de nutrición y programas de actividad física individualizados basados en los objetivos finales del deportista y conocer con precisión la evolución de la composición corporal y estado de salud del abordaje planteado.

Palabras clave: antropometría, alto rendimiento, tecnología, impedancia, deporte.

1. INTRODUCCIÓN

La cineantropometría es una ciencia integradora utilizada en muchos campos de la salud, como la nutrición, educación física, medicina, antropología, biomecánica, fisiología, ergonomía, endocrinología, pediatría y genética, entre otras. Posee un rol central en el amalgamamiento de disciplinas para resolver problemas o mejorar la salud.

INNOVACIONES EN CIENCIAS DEL DEPORTE

APLICACIONES TECNOLÓGICAS DESDE UNA VISIÓN PRÁCTICA

Pablo Galán López

Profesor Asistente en el área de Educación Física y Deportiva en la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad Loyola Andalucía. Con una amplia trayectoria en docencia y enseñanza en niveles superiores y con destacada experiencia internacional, desarrolla su docencia bilingüe en los grados de Educación Infantil y Educación Primaria (Universidad Loyola Andalucía). Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad de Sevilla, cuenta con publicaciones de alto impacto en revistas indexadas, así como aportaciones a congresos internacionales de referencia. Su principal línea de investigación es el estudio y análisis de hábitos de vida saludables en poblaciones infantil, adolescente y adulta. Miembro del grupo de Investigación "Epidemiology of Physical Activity and Fitness Across Lifespan" (EPAFit).

Alejandro Lara Bocanegra

Profesor del Departamento de Educación Física y Deporte en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla. Su trayectoria profesional ha estado vinculada al mundo de la gestión de organizaciones deportivas, contando con más de 15 años de experiencia aplicada en este sector. Además, desarrolla su actividad docente en el Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (Universidad de Sevilla), impartiendo docencia en asignaturas propias de gestión deportiva. Ha publicado artículos indexados en revistas internacionales, así como varios capítulos de libros y aportaciones a congresos nacionales e internacionales. Su principal línea de investigación es el emprendimiento y el intraemprendimiento en el deporte. Miembro del Grupo de Investigación "Gestión e Innovación en Servicios Deportivos, Ocio, Recreación y Acción Social" (GISDORAS)

Este libro nace como respuesta al incremento del número de tecnologías digitales de consumo existentes hoy en día y la dificultad de desvincularlas de nuestro estilo de vida. El enorme interés en este tipo de dispositivos ha llevado a que las tecnologías portátiles se califiquen como la principal tendencia en el fitness en todo el mundo con aumentos considerables en las ventas pronosticados durante la próxima década.

Los avances en los sensores integrados, el aumento de la duración de la batería, el aumento de la velocidad del procesador y la amplia disponibilidad de redes móviles 4G / 5G están permitiendo avances rápidos en estas tecnologías digitales. El interés entre los investigadores también está creciendo exponencialmente, a juzgar por el número de estudios que se publican sobre tecnologías digitales de consumo. Sin embargo, muchas de estas nuevas tecnologías no se han evaluado rigurosamente en cuanto a eficacia o efectividad.

El objetivo principal de esta publicación radica en facilitar el conocimiento sobre la innovación en Ciencias del Deporte con relación a las nuevas tecnologías, de una forma práctica y rigurosa, acorde a las diferentes investigaciones que se presentan. Por ello, los capítulos presentes en el mismo discurren desde la implementación de elementos tecnológicos en la gestión de información en el fútbol, hasta el uso de un software específico para la valoración corporal y mejora del rendimiento físico en atletas, pasando (entre otras) por el empleo de aplicaciones móviles aplicadas a la asignatura de Educación Física y propuestas de intervención para la adopción y mantenimiento de actividad física en adultos.

 **WANCEULEN**
Editorial



ANEXO 7.9. Meeting Abstract 1 - 4

Molina-López A, Moya-Amaya H, Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, Berral-de la Rosa FJ.

Measurement of salivary cortisol as a method to estimate the degree of acute stress in the elite of professional football. An experimental study.

Rev Andal Med Deporte. 2021; 14(2 Supl. 1): S4

Meeting Abstract. Comunicación oral.

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport. TAPAS 2020.

Sevilla (España) 24th-27th November 2020. Organizado por la Universidad de Sevilla.

ISSN: 1888-7546. Indexada SCOPUS y IBECs.

Factor impacto: SJR (SCImago Journal & Country Rank). Año 2021: 0,155. Q4. Puesto 258 de 294. Index H: 15. Categoría: Orthopedics and Sports Medicine.

Moya-Amaya H, **Molina-López A**, Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, Berral-de la Rosa FJ.

Anthropometric techniques for evaluating body composition in the elite of professional football. Comparative study.

Rev Andal Med Deporte. 2021; 14(2 Supl. 1): S8

Meeting Abstract. Comunicación oral.

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport. TAPAS 2020.

Sevilla (España) 24th-27th November 2020. Organizado por la Universidad de Sevilla.

ISSN: 1888-7546. Indexada SCOPUS y IBECs.

Factor impacto: SJR (SCImago Journal & Country Rank). Año 2021: 0,155. Q4. Puesto 258 de 294. Index H: 15. Categoría: Orthopedics and Sports Medicine.

Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, **Molina-López A**, Moya-Amaya H, Berral-de la Rosa FJ.

Reliability and validity of kinematic variables of jumping and running assessed by two-dimensional video analysis with high-speedcameras. A systematic review.

Rev Andal Med Deporte. 2021; 14(2 Supl. 1): S5

Meeting Abstract. Comunicación oral.

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport. TAPAS 2020.

Sevilla (España) 24th-27th November 2020. Organizado por la Universidad de Sevilla.

ISSN: 1888-7546. Indexada SCOPUS y IBECs.

Factor impacto: SJR (SCImago Journal & Country Rank). Año 2021: 0,155. Q4. Puesto 258 de 294. Index H: 15. Categoría: Orthopedics and Sports Medicine.

Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, **Molina-López A**, Moya-Amaya H, Berral-de la Rosa FJ.

The KINBIA® anthropometric tool in the control and monitoring of athletes and non-athletes.

Rev Andal Med Deporte. 2021; 14(2 Supl. 1): S4

Meeting Abstract. Comunicación oral.

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport. TAPAS 2020.

Sevilla (España) 24th-27th November 2020. Organizado por la Universidad de Sevilla.

ISSN: 1888-7546. Indexada SCOPUS y IBECs.

Factor impacto: SJR (SCImago Journal & Country Rank). Año 2021: 0,155. Q4. Puesto 258 de 294. Index H: 15. Categoría: Orthopedics and Sports Medicine.

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 14 Número. 2 Suplemento. 1

Junio 2021



RAMD

International Conference on
Technology in Physical Activity
and Sport (TAPAS 2020)
Seville 24th-27th November 2020

Incluida en:



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte*

DIRECTORA

Leocricia Jiménez López

EDITORES

Covadonga López López
Clemente Rodríguez Sorroche

EDITOR DE HONOR

Marzo Edir Da Silva Grigoletto

COMITÉ EDITORIAL

José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)
Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)
Cristian Cofré Bolados
(Escuela de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud (ECIADES), Universidad de Santiago de Chile, Chile)
José Alberto Duarte
(Universidad de Oporto, Portugal)
Luisa Estriga
(Universidad de Oporto, Portugal)
Russell Foulk
(Universidad de Washington, USA)
Juan Manuel García Manso
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)

Alexandre García Mas
(Universidad de las Islas Baleares, España)
Ary L. Goldberger
(Escuela de Medicina de Harvard, Boston, USA)
David Jiménez Pavón
(Universidad de Cádiz, España)
Guillermo López Lluch
(Universidad Pablo de Olavide, España)
Nicola A. Maffioletti
(Clínica Schülthess, Zürich, Suiza)
Estêvão Henrique Martin Dantas
(Universidad Federal del Estado de Rio de Janeiro, Brasil)
José Naranjo Orellana
(Universidad Pablo Olavide, España)
Sergio C. Oehninger
(Escuela de Medicina de Eastern Virginia, USA)

Fátima Olea Serrano
(Universidad de Granada, España)
Juan Ribas Serna
(Universidad de Sevilla, España)
Jesús Rodríguez Huertas
(Universidad de Granada, España)
Nick Stergiou
(Universidad de Nebraska, USA)
Carlos de Teresa Galván
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)
Carlos Ugrinowitch
(Universidad de Sao Paulo, Brasil)

COMITÉ CIENTÍFICO

Xavier Aguado Jódar
(Universidad de Castilla-La Mancha, España)
Guillermo Álvarez-Rey
(Centro AMS Málaga, España)
Natalia Balagué
(Universidad de Barcelona, España)
Benno Becker Junior
(Universidad Luterana de Brasil, Brasil)
Ciro Brito
(Universidad Católica de Brasilia, Brasil)
João Carlos Bouzas
(Universidad Federal de Viçosa, Brasil)
Luis Carrasco Pérez
(Universidad de Sevilla, España)
Manuel J. Castillo Garzón
(Universidad de Granada, España)
José Castro Piñero
(Universidad de Cádiz, España)
Ramón Antonio Centeno Prada
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)
Adela Cristina Cis Spoturno
(Centro Médico Almería, España)
Madalena Costa
(Escuela de Medicina de Harvard, Boston, USA)

Magdalena Cuenca García
(Universidad de Cádiz, España)
Ivan Chulvi Medrano
(Servicio de Actividad Física de NOWYOU, España)
Moisés de Hoyo Lora
(Universidad de Sevilla, España)
Borja de Pozo Cruz
(Universidad de Auckland, New Zealand)
Clodoaldo Antonio de Sá
(Universidad Comunitaria Regional de Chapéco, Brasil)
Miguel del Valle Soto
(Universidad de Oviedo, España)
Alexandre Dellal
(Centro Médico de Excelencia FIFA, Lyon, France)
Juan Marcelo Fernández
(Hospital Reina Sofía, España)
Tomás Fernández Jaén
(Clínica CEMTRO, España)
José Ramón Gómez Puerto
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

Juan José González Badillo
(Universidad Pablo de Olavide, España)
Juan Ramón Heredia
(Instituto Internacional de Ciencia del Ejercicio Físico y de la Salud, España)
Mikel Izquierdo
(Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte. Gobierno de Navarra, España)
José Carlos Jaenes
(Universidad Pablo Olavide, España)
Roberto Jerônimo dos Santos Silva
(Universidad Federal de Sergipe, Brasil)
Carla Mandail
(Universidad de Lisboa, Portugal)
Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)
Fernando Martín
(Universidad de Valencia, España)
Antonio Martínez Amat
(Universidad Jaén, España)
Italo Monetti
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)
Alexandre Moreira
(Universidad de Sao Paulo, Brasil)

Elisa Muñoz Gomaris
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)
David Rodríguez Ruiz
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)
Manuel Rosey Plaza
(Universidad de Cádiz, España)
Jonathan Ruiz Ruiz
(Universidad de Granada, España)
Borja Sañudo Corrales
(Universidad de Sevilla, España)
Nicolás Terrados Cepeda
(Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias, España)
Francisco Trujillo Berraquero
(Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla, España)
Diana Vaamonde Martín
(Universidad de Córdoba, España)
Alfonso Vargas Macías
(Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, España)
Bernardo Hernán Viana Montaner
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

© 2021 Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía

La Revista Andaluza de Medicina del Deporte (RAMD) es una revista Open Access o de acceso abierto. Todos los artículos serán accesibles de forma inmediata y permanente para facilitar su lectura y su descarga. Los autores de los artículos remitidos a la revista no realizan aportación económica ni por el envío a la revista, ni por su publicación, en cuyo caso ceden los derechos de copyright sobre el artículo, conservando sus derechos personales (<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs/index.php/ramd/copyright>). El uso por los lectores queda regulado por la licencia de uso Creative Commons: Reconocimiento-No Comercial-Sin obras derivadas (CC-BY-NC-ND). Esta licencia permite al lector: leer, imprimir, y descargar el artículo con fines personales y/o compartirlo con terceros, siempre que se de crédito al autor y no se modifique la versión del artículo, y en cualquiera de los usos no exista un fin comercial (lucro) con el mismo. En el caso de que el autor, por políticas de la institución a la que pertenece, requiera solicitar una licencia CC-BY después de que su artículo haya sido aceptado, deberá ponerse en contacto con la RAMD a través del correo: editor.ramd.ced@juntadeandalucia.es.

Nota. La Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía no tendrá responsabilidad alguna por las lesiones y/o daños sobre personas o bienes que sean el resultado de presuntas declaraciones difamatorias, violaciones de derechos de propiedad intelectual, industrial o privacidad, responsabilidad por producto o negligencia. Tampoco asumirán responsabilidad alguna por la aplicación o utilización de los métodos, productos, instrucciones o ideas descritos en el presente material. En particular, se recomienda realizar una verificación independiente de los diagnósticos y de las dosis farmacológicas.

Los juicios y opiniones expresados en los artículos y comunicaciones publicados en la Revista son exclusivamente del autor o autores. El equipo editorial declina cualquier responsabilidad sobre el material publicado. La Dirección de la RAMD no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores en sus trabajos.

REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE se distribuye exclusivamente entre los profesionales de la salud.

Disponible en internet:

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs/index.php/ramd/index>

Declaración de privacidad: Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

Contacto:

Centro Andaluz de Medicina del Deporte
Glorieta Beatriz Manchón, s/n (Isla de la Cartuja), 41092 Sevilla
Teléfonos: (+34)600 147 508/638

Correo electrónico:

ramd.ced@juntadeandalucia.es (Principal)
editor.ramd.ced@juntadeandalucia.es (Soporte)

Depósito legal: SE. 2821-2008

ISSN: 1888-7546

eISSN: 2172-5063

Publicada en Sevilla (España)





Abstracts

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport.
TAPAS 2020. 24th-27th November 2020



ARTICLE INFORMATION: Received 24 March 2021, accepted 24 March 2021, online 4 June 2021

Measurement of salivary cortisol as a method to estimate the degree of acute stress in the elite of professional football. An experimental study



A. Molina-López^a, H. Moya-Amaya^a, D. Rojano-Ortega^b, A.J. Berral-Aguilar^c, F.J. Berral-de la Rosa^b

^a*Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia. Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

^b*Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

^c*Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

Introduction: The professional footballer during the season has a significant stress caused by the team's position in the table and his own personal performance in the matches.

Objective: Observe whether variables such as the result of a match and the team's position on the table can influence the salivary cortisol values.

Method: Cortisol salivary measurements were taken under fasting conditions on arrival at the stadium the day after the match, during the last 10 rounds of the Italian football league Serie A, season 2019-2020 after the lockdown. Footballers who played more than 80 minutes in the matches were assessed (n=18).

Results: It can be seen that when the team wins, the average cortisol values are much lower.

Conclusions: Winning or losing the match is the factor that influences salivary cortisol levels, being a useful biomarker to determine acute stress. Having achieved permanence did not influence, nor did we show any special difference when the team played away or at home.

Keywords: Performance; Biomarkers; Serie A; Match.



The Organizing Committee of the 1st International VIRTUAL Conference on Technology in Physical Activity and Sport -TAPAS 2020- states that

Antonio Molina Lopez

has presented the research

Measurement Of Salivary Cortisol As A Method To Estimate The Degree Of Acute Stress In The Elite Of Professional Football. An Experimental Study.

at the conference, held between the 24th to 27th November 2020.

Borja Sañudo Corrales
Congress President

Jesús del Pozo Cruz
Secretary of the Physical Education and Sport Department



Código Seguro De Verificación	itznFa/yCaLbwofrc3o8XA==	Fecha	24/11/2020
Firmado Por	FRANCISCO DE BORJA SAÑUDO CORRALES JESUS DEL POZO CRUZ		
Url De Verificación	https://pfirma.us.es/verifirma/code/itznFa/yCaLbwofrc3o8XA==	Página	1/1





Abstracts

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport.
TAPAS 2020. 24th-27th November 2020



ARTICLE INFORMATION: Received 24 March 2021, accepted 24 March 2021, online 4 June 2021

Anthropometric techniques for evaluating body composition in the elite of professional football. Comparative study.



H. Moya Amaya^a, A. Molina López^a, D. Rojano Ortega^b,
A.J Berral Aguilar^c, F.J Berral de la Rosa^b

^a*Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia.
Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de
Olavide de Sevilla. España.*

^b*Departamento de Deporte e Informática. Universidad
Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

^c*Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo
de Olavide de Sevilla. España.*

Introduction: Football has become professionalised to the point where all factors are analysed in order to optimise player performance.

Objective: Analyze and compare the muscle and fat component with three different anthropometric techniques, in elite athletes of the Italian football league "Serie A".

Method: The muscle and fat mass have been evaluated using three tools, the BIA method; the DEXA and the anthropometric method (30 variables) analysed with the KINBIA® software. Two evaluations are compared in the season 2019/2020: pre-season and mid-season (n=11), of players who played more than 70 minutes per match.

Results: The evolution of the values has been negative in the fat mass (-0,409 kg by BIA, -1,164 kg by DEXA and -0,566 kg by the anthropometric method) and positive in the muscle (+0,416 kg by BIA, +1,477 kg by DEXA and +1,294 kg by anthropometric method) and the body weight (+1,92%).

Conclusion: Scientifically the three techniques are contrasted, the evolution of the masses are comparable, but not their absolute values.

Keywords: Kinbia, Bioimpedance, DEXA, Fat mass, Muscle mass.



The Organizing Committee of the 1st International VIRTUAL Conference on Technology in Physical Activity and Sport -TAPAS 2020- states that

Antonio Molina Lopez

has presented the research

Anthropometric Techniques For Evaluating Body Composition In The Elite Of Professional Football. Comparative Study.

at the conference, held between the 24th to 27th November 2020.

Borja Sañudo Corrales
Congress President

Jesús del Pozo Cruz
Secretary of the Physical Education and Sport Department



Código Seguro De Verificación	itznFa/yCaLbwofrc3o5XA==	Fecha	24/11/2020
Firmado Por	FRANCISCO DE BORJA SAÑUDO CORRALES JESUS DEL POZO CRUZ		
Url De Verificación	https://pfirma.us.es/verifirma/code/itznFa/yCaLbwofrc3o5XA==	Página	1/1





Abstracts

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport.
TAPAS 2020. 24th-27th November 2020



ARTICLE INFORMATION: Received 24 March 2021, accepted 24 March 2021, online 4 June 2021

Reliability and validity of kinematic variables of jumping and running assessed by two-dimensional video analysis with high-speed cameras. A systematic review.



D. Rojano-Ortega^a, A.J. Berral-Aguilar^b, A. Molina-López^c,
H. Moya-Amaya^c, F.J. Berral-de la Rosa^a

^a*Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

^b*Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

^c*Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia. Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

Objective: The rapid development of sport cameras has made accessible to everyone the high-speed video recording. However, the expense of three-dimensional (3D) motion capture systems remains high. Two-dimensional (2D) video analysis may have lower measurement accuracy but it is an inexpensive and portable option for kinematic analysis in running and jumping.

The aim of this systematic review is to investigate the reliability and validity of 2D kinematic measurements with high-speed cameras during running or jumping.

Method: SPORTDiscus, PubMed y Scopus were searched from inception and 12 studies were included.

Results: Most kinematic variables of running and jumping demonstrated moderate to excellent inter-rater and intra-rater reliability. However, differences between 2D measures and other analysis methods were high for certain variables.

Conclusions: Despite the disagreement with other systems, 2D video analysis is a pragmatic method for evaluating most kinematic variables usually measured during running or jumping.

Keywords: Motion Analysis; Accuracy; Kinematics; Inter-rater; Intra-rater.



The Organizing Committee of the 1st International VIRTUAL Conference on Technology in Physical Activity and Sport -TAPAS 2020- states that

Antonio Molina Lopez

has presented the research

Reliability And Validity Of Kinematic Variables Of Jumping And Running Assessed By Two-Dimensional Video Analysis With High-Speed Cameras. A Systematic Review.

at the conference, held between the 24th to 27th November 2020.

Borja Sañudo Corrales
Congress President

Jesús del Pozo Cruz
Secretary of the Physical Education and Sport Department



Código Seguro De Verificación	itsnFa/yCaLbwofrc3o5XA==	Fecha	24/11/2020
Firmado Por	FRANCISCO DE BORJA SAÑUDO CORRALES JESUS DEL POZO CRUZ		
Url De Verificación	https://pfirma.us.es/verifirma/code/itsnFa/yCaLbwofrc3o5XA==	Página	1/1





Abstracts

International Conference on Technology in Physical Activity and Sport.
TAPAS 2020. 24th-27th November 2020



ARTICLE INFORMATION: Received 24 March 2021, accepted 24 March 2021, online 4 June 2021

The KINBIA® anthropometric tool in the control and monitoring of athletes and non-athletes.



A.J. Berral-Aguilar^a, D. Rojano-Ortega^b, A. Molina-López^c,
H. Moya-Amaya^c, F.J. Berral-de la Rosa^b

^a*Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

^b*Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

^c*Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa, Italia. Doctorando en Ciencias del Deporte. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España.*

Objective: The lack of software that correctly applies anthropometric tactics led us to develop a webApp project for body composition analysis with anthropometric measurement techniques and bioelectric impedance.

The objective is to provide to health and sport professionals a useful tool for the study of body composition, using formulas and correct strategies for each population, based on age, sex, race and level of physical activity.

Method: KINBIA® has been developed in PHP version 5.6.4 computer language and validated in five countries by professionals in the field of nutrition, health and sports.

Results: The software carry out anthropometric calculations with specific formulas for each population group. In the case of anthropometry, the tetracompartmental fractionation is calculated with an error of $\pm 1\%$ about the weight. In bioimpedance, the program provides data on the nutritional condition index, potassium, proteins, minerals, body volume and a vector graph of cell damage.

Conclusions: Currently KINBIA® has a registry of 700 professionals who use the platform. The software is registered in the Industrial Property and World Intellectual Property like "KINBIA - BODY COMPOSITION ASSESSMENT".

Keywords: kineanthropometry, bioimpedance, body composition, health indices, phase angle.



The Organizing Committee of the 1st International VIRTUAL Conference on Technology in Physical Activity and Sport -TAPAS 2020- states that

Antonio Molina Lopez

has presented the research

The Kinbia® Anthropometric Tool In The Control And Monitoring Of Athletes And Non-Athletes.

at the conference, held between the 24th to 27th November 2020.

Borja Sañudo Corrales
Congress President

Jesús del Pozo Cruz
Secretary of the Physical Education and Sport Department



Código Seguro De Verificación	itsnFa/yCaLbwofrC3oSXA==	Fecha	24/11/2020
Firmado Por	FRANCISCO DE BORJA SANUDO CORRALES JESUS DEL POZO CRUZ		
Url De Verificación	https://pfirma.us.es/verifirma/code/itsnFa/yCaLbwofrC3oSXA==	Página	1/1



ANEXO 7.10. Meeting Abstract 5 - 6

Molina A, Moya H, Berral-Aguilar AJ, Rojano D, Berral FJ.
Biomarkers for monitoring recovery strategies in professional football players.
Medicina dello Sport (Med Sport). 2021; 74(3 Supl. 1): 113.
Meeting Abstract. Comunicación oral.
36th World Congress of Sports Medicine.
Atenas (Grecia) 23th-26th September 2021. Organizado por la International Federation of Sports Medicine.
ISSN: 0025-7826
JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge.
Category: SPORT SCIENCES. Factor de Impacto en 2021: 0,722. Rank in Sport Sciences (año 2021): 85 de 87. 4° Q – 3°T

Moya H, **Molina A**, Berral-Aguilar AJ, Del Campo A, Berral FJ.
Evolution of the phase angle from season to half season in professional soccer players.
Medicina dello Sport (Med Sport). 2021; 74(3 Supl. 1): 113.
Meeting Abstract. Comunicación oral.
36th World Congress of Sports Medicine.
Atenas (Grecia) 23th-26th September 2021. Organizado por la International Federation of Sports Medicine.
ISSN: 0025-7826
JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge.
Category: SPORT SCIENCES. Factor de Impacto en 2021: 0,722. Rank in Sport Sciences (año 2021): 85 de 87. 4° Q – 3°T

Indexed
in
BIOSIS Previews
EMBASE
SCOPUS
SCIENCE CITATION INDEX
EXPANDED (SciSearch)
with IMPACT FACTOR

MEDICINA DELLO SPORT

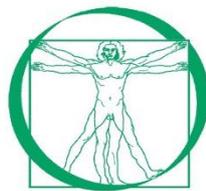
RIVISTA DELLA FEDERAZIONE MEDICO SPORTIVA ITALIANA
ITALIAN FEDERATION OF SPORTS MEDICINE OFFICIAL JOURNAL

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN FEDERATION
OF SPORTS MEDICINE ASSOCIATIONS
PARTNER JOURNAL OF THE INTERNATIONAL FEDERATION
OF SPORTS MEDICINE

VOLUME 74 - SUPPL. 1 TO N. 3 - SEPTEMBER 2021

36th WORLD CONGRESS OF SPORTS MEDICINE

Athens, 23-26 September 2021



F.I.M.S.I.

EDIZIONI MINERVA MEDICA

Biomarkers for monitoring recovery strategies in professional football players

Molina A., Moya H., Berral-Aguilar A.J., Rojano D., **Berral F.J.**
University Pablo Olavide, Sevilla, Spain

BACKGROUND: Saliva analysis is a non-invasive tool to evaluate performance-related biomarkers in football and to optimize post-match recovery. The cortisol is an indicator of stress or physical fatigue and the immunoglobulin A (IgA) is the first defence barrier of our immune system. The current study aims to determine whether top-level footballers face training and matches in the best conditions, based on the assessment of these variables.

METHODS: Cortisol and IgA salivary were taken in the morning in fasting conditions, and also a test about sleep quality. Data has been collected over a season on 1st, 3rd and 4th post-match days. We selected the subjects who played more than 70 minutes in the game. The weekly and daily training load control was monitored by GPS.

RESULTS: The players had different average values in relation to the team average and there is a significant variation of these values from one week to another, which is related to the distribution of training loads. An average individual profile has been created to evaluate player recovery strategies.

CONCLUSIONS: Low values of both parameters are related to poor sleep quality. The evolution of the values taken varies individually from one week to another, depending on the daily schedule of loads and the weekly distribution of these. Similar strategies for weekly load distribution do not change the values.

XXXVI World Congress of Sports Medicine Athens – Greece



Certificate Communication

Biomarkers for monitoring recovery strategies in professional football players.

Molina A, Moya H, Berral-Aguilar A.J, Rojano D, Berral FJ
University Pablo de Olavide of Seville, Spain.

36th World Congress of Sports Medicine. September 23 to 26, 2021.

Fabio Pigozzi, Italy
Presidents

Konstantinos Natsis, Greece
Chairman

Maria Piagkou, Greece
Secretary General

Evolution of the phase angle from season to half season in professional soccer players

Moya H.^{1,2}, Molina A.^{1,2}, Berral-Aguilar A.J.¹, Del Campo A.², **Berral F.J.**¹

¹University Pablo Olavide, Seville, Spain, ²Medical Department, Udinese Calcio SpA, Udine, Italy

BACKGROUND: Multifrequency electrical bioimpedance analysis (BIA) is a double indirect method used to determine the body composition. Phase angle (PA) is an indicator of changes in the quantity and quality of cell mass. The objective of the present study is to know the evolution of AP in professional football players, according to their playing position.

METHODS: A weekly BIA in fasting conditions was performed. The AP has been determined at a frequency of 50 kHz (AP50). Twenty-four (24) players have been evaluated, of which 12 are international players. The team has been divided by playing position. Mean and standard deviation were calculated for the variables.

RESULTS: All playing positions increased PA from preseason to mid-season. Both at the end of the preseason and in the period coinciding with the matches of the national teams, there is a tendency to reduce the PA, which they later recover.

CONCLUSIONS: During the preseason there is an increase in the AP due to the concentration of training, which decreases just at the beginning of the championship, as the training program is modified. During the season there are different fluctuations in PA associated with modifications in the weekly training structure, as those caused by the calls to go with their national teams (November).

XXXVI World Congress of Sports Medicine Athens – Greece



Certificate Communication

Evolution of the phase angle from season to half season in professional soccer players

Moya H, Molina A, Berral-Aguilar AJ, Del Campo A, Berral FJ
University Pablo de Olavide of Seville, Spain.

36th World Congress of Sports Medicine. September 23 to 26, 2021.

Fabio Pigozzi, Italy
Presidents

Konstantinos Natsis, Greece
Chairman

Konstantinos Natsis, Greece
Chairman

Maria Piagkou, Greece
Secretary General

ANEXO 7.11. Meeting Abstract 7 - 9

Molina-López A, Moya-Amaya H, Estevan-Navarro P, Baratto P, Rojano-Ortega D, Berral-de la Rosa, FJ, Naranjo-Orellana J.

Omega-3 supplementation and changes in AA/EPA and AA/DHA ratios in professional football players.

Acta Physiologica. 2022; 236(S725). e13877:743-744

Meeting Abstract. Comunicacion Póster.

Europhysiology 2022. Copenhagen (Denmark). 16-18th September 2022.

ISSN: 1748-1708.

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge. Category: PHYSIOLOGY.

Factor de Impacto en 2021: 7,523. Rank in Physiology (año 2021): 7 de 81. 1º Q – 1º T

<https://doi.org/10.1111/apha.13877>

Moya-Amaya H, **Molina-López A**, Portolan A, Rojano-Ortega D, Berral-Aguilar AJ, Naranjo-Orellana J, Berral-de la Rosa, FJ.

Reliability and correlations of a single-frequency tetrapolar BIA device with DEXA in male university students

Acta Physiologica. 2022; 236(S725). e13877:731-733

Meeting Abstract. Comunicación Póster.

Europhysiology 2022. Copenhagen (Denmark). 16-18th September 2022.

ISSN: 1748-1716.

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge. Category: PHYSIOLOGY.

Factor de Impacto en 2021: 7,523. Rank in Physiology (año 2021): 7 de 81. 1º Q – 1º T

<https://doi.org/10.1111/apha.13877>

Rojano-Ortega D, Naranjo-Orellana J, Berral-Aguilar AJ, **Molina-López A**, Moya-Amaya H, Estevan-Navarro P, Berral-de la Rosa, FJ.

Regular green tea supplementation increases total antioxidant status and reduces exercise-induced oxidative stress: a systematic review.

Acta Physiologica. 2022; 236(S725):e13877:767-769.

Meeting Abstract. Comunicación Póster.

Europhysiology 2022. Copenhagen (Denmark). 16-18th September 2022.

ISSN: 1748-1708.

JOURNAL CITATION REPORTS. JCR Science Edition. ISI Web Knowledge. Category: PHYSIOLOGY.

Factor de Impacto en 2021: 7,523. Rank in Physiology (año 2021): 7 de 81. 1ºQ – 1ºT

<https://doi.org/10.1111/apha.13877>

ACTA PHYSIOLOGICA

A JOURNAL OWNED BY THE SCANDINAVIAN PHYSIOLOGICAL SOCIETY, AND THE OFFICIAL JOURNAL OF THE FEDERATION OF EUROPEAN PHYSIOLOGICAL SOCIETIES



PUBLICATION HISTORY

Acta Physiologica 2006–

Acta Physiologica Scandinavica 1940–2005

Skandinavisches Archiv für Physiologie 1889–1939



B 05-09

Omega-3 supplementation and changes in AA/EPA and AA/DHA ratios in professional football players.

A. Molina López², H. Moya Amaya², P. Estevan Navarro², P. Baratto³, D. Rojano Ortega¹, F.J. Berral de la Rosa¹, J. Naranjo Orellana¹

¹ University Pablo de Olavide, Sevilla, Spain

² Udinese Calcio, Udine, Italy

³ Unifarco, Barcelona, Spain

Introduction

Omega-3 has been studied in the improvement of different parameters of inflammation and sports performance (1)(2)(3)(4). In the field of elite sport, this compound has become particularly important in recent years, and numerous studies have been carried out to establish an administration protocol and to obtain clearly defined biochemical effects (5). The aim of this study is to establish whether the administration of an omega-3 supplement improves the parameters of Eicosapentaenoic acid (EPA) and Docosahexaenoic acid (DHA) at blood level in professional football players (3).

Methods

The sample was divided into intervention group (n=11) and control group (n=7). Total of 18 players of the first team of Udinese Calcio, an Italian first division football team (Serie A) were assessed. During the pre-season period, subjects underwent a fasting blood test before and after a one-month retreat in Austria, where they were monitored in terms of training, nutrition and rest. Arachidonic Acid/Eicosapentaenoic Acid (AA/EPA) ratio and Arachidonic Acid/Docosahexanoic Acid (AA/DHA) ratio values were assessed in blood. The product administered daily to the intervention group was an omega-3 supplement providing a dose of 1 g EPA and 0.7 g DHA, and was delivered to the players in individualised doses prepared by the TIMEDI JV-DEN dispensing robot. The intervention group (n=11) achieved a weekly intake of more than 90% of the intakes. The control group (n=7) did not receive omega-3 supplementation.

Results

The results obtained from the players are shown in the table. Supplementation significantly improved the value of the AA/EPA ratio, as previously observed in other studies (6). In contrast, the value of the AA/DHA ratio improved but not significantly, which may be due to the fact that EPA and DHA compete with each other when administered together (7) or because the dose administered was not sufficient. On the other hand, the players in the control group did not improve their values in both parameters (AA/EPA and AA/DHA), and even worsened in the AA/EPA value.

Conclusion

Omega-3 supplementation over a controlled period of time is effective in improving biochemical AA/EPA and AA/DHA ratios in professional football players. The administration of 1g of EPA daily together with a correct diet supervised by the nutritionist is sufficient to achieve a better balance of the AA/EPA ratio. In contrast, the administration of 0.7g of DHA is not sufficient to significantly improve the AA/DHA ratio.

	Parameters	Pre-test	Post-test	p-value
		Mean ± SD	Mean ± SD	
Intervention group n = 11	AA/DHA	2,72 ± 1,07	2,48 ± 0,59	0,722
	AA/EPA	4,25 ± 2,47	0,75 ± 0,35	0,001**
Control group n = 7	AA/DHA	3,80 ± 1,18	3,65 ± 0,54	0,661
	AA/EPA	8,97 ± 4,44	9,57 ± 8,31	0,805

AA/DHA, Arachidonic Acid/Docosahexanoic Acid Ratio
AA/EPA: Arachidonic Acid/Eicosapentanoic Acid Index.
*Significant differences between pre and post. * p < 0.05, ** p < 0.01.

Results of supplementation

EUROPHYSIOLOGY 2022



COPENHAGEN, 16-18 SEPTEMBER 2022

Certificate of Attendance

We herewith confirm that

Prof. Antonio Molina López

from Sevilla, Spain

participated in

Europhysiology 2022

in Copenhagen, Denmark from 16 to 18 September 2022,
with Pre-Symposia held on 15 September 2022 and presented the
COMMUNICATION with the title *Omega-3 supplementation and changes
in AA/EPA and AA/DHA ratios in professional football players.*

The congress was chaired by Helle Prætorius Øhrwald from
the Aarhus University, Department of Biomedicine, Denmark.

On behalf of the whole Organising and Scientific Committee
we thank you very much for your participation.

The congress was a joint meeting of
The Physiological Society (TPS)
The Scandinavian Physiological Society (SPS)
The German Physiological Society (DPG) and
The Federation of European Physiological Societies (FEPS).

This document was issued electronically and is therefore valid without signature.

B 03-19

Reliability and correlations of a single-frequency tetrapolar BIA device with DEXA in male university students

H. Moya Amaya², A. Molina López², A. Portolan³, D. Rojano Ortega¹, A.J. Berral Aguilar¹, J. Naranjo Orellana¹, F.J. Berral de la Rosa¹

¹ University Pablo de Olavide, Sevilla, Spain

² Udinese Calcio, Udine, Italy

³ Unifarco, Barcelona, Spain

Introduction

Body composition assessment is a valuable tool for assessing health, nutritional and fitness status (1,2). The main techniques most commonly used to determine body composition are Bioelectrical impedance (BIA), dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) and anthropometry. The BIA is mainly used in epidemiological settings, and DEXA in clinical settings to evaluate the body composition (3,4) and both techniques are interchangeable at a population level (5). Most studies focus on high-cost multi-frequency devices (6), although some single-frequency ones have proven useful in the determination of some parameters in healthy (7) or sick subjects (8). Both techniques, BIA and DEXA, have certain limitations (9,10), but the main target of this study whether is determinate is the BIA device could be used in a similar way to determine body composition as DEXA.

The main objective of this study is to investigate the reliability a device that is less invasive than DEXA, and to see the correlations between both devices in order to be able to use it BIA more frequently and efficiently for the healthcare professional.

Methods

The total sample of this study was 18 male university students (age $21,53 \pm 2,47$ years). Subjects were assessed using an Akern Telelab single-frequency tetrapolar BIA device and a DEXA Hologic.

We have studied the normality of the samples through Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk test. For the reliability of this device, correlation analysis as Pearson correlation and Rho de Spearman were carried out with DEXA and BIA values. Moreover, Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and Coefficient of Variation (CV) were studied to investigate about the reproducibility of measuring devices using BIA.

Results

BIA shows a high correlation with DEXA in parameters related with muscle mass Free Fat Mass (FFM) ($r = 0.931$, $p < 0.01$), a moderate correlation with DEXA in Fat Mass (FM) ($r = 0.568$, $p < 0.01$), and a high correlation with DEXA in Skeletal Muscle Mass (SMM) ($r = 0.901$, $p < 0.01$).

The ICC results for FM, FFM, Appendicular Skeletal Muscle Mass, Total Body Water, Extracellular Body Water and Intracellular Body Water show an excellent reliability. In the case of SMM and Cellular Mass, the ICC shows a good reliability (Table).

Conclusion

Telelab BIA is a device that presents sufficient reliability to be used in the monitoring of young healthy subjects and could be an interesting option as an alternative to DEXA, due to the good correlations in body composition parameters, reducing risks such as radiation exposure, time and cost and assuming the limitations of this BIA. Future studies should determine the validity of this device versus DEXA in populations of different genders and ages.

Bioimpedance Parameters	ICC	CV
Fat Mass	0,966	9,74
Free Fat Mass	0,993	1,52
Skeletal Muscle Mass	0,897	4,87
Appendicular Skeletal Muscle Mass	0,932	4,25
Total Body Water	0,960	3,66
Extracellular Body Water	0,967	3,97
Intracellular Body Water	0,928	3,89
Cellular Mass	0,867	6,33

Bioimpedance parameters



B 05-30

Regular green tea supplementation increases total antioxidant status and reduces exercise-induced oxidative stress: a systematic review.

D. Rojano Ortega¹, J. Naranjo Orellana¹, A.J. Berral Aguilar¹, A. Molina López², H. Moya Amaya², P. Estevan Navarro², F.J. Berral de la Rosa¹

¹ University Pablo de Olavide, Sevilla, Spain

² Udinese Calcio, Udine, Italy

Introduction

Strenuous muscular exercise leads to an increase in ROS production, generating oxidative stress in cell structures, which has a negative impact on exercise performance (1,2). The elimination of ROS is carried out by the body's endogenous antioxidant defense system in conjunction with exogenous antioxidants consumed through diet, which come primarily from ingestion of fruits and vegetables (3,4). There is some evidence suggesting that ROS play an important physiological role in supporting the recovery process and that antioxidant supplements may hinder the specific cellular adaptations to exercise (5). However, it should be noted that the negative impact of antioxidant supplementation on exercise training adaptation has not been reported with natural antioxidant foods (6).

Green tea is also popular among the beverages rich in polyphenol compounds (7). Its health benefits are due to the antioxidant properties of catechins, of which epigallocatechin-3-gallate, considered the most bioactive, accounts for between 50–80% of the total catechin content (8,9). The positive effects of green tea (GT) supplementation on reducing oxidative stress after exercise have been reported in animals (10,11). Therefore, the aim of this systematic review was to summarize the effects of GT supplementation on exercise-induced oxidative stress found in the existing literature to date in humans.

Methods

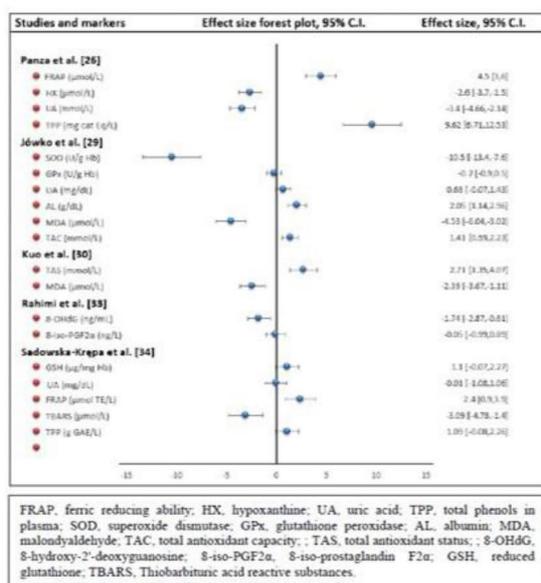
The studies included in this systematic review fulfilled the following inclusion criteria: (i) research conducted with human participants, (ii) original articles in peer-reviewed publications, (iii) original studies that had investigated only GT supplementation interventions on oxidative stress after a protocol to induce muscle damage, (iv) research conducted with one control/placebo group, and (v) articles published from inception to December 2020. SPORTDiscuss, PubMed, Scopus, and Web of Science were searched. The methodological quality of the articles was assessed with the PEDro scale.

Results

Eleven randomized or non-randomized placebo-controlled trials were included. (12-22). Four studies evaluated the effects of acute GT ingestion and 7 studies evaluated the effects of a regular GT ingestion. When sufficient data were provided, effect sizes (Hedges' g) for the difference between GT and PLA groups after exercise were calculated (figure).

Conclusion

GT supplementation before exercise for periods of more than 1 week, in a dose range of 400 to 800 mg of catechins per day, appears to be a good strategy to protect the cells against oxidative stress. Nevertheless, none of the studies included in this review analysed oxidative stress markers more than 24 h after exercise. Future investigations should focus on initiating GT supplementation more than seven days before exercise and completing it two or three days after, monitoring the evolution of oxidative stress markers up to 48/72 h after exercise.



Studies and markers

EUROPHYSIOLOGY 2022



COPENHAGEN, 16-18 SEPTEMBER 2022

Certificate of Attendance

We herewith confirm that

Prof. Antonio Molina López

from Sevilla, Spain

participated in

Europhysiology 2022

in Copenhagen, Denmark from 16 to 18 September 2022,
with Pre-Symposia held on 15 September 2022 and presented the
COMMUNICATION with the title Regular green tea supplementation
increases total antioxidant status and reduces exercise-induced
oxidative stress: a systematic review.

The congress was chaired by Helle Prætorius Øhrwald from
the Aarhus University, Department of Biomedicine, Denmark.

On behalf of the whole Organising and Scientific Committee
we thank you very much for your participation.

The congress was a joint meeting of
The Physiological Society (TPS)
The Scandinavian Physiological Society (SPS)
The German Physiological Society (DPG) and
The Federation of European Physiological Societies (FEPS).

This document was issued electronically and is therefore valid without signature.

ANEXO 7.12. Proyectos de investigación



B65862278

Oficines i magatzem: C/ Empordà 9 - 11 Polígon Industrial la Borda 08140 Caldes de Montbui, Barcelona (SPAIN)		
T	+34 938 652 654	E info@ti-medi.com
Blister Applications.SL 0-65862278		

Convocatoria de Ayudas para la realización de proyectos de investigación en el ámbito del Rendimiento Deportivo en el Fútbol de Elite, convocadas por el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Empresa BLISTER APPLICATIONS SL, empresa dedicada a aportar soluciones en el campo del sistema de dosificación personalizado. Convocatoria de fecha 3 de junio de 2019.

***PROYECTO:**

Estudios de composición corporal y uso de biomarcadores para evaluar el proceso de recuperación post partido en jugadores de fútbol profesional.

Institución que conceden la subvención:

*Blister Applications SL. Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Nº ref. PIARDFE/BA.

Subvención: 25.000 euros. Dicha cantidad se traduce en la cesión y uso de un Robot emblistador para el establecimiento de un sistema de dosificación de suplementación personalizada, modelo TIMEDI-JV-DEN, encaminado a mejorar la adherencia de los deportistas a los programas de suplementación y cumplimiento para la mejora de su rendimiento.

Centros de Ejecución: Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa y Departamento de Deporte e Informática de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico denominado "ACTIVIDAD FISICA, SALUD Y ALTO RENDIMIENTO", con código CTS-595. Junta de Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnología.

Periodo de Ejecución: 15 de julio de 2019 a 29 de febrero de 2020.

Investigador principal: Lcdo. D. Antonio Molina López

Investigadores: Lcdo. D. Heliodoro Moya Amaya

Dr. Antonio Jesús Berral Aguilar

Dr. D. Daniel Rojano Ortega

Dr. D. Francisco José Berral de la Rosa

Total de investigadores: 5

El resultado de esta investigación será la publicación de un artículo científico en el que se haga expresa referencia al equipamiento utilizado y a la empresa que concede esta subvención.

Y para que conste, a los efectos oportunos, expido el siguiente certificado a los ocho días del mes de julio de dos mil diecinueve

BLISTER APPLICATIONS, S.L.
C/ Empordà, 9
08140 Caldes de Montbui
NIF. B-65862278



Bando di concorso per progetti di ricerca nel campo della Performance sportiva nel calcio d'élite, pubblicato dal Dipartimento di Ricerca e Sviluppo Tecnologico della Società International Sport Nutrition S.R.L, azienda dedicata all'integrazione alimentare per sportivi. Bando di concorso del 3 luglio 2019.

*** PROGETTO:**

Studi sulla composizione corporea e l'uso di biomarcatori per valutare il processo di recupero post-partita nei calciatori professionisti

Istituzione concedente:

* International Sport Nutrition SL. Dipartimento di Ricerca e Sviluppo Tecnologico. N° rif. PIARDFE/SRL.

Sovvenzione: 20.000 euro. Questo importo si traduce nella cessione d'integratori antiossidanti e componenti d'Omega 3 e curcuma per lo sviluppo dello studio dell'influenza degli antiossidanti sulle prestazioni dei calciatori professionisti.

Centri di Esecuzione: Dipartimento di Nutrizione dell'Udinese Calcio Spa e Dipartimento di Sport e Informatica dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia. Gruppo di Ricerca e Sviluppo Tecnologico denominato " ACTIVIDAD FISICA, SALUD Y ALTO RENDIMIENTO ", con codice CTS-595. Junta de Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnología.

Periodo di esecuzione: dal 15 ottobre 2019 al 29 febbraio 2020.

Ricercatore principale: Antonio Molina López

Ricercatori: D. Heliodoro Moya Amaya

Dr. Antonio Jesús Berral Aguilar

Dr. Daniel Rojano Ortega

Dr. Francisco José Berral de la Rosa

Numero totale di ricercatori: 5

Il risultato di questa ricerca sarà la pubblicazione di un articolo scientifico in cui si fa esplicito riferimento alle attrezzature utilizzate e alla società che eroga la sovvenzione.

E per la cronaca, per gli opportuni fini, rilascio il seguente certificato l'ottavo giorno di agosto dell'anno duemilanove.

INTERNATIONAL SPORT NUTRITION Srl
Riviera Museo del Lavoro 2004
35127 PADOVA
Tel. +39 049 8702936 - Fax +39 049 8704936
Cod. Fisc. e P. IVA: 03884150289
www.4plusnutrition.com



Convocatoria de Ayudas para la realización de Proyectos en el Ámbito Tecnológico del Deporte Profesional, convocadas por el Departamento Tecnológico de la Empresa YSANA SL, empresa dedicada al campo de los suplementos nutricionales y productos farmacéuticos. Convocatoria de fecha 23 de Marzo de 2020.

***PROYECTO:**

Desarrollo e implementación de una plataforma de comunicación online, de parámetros nutricionales, deportivos y culinarios aplicados al deporte profesional.

Institución que conceden la subvención:

YSANA SL. Departamento Tecnológico. Nº ref. PATDF/Y.

Subvención: 11.253 euros. Cantidad destinada al desarrollo de una herramienta online para el proceso de consulta y seguimiento de profesionales del deporte.

Centros de Ejecución: Departamento de Nutrición del Udinese Calcio Spa y Departamento de Deporte e Informática de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico denominado "ACTIVIDAD FISICA, SALUD Y ALTO RENDIMIENTO", con código CTS-595. Junta de Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnología.

Periodo de Ejecución: 2 de abril de 2020 de 2019 al 9 de mayo de 2020.

Investigador principal: Lcdo. D. Antonio Molina López

Investigadores: Lcdo. D. Heliodoro Moya Amaya

Dr. D. Antonio Jesús Berral Aguilar

Dr. D. Daniel Rojano Ortega

Dr. D. Francisco José Berral de la Rosa

Total de investigadores: 4

El resultado de esta investigación será utilizado por la empresa YSANA SL con fines comerciales.

Y para que conste, a los efectos oportunos, expido el siguiente certificado a uno de abril de dos mil veinte.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Christian Bonifazi".

D. Christian P. Bonifazi
Director General Ysana S.L.



Contratto tra l'Università Pablo de Olavide di Siviglia e il Laboratorio UNIFARCO SpA per la consulenza tecnica in ambito medico, farmaceutico e nutrizionale.

Siviglia-Santa Giustina 28 di Luglio 2021

RACCOLTE

Da una parte, Dott. Giovanni Baratto, Vice President, Scientific Area, Co-founder dell'azienda UNIFARCO SpA, www.unifarco.com, con P IVA 00595530254, e con sede in Italia, Via Cal Longa, 62 32035-S.Giustina (BL) – ITALY.

E d'altra parte, il signor Francisco José Berral de la Rosa, con DNI 30441958-D, come professore del Dipartimento di Sport e Informatica dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia, con CIF: Q-9150016-E, con indirizzo in Carretera de Utrera, km. 1, 41013-Siviglia, in suo nome e con l'espressa autorizzazione del signor Francisco Oliva Blázquez, Rettore Magnifico dell'Università Pablo de Olavide, nominato con decreto 191/2020, novembre 191/2020, (BOJA nº 230, novembre 230, BOJA) e in virtù del decreto 191/2020, (BOJA nº 230, BOJA nº 230, novembre 20). Francisco Oliva Blázquez, Rettore Magnifico dell'Universidad Pablo de Olavide, nominato con Decreto 191/2020, del 24 novembre, (BOJA nº 230, del 27 novembre) e in virtù dei poteri attribuitigli negli articoli 20.1 della Legge Organica 6/2001, del 21 dicembre, sulle Università, e 32.1. lettera a dello Statuto della suddetta Università, approvato con Decreto 298/2003 del 21 ottobre e modificato dal Decreto 265/2011, del 2 agosto.

Entrambe le parti riconoscono mutuamente e reciprocamente la competenza e la capacità legalmente necessaria per firmare questo contratto ed essere vincolati nella rappresentazione in cui intervengono:

EXPONGONO

I.- Che l'Università Pablo de Olavide è un Ente di Diritto Pubblico di carattere multisettoriale e multidisciplinare che sviluppa attività di insegnamento, ricerca e sviluppo scientifico e tecnologico, interessato a collaborare con i settori socio-economici per garantire uno degli obiettivi dell'insegnamento e della ricerca, che è l'innovazione e la modernizzazione del sistema produttivo.

II.- Che la Legge Organica delle Università 6/2001, del 21 dicembre, modificata dalla Legge 4/2007, del 12 aprile, promuove la creazione dei canali necessari per rafforzare le relazioni e i legami reciproci tra Università e Società. Così, l'articolo 1 della citata Legge Organica indica come funzioni dell'Università "la creazione, lo sviluppo, la trasmissione e la critica della scienza, della tecnologia e della cultura, così come la diffusione, la valorizzazione e il trasferimento delle conoscenze al servizio della cultura, della qualità della vita e dello sviluppo economico". Allo stesso modo, l'articolo 4 del Decreto Legislativo 1/2013, dell'8 gennaio, che approva il Testo Rivisto della Legge Andalusina sulle Università Legge 12/2011, del 16 dicembre, che modifica la Legge Andalusina sulle Università, in cui si contemplano le funzioni delle Università Andalusine,



afferma che "le università andaluse forniscono il servizio pubblico di istruzione superiore universitaria attraverso l'insegnamento, la ricerca, il trasferimento delle conoscenze, l'estensione culturale e lo studio nei termini stabiliti dalla Costituzione, dalla Legge Organica sulle Università, dalla presente legge e dalle altre disposizioni che le sviluppano, così come dai rispettivi statuti e dai propri regolamenti di organizzazione e funzionamento che li sviluppano e dagli statuti delle rispettive Università".

III. Che il Decreto 298/2003 del 21 ottobre, che approva lo Statuto dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia, modificato dal Decreto 265/2011 del 2 agosto, prevede all'articolo 4. 2. c) che per adempiere alle sue funzioni, l'Università promuoverà e sosterrà la ricerca come procedura per la creazione e il rinnovo della conoscenza, così come l'innovazione e il miglioramento della qualità della vita dei cittadini.

IV. Che la firma di questo contratto è prevista dall'articolo 83 della Legge Organica delle Università del 21 dicembre 2001, modificata dalla Legge 4/2007, del 12 aprile, e dall'articolo 160 dello Statuto dell'Università Pablo de Olavide, che autorizza i gruppi di ricerca, i dipartimenti, gli istituti universitari e il loro personale docente a contrattare con enti pubblici o privati per la realizzazione di lavori scientifici, tecnici e artistici.

V. La società UNIFARCO SpA, azienda italiana dedicata, tra l'altro, al mondo degli integratori alimentari e recentemente alla nutrizione sportiva in farmacia, ha firmato un accordo commerciale con la società calcistica Udinese Calcio della Serie A italiana per la fornitura di integratori alimentari da utilizzare nei propri giocatori sotto la prescrizione dell'area nutrizionale coordinata dal farmacista nutrizionista Sig. Antonio Molina Lopez, membro del gruppo di ricerca CTS-595.

VI. Nell'ambito dell'accordo tra Udinese Calcio e Unifarco si stabilisce una collaborazione nello sviluppo e nel miglioramento degli integratori sportivi. A tal fine Unifarco è interessata a collaborare con il gruppo di ricerca CTS-595 denominato Exercise, Health and High Performance (ESAR), coordinato dal Dr. D. Francisco José Berral de la Rosa, direttore del gruppo annesso al Dipartimento di Sport e Informatica dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia, per sostenere la ricerca sviluppata dall'area nutrizionale dell'Udinese Calcio in relazione a:

- Consigli sullo sviluppo di linee guida per l'integrazione nutrizionale.
- Studio dell'effetto degli integratori alimentari sullo stato di salute dei giocatori di calcio professionisti attraverso l'osservazione dei dati di composizione corporea.

VII. La ricerca e lo sviluppo del prodotto saranno effettuati dall'area nutrizionale dell'Udinese Calcio e utilizzeranno le strutture dello stadio, i materiali e i dati raccolti dalle analisi e dai test effettuati sui giocatori durante la stagione.

VIII. Unifarco, all'avverarsi di determinate condizioni previste nel contratto di fornitura con Udinese, fornirà a quest'ultima le integrazioni necessarie a questo scopo per fini di ricerca (vedasi allegato 1) fino ad un massimo di euro 15.000,00 (quindicimila/00), che sarà incluso in un contratto firmato da entrambe le parti.



IX. Il servizio di nutrizione dell'Udinese Calcio chiederà al gruppo di ricerca CTS-595 denominato Esercizio, salute e alte prestazioni (ESAR), tutto l'aiuto necessario in termini di consulenza scientifica per portare avanti con successo tutte le linee di lavoro sopra indicate. A tal fine, tutto il lavoro sarà coordinato dal Dr. Francisco Jose Berral de la Rosa su richiesta di Antonio Molina López per conto dell'Udinese Calcio.

X. La comunicazione tra il laboratorio UNIFARCO e il gruppo di ricerca CTS-595 sarà effettuata attraverso il signor Antonio Molina López, in qualità di nutrizionista dipendente di Udinese Calcio, il dott. Alessandro Portolan dell'Area scientifica di Unifarco e il dottor Francisco José Berral de la Rosa, direttore del gruppo di ricerca CTS-595 chiamato Esercizio, salute e alte prestazioni (ESAR) dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia.

XI. Che l'Università, attraverso il suo gruppo di ricerca CTS-595 chiamato Exercise, Health and High Performance (ESAR) collegato al Dipartimento di Sport e Informatica dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia, ha conoscenze precedenti e comprovata esperienza nella materia di questo consiglio.

XII. L'accordo tra il gruppo di ricerca CTS-595 denominato Exercise, Health and High Performance (ESAR) annesso al Dipartimento di Sport e Informatica dell'Università Pablo de Olavide di Siviglia e il laboratorio UNIFARCO è inquadrato nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Udinese Calcio SPA e la società Unifarco.

Di conseguenza, entrambe le parti accettano le seguenti

CLAUSOLE

PRIMA - Scopo del contratto

L'oggetto del presente contratto è la realizzazione, da parte del Prof. Dr. Francisco José Berral de la Rosa e altri membri del Gruppo di Ricerca CTS-595, della consulenza tecnica in ambito medico, farmaceutico e nutrizionale della ricerca sviluppata dal Sig. Antonio Molina López come capo dell'Unità di Nutrizione dell'Udinese Calcio, nel campo della nutrizione sportiva nel calcio professionale.

SECONDO.- Condizioni per l'accettazione del servizio di consulenza

Il professore incaricato della consulenza, oggetto del presente contratto, accetta di realizzare il suddetto lavoro, in conformità con l'importo e le condizioni indicate nella sesta clausola del presente contratto, e se applicabile, con le specifiche dettagliate nella relazione tecnico-scientifica che deve essere allegata al presente contratto.

TERZO.- Responsabile della consulenza e del monitoraggio

Il professore responsabile dello sviluppo del lavoro per conto dell'Università sarà il signor Francisco José Berral de la Rosa.

Il referente responsabile del progetto per Unifarco sarà il dr. Alessandro Portolan, mentre per Udinese Calcio sarà il dr. Antonio Molina.



Qualsiasi avviso, richiesta o comunicazione che le parti devono indirizzare in virtù del presente contratto sarà fatta ai seguenti indirizzi:

Al laboratorio UNIFARCO:	All'Università
Comunicazioni tecnico-scientifiche, fatture, altre comunicazioni: UDINESE CALCIO S.p.A. D. Antonio Molina López Indirizzo: Viale A. e A. Candolino, 2 33100 Udine (Italy) 00 34 672 781 737 E_mail: antoniomolina@centrosnutrifarma.es Dr. Alessandro Portolan Indirizzo: via Cal Longa n. 62 32035 Santa Giustina – BL (ITALY) 0039 04376192 E_mail: alessandro.portolan@unifarco.it Dr Paolo Baratto Indirizzo: via Cal Longa n. 62 32035 Santa Giustina – BL (ITALY) 0039 04376192 E_mail: paolo.baratto@unifarco.it Dr.ssa Letizia Biasiato Indirizzo: via Cal Longa n. 62 32035 Santa Giustina – BL (ITALY) 0039 04376192 E_mail: letizia.biasiato@unifarco.it	Comunicazioni di natura tecnico-scientifica: Universidad Pablo de Olavide Dpto de Deporte e Informática Dr. Francisco José Berral de la Rosa Indirizzo: Carretera de Utrera Km 1. 41013-Sevilla (España) 00 34 650139022 E_mail: fjberde@upo.es

QUARTO.- Emissione di rapporti

Il docente responsabile dello sviluppo del lavoro informerà il laboratorio Unifarco, nel modo concordato tra le parti, dell'avanzamento del lavoro e, una volta terminato il lavoro, emetterà una relazione finale con i risultati e le conclusioni ottenute nel suo sviluppo. Il professore incaricato invierà anche una copia del rapporto finale all'Ufficio per il Trasferimento dei Risultati della Ricerca (OTRI), per il suo inserimento nel dossier e la sua chiusura.

Il laboratorio Unifarco confermerà il ricevimento del rapporto finale firmando il modulo di consegna allegato al presente contratto. Il professore incaricato invierà una copia della bolla di consegna firmata all'OTRI per incorporarla al dossier.

QUINTO.- Durata

Questo contratto entrerà in vigore il giorno della firma. La sua durata coprirà il periodo previsto per lo sviluppo della consulenza e il periodo di pagamenti effettivi, e sarà fino al 30 giugno 2022.

Può anche essere prolungato se le parti, di comune accordo, considerano opportuno continuare. In questo caso, e sempre prima della fine del contratto, firmeranno un'estensione in tal senso.



SESTO.- Importo e termini di pagamento

Come corrispettivo per l'esecuzione dei servizi di consulenza, il laboratorio Unifarco si impegna a pagare all'Università l'importo totale di 10.000,00 (diecimila/00) euro contro fattura, secondo le seguenti condizioni:

Due pagamenti di euro 5.000,00 (cinquemila/00): il primo alla firma del presente Contratto ed il saldo 90 giorni dopo la sottoscrizione del medesimo

Questo importo è esente da IVA, essendo un servizio intracomunitario secondo la legge 37/1992 dell'IVA. Per questo, le imprese contraenti dell'operazione intracomunitaria devono essere registrate nel ROI (Registro degli Operatori Intracomunitari), al fine di ottenere un numero di partita IVA intracomunitaria. Pertanto, esente da IVA all'origine attraverso un codice NUMERO IVA. Art. 20, primo comma, numero 3 della legge sull'IVA 37/1992.

SETTIMO.- Metodo di pagamento

Il pagamento di questo importo sarà effettuato sul Conto Generale delle Entrate n° ES49.0049.1861.19.2310365781 del Banco de Santander, S.A. aperto a nome della Universidad Pablo de Olavide de Sevilla.

OTTAVO: Riservatezza e pubblicazione dei risultati.

Ciascuna delle parti si impegna a non divulgare, in nessun caso, le informazioni scientifiche o tecniche appartenenti all'altra parte, alle quali può aver avuto accesso durante lo sviluppo della consulenza, oggetto del presente contratto, a meno che tali informazioni siano di dominio pubblico o la divulgazione sia richiesta dalla legge, o a meno che la parte ricevente possa dimostrare di essere stata precedentemente a conoscenza delle informazioni ricevute.

Entrambe le parti si impegnano a far sì che tutto il personale che partecipa al contratto conosca e rispetti l'impegno di riservatezza regolato in questa clausola.

I dati e i rapporti ottenuti durante l'esecuzione del presente contratto, così come i risultati finali, saranno confidenziali, a meno che non sia stato espressamente concordato altrimenti. Quando una delle parti desidera utilizzare i risultati per la pubblicazione o la diffusione, deve richiedere l'accordo dell'altra parte per iscritto almeno un mese prima della data prevista per l'utilizzo. Una volta che questo periodo è trascorso senza alcuna dichiarazione contraria, si intende che il consenso è stato concesso. Le Parti convengono espressamente che l'eventuale dissenso potrà essere manifestato solamente per ragioni oggettive e dovrà comunque essere adeguatamente motivato.

Il laboratorio Unifarco autorizza l'Università a fornire informazioni pubbliche sulla firma del presente contratto che possono includere: titolo, contenuto, importo e termine di esecuzione.

NONO.- Modifica del contratto

Le parti possono modificare il presente documento di comune accordo e per iscritto. I responsabili tecnici del contratto dovranno comunicare questa intenzione per iscritto all'OTRI per procedere alla sua modifica.



DECIMO.- Rescissione del contratto

Il presente contratto può essere rescisso per i seguenti motivi:

a) Di comune accordo tra le parti.

I responsabili tecnici del progetto dovranno comunicare questa intenzione per iscritto all'OTRI per procedere alla sua conclusione.

b) A causa dell'inadempimento degli obblighi.

Quando una delle parti ritiene che l'altra parte non rispetti gli impegni acquisiti, lo notifica all'altra parte per mezzo di un metodo di comunicazione affidabile e indica chiaramente la situazione di inadempimento. L'altra parte può rimediare alla situazione entro 30 giorni dalla data di ricevimento della notifica.

c) A causa di un atto di Dio o di forza maggiore:

Se per questo motivo una delle parti dovesse essere costretta a rescindere il presente contratto, dovrà notificarlo all'altra parte in modo inconfutabile.

Se, per ragioni imputabili all'Università, il lavoro affidato non viene portato a termine, il laboratorio Unifarco, una volta informato di questa circostanza e delle sue cause, potrà risolvere il contratto, avendo diritto alla restituzione della somma pagata in acconto, e che non sia stata spesa o impegnata per lo sviluppo del contratto. Se il laboratorio Unifarco desidera utilizzare i risultati ottenuti, si realizzerà una valutazione del lavoro svolto e il laboratorio Unifarco, dietro pagamento di tale valutazione, riceverà dall'Università un rapporto che potrà utilizzare alle condizioni stabilite nel presente contratto.

Allo stesso modo, se il Laboratorio Unifarco non è in grado di rispettare gli obblighi stabiliti nel presente contratto, dovrà comunicare questa circostanza e le sue cause all'Università, e dovrà pagare all'Università l'importo del valore del lavoro realizzato, più le spese che l'Università ha fatto o ha impegnato fino a quel momento per lo sviluppo del lavoro.

UNDICESIMO.- Protezione dei dati

In relazione alla protezione dei dati personali, si applicano le disposizioni della Legge Organica 3/2018 del 5 dicembre sulla protezione dei dati personali e garanzia dei diritti digitali e il Regolamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 aprile 2016 sulla protezione delle persone fisiche in relazione al trattamento dei dati personali e sulla libera circolazione di tali dati e, se del caso, le normative specifiche applicabili a ciascuna parte.

Richiede, rispetto al trattamento dei dati personali, l'adozione di misure tecniche e organizzative adeguate al fine di garantire la conformità con i requisiti dei suddetti regolamenti.

Le parti del presente accordo si impegnano a mantenere la dovuta riservatezza sulle informazioni alle quali possono avere accesso nel corso delle attività oggetto del presente accordo.

Allo stesso modo, i terzi quanto interessati, possono esercitare in qualsiasi momento i loro diritti di accesso, rettifica, soppressione, opposizione, limitazione del trattamento,



portabilità e il diritto a non essere soggetti a decisioni automatizzate. Per quanto riguarda l'Universidad Pablo de Olavide, questi diritti possono essere esercitati tramite il modulo di iscrizione disponibile al seguente indirizzo: <https://www.upo.es/proteccion-de-datos/index.html>. Per quanto riguarda l'altra parte, questi diritti possono essere esercitati inviando una mail all'indirizzo privacy@unifarco.it. Se del caso, l'interessato può anche presentare un reclamo all'autorità di controllo competente (www.garanteprivacy.it)

Tali dati saranno trattati per tutto il tempo in cui il presente accordo di collaborazione tra le parti rimarrà in vigore e, in seguito, saranno conservati per il tempo necessario a realizzare lo scopo per il quale sono stati raccolti e per determinare eventuali responsabilità che possono derivare da questo scopo.

DODICESIMA - Natura e giurisdizione

Questo contratto è di natura privata ed è regolato dalla legge spagnola.

Le parti si impegnano a risolvere amichevolmente qualsiasi disaccordo che possa sorgere nello sviluppo del presente contratto.

In caso di conflitto, le parti firmatarie sottoporranno qualsiasi divergenza che possa sorgere in relazione all'interpretazione o all'adempimento del presente contratto alla giurisdizione competente dei Tribunali di Siviglia, rinunciando alla propria giurisdizione.

L'Università è esente da qualsiasi obbligo economico-giuridico che possa derivare dall'inadempimento del presente contratto, essendo il professore che esegue il lavoro, colui che si assume tale responsabilità.

BERRAL DE LA
ROSA
FRANCISCO
JOSE -
30441958D

Firmado digitalmente
por BERRAL DE LA
ROSA FRANCISCO
JOSE - 30441958D
Fecha: 2021.08.24
10:51:04 +02'00'



ALLEGATO I: Relazione scientifica e tecnica

Background

Unifarco® è un laboratorio di prodotti sanitari e integratori alimentari esperto in salute naturale.

Unifarco® mira a contribuire al miglioramento della salute e della qualità della vita offrendo una vasta gamma di prodotti innovativi che aiutano a soddisfare le esigenze, prevenendo e alleviando i disagi quotidiani dei consumatori.

Il suo obiettivo a livello professionale è quello di consolidare Unifarco® come marchio di riferimento nei prodotti di salute e negli integratori alimentari, offrendo a professionisti e consumatori le soluzioni più efficaci, naturali, innovative, trasparenti, rispettose del corpo e dell'ambiente.

Il Dr. Francisco José Berral de la Rosa è professore universitario nell'area della Cineantropometria e medico specialista in medicina dello sport presso l'Università Federale di Rio Grande do Sul (Brasile).

D. Antonio Molina López è un farmacista e nutrizionista, responsabile dell'area nutrizionale dell'Udinese Calcio, squadra di calcio della Serie A italiana.

Per questo motivo, il laboratorio Unifarco intende stabilire un accordo di consulenza con l'Università Pablo de Olavide, coordinata dal Dr. Francisco José Berral de la Rosa e supportata dal gruppo di ricerca CTS-595 e dal Sig. Antonio Molina López come responsabile dell'area nutrizionale dell'Udinese Calcio, dove verranno sviluppati gli studi e le ricerche.

Obiettivi e scopo della consulenza

Elaborazione, miglioramento e sviluppo di strategie e integratori finalizzati al miglioramento della salute e delle prestazioni sportive.

Studieremo la qualità dei muscoli, la densità minerale, la salute cellulare e la massa muscolare scheletrica. Metodologia e piano di lavoro:

Il Dr. Berral creerà gruppi di lavoro con professionisti selezionati per la loro formazione nella materia in questione, finalizzati a:

- La ricerca
- Ricerca di bibliografia
- Sviluppo di pubblicazioni

Questi specialisti emetteranno rapporti mensili al Dr. Berral sui contenuti e le azioni sviluppate.

Saranno studiati tre gruppi di individui di età compresa tra i 16 e i 50 anni.

Gruppo A. Composto da non atleti sottoposti a una strategia nutrizionale definita volta a migliorare i parametri misurati nello studio.

Gruppo B. Composto da non-atleti non sottoposti a una strategia nutrizionale definita volta a migliorare i parametri misurati nello studio. A loro verrà somministrato un placebo.



Gruppo C. Composto da atleti d'élite che hanno incorporato la stessa strategia nutrizionale del gruppo A.

I tre gruppi saranno sottoposti a uno studio iniziale e finale della composizione corporea utilizzando tecniche di Bioimpedenza e DEXA.

Il dottor Berral fungerà da interlocutore per la consegna di tutti i materiali sviluppati con il rappresentante nominato dall'azienda, in questo caso il signor Antonio Molina López. Per il coordinamento e lo sviluppo dei contenuti, il progetto avrà membri del gruppo di ricerca dell'Università e ricercatori di UNIFARCO.

- Cronogramma:

Le date previste per realizzare le azioni sopra descritte durante l'anno 2021-2022, saranno stabilite in base al calendario delle attività della società calcistica Udinese Calcio.

Lo studio includerà un'analisi iniziale, una fase di intervento e un'analisi finale.

Successivamente a questo studio, diversi interventi nutrizionali saranno stabiliti sul gruppo C durante le diverse fasi della stagione, al fine di stabilire relazioni tra gli effetti di questi integratori sulle misure di composizione corporea.

- Personale partecipante dell'Università Pablo de Olavide

- Dr. Francisco José Berral de la Rosa.
- Dr. Daniel Rojano Ortega, professore associato del Dipartimento di Sport e Informatica
- Collaboratore esterno del personale partecipante per conto dell'Udinese Calcio:
 - Dr. Antonio Molina López, membro del gruppo di ricerca CTS-595 e membro dello staff del Dipartimento di Nutrizione di Udinese Calcio
 - Dr. Pedro Estevan Navarro, membro dello staff del dipartimento di nutrizione dell'Udinese Calcio.
- Collaboratori esterni partecipanti:
 - Membri del gruppo di ricerca CTS-595
 - Dr. Antonio Jesús Berral Aguilar
 - Dr. Heliodoro Moya Amaya
 - Membri del laboratorio Unifarco
 - Dr. Alessandro Portolan
 - D. Letizia Biasiato
 - Dr. Paolo Baratto

- Materiale necessario per lo sviluppo dei programmi.

Udinese Calcio mette a disposizione del progetto le sue strutture per la raccolta di dati validi per la ricerca.

Unifarco mette a disposizione i suoi laboratori per lo sviluppo di nuovi integratori utilizzati negli studi, così come integratori utilizzati nella ricerca con un valore massimo di euro 15.000,00 (quindicimila/00), già sviluppati dal laboratorio e presenti nel suo vademecum, e che verranno forniti ad Udinese alle condizioni stabilite nel contratto di fornitura stipulato tra Unifarco ed Udinese.



ALLEGATO II
Prova di consegna del lavoro a Laboratorio Unifarco

BOLLA DI CONSEGNA DEL RAPPORTO

RIFERIMENTO	
<i>Insegnante responsabile</i>	Prof. D. Francisco José Berral de la Rosa
<i>Dipartimento</i>	Deporte e Informatica
<i>Data di consegna</i>	
<i>Titolo del contratto / accordo</i>	Consulenza tecnica in ambito medico, farmaceutico e nutrizionale nel campo della nutrizione.

DETTAGLI DELL'AZIENDA/ENTITÀ

<i>Nome/Società:</i> Laboratorio Unifarco SpA con P IVA 00595530254
<i>Via:</i> Via Cal Longa, 62 C.P: 32035
<i>Località:</i> S.Giustina (BL) ITALY
<i>Rappresentato da:</i> Gianni Baratto, Vice President, Scientific Area, Co-founder
<i>Telefono:</i> +39 0437 806192 +39 0437 806223

CONCETTO

Consegna del rapporto corrispondente alla consulenza tecnica in ambito medico, farmaceutico e nutrizionale con l'obiettivo di migliorare strategie, protocolli o integratori nel campo della nutrizione sportiva nel calcio.

Siviglia- _____, a de de 2022

Ricevuto (Firma e timbro)

Fdo.: D.

Secondo l'articolo 19 del Regolamento per l'affidamento di lavori scientifici, tecnici o artistici, approvato dal Consiglio Direttivo dell'UPO il 23/11/2004, il docente incaricato invierà all'OTRI una copia della relazione finale presentata all'ente appaltante. Se il rapporto finale non è incluso nel contratto, l'unica comunicazione da inviare sarà il completamento del lavoro.



ALLEGATO III: Rapporto finanziario

I 10.000 euro destinati al progetto saranno distribuiti nei seguenti concetti:

1. Costi universitari.
2. 3/4 del resto, tolti i costi dell'Università, destinati al pagamento dei nutrizionisti Sig. Antonio Molina López, Sig. Pedro Estevan, Sig. Heliodoro Moya Amaya, per facilitare lo sviluppo del lavoro durante tutta la durata del contratto.
3. 1/4 per spese di viaggio e altre spese. Spese di esecuzione derivate dal lavoro svolto e diarie.

Tutte le spese saranno autorizzate dal Dr. Francisco José Berral de la Rosa dopo aver verificato la loro relazione con la ricerca.

E in prova di conformità con quanto sopra, firmano il presente documento in duplice copia e con un unico effetto,

Por la Universidad Pablo de Olavide

Por UNIFARCO SpA

BERRAL DE LA ROSA
FRANCISCO JOSE -
30441958D
Fecha: 2021.08.24
10:50:22 +02'00'

Firmato digitalmente da: BARATTO GIOVANNI
Data: 30/08/2021 11:39:50

D. Francisco José Berral de la Rosa

D. Gianni Baratto



D^a. ANTONIA JIMÉNEZ RODRÍGUEZ, VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN, TRANSFERENCIA Y DOCTORADO DE LA UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE, DE SEVILLA

CERTIFICA:

Que D. Francisco J. Berral de la Rosa, con DNI 30441958-D, Profesor del Departamento de Deporte e Informática, participa como Responsable científico en la ejecución del siguiente Contrato, suscrito al amparo del art. 83 LOU:

- Título: Asesoramiento técnico en el área médica, farmacéutica y nutricional.
Entidad: UNIFARCO S.P.A.
Fecha de inicio: 11 junio de 2021
Duración: 30 de junio de 2022
Importe: 10.000 €
Referencia Universitas XXI: 2021/00142/001

Y para que conste a los efectos oportunos, firmo el presente certificado en Sevilla.

**LA VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN,
TRANSFERENCIA Y DOCTORADO
(P.D. Res. Rect. de 3/12/2020 BOJA 237/2020 de
10/12/2020)**

Carretera de Utrera, Km.1 41013-SEVILLA, ESPAÑA. Tfno.s. (34) 954349090 (69090), e_mail : otri@upo.es
<https://www.upo.es/otri>

Código Seguro de verificación:IRVCzx/MF8t1LVyS9VwkyA==. Permite la verificación de la integridad de una copia de este documento electrónico en la dirección: https://portafirmas.upo.es/verificarfirma Este documento incorpora firma electrónica reconocida de acuerdo a la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.			
FIRMADO POR	ANTONIA MERCEDES JIMENEZ RODRIGUEZ	FECHA	20/10/2021
ID. FIRMA	firma.upo.es	IRVCzx/MF8t1LVyS9VwkyA==	PÁGINA 1/1
 IRVCzx/MF8t1LVyS9VwkyA==			



Ass.Ital.S.C.E.
PARTNERSHIP

Insomma
ELLE EMME STUDIO
di Lucia Morucci

ITALIA: TERRA DOPI
INNOVATION IN SPORT

PRESENTANO

**ALIMENTAZIONE
E
SPORT**

SABATO 30 MARZO 2019 - ORE 10.30

Istituto Leopoldo II di Lorena
Cittadella dello Studente
GROSSETO

MODERATORE:
Dr. **NICOLA GOZZOLI** > Ufficio Stampa "Ass.Ital.S.C.E." > Presidente "Insieme per la Terra"

SALUTI ISTITUZIONALI:
Dott.ssa **NUNZIA SQUITTERI** > Dirigente Scolastica "Leopoldo II di Lorena" Grosseto
Avv.to **FABRIZIO ROSSI** > Assessore allo Sport Comune di Grosseto

RELATORI:
Dott.ssa **LUCIA MORUCCI** > Esperta in Nutrizione-Enogastronomia-Sport-Associazione
Dott.ssa **LAURA CUTINI** > Biologa - Consigliere E.N.P.A.B.
Dott.ssa **MARIELLA FALSINI** > Presidente Ass. PERLE Onlus
Dott.ssa **M.CARLA MARTINUZZI** > Medico e V.P. Ass. PERLE Onlus
Dr. **ANTONIO PACELLA** > Medico Specialista in Scienza dell'Alimentazione CONI - FIGC

VIDEO INTERVENTI:
Dott.ssa **ALESSANDRA MORO** > Giornalista
Dr. **MATTEO PINCELLA** > Nutrizionista Juventus F.C.
Dr. **ANDREA VALIGI** > Agronomo Biologo Nutrizionista
Dr. **ANTONIO MOLINA LOPEZ** > Farmacista e Nutrizionista Udinese Calcio CF

OSPITE D'ONORE:
ANDREA DEVICENZI > Atleta Paralimpico

Con il Patrocinio di:

Sponsor

Media Partner







Ass.Ital.S.C.E.
PARTNERSHIP



Insieme per la Terra



Italia:Terra DOP

PRESENTANO



ALIMENTAZIONE E SPORT

SABATO 2 FEBBRAIO 2019 - ORE 11.00
ISTITUTO STATALE DI ISTRUZIONE SUPERIORE
TURISTICO - ECONOMICO - AZIENDALE E PER L'ENOGASTRONOMIA
BONALDO STRINGHER - UDINE

MODERATORE:

NICOLA GOZZOLI, UFFICIO STAMPA ASS.ITAL.S.C.E. E PRESIDENTE INSIEME PER LA TERRA

RELATORI:

LUCIANO LOATELLI, PREMIO ALLA CARRIERA MIGLIOR NUTRIZIONISTA 2018
ANTONIO MOLINA LOPEZ, FARMACISTA E NUTRIZIONISTA UDINESE CALCIO CF
CARMINE MONACO, PREPARATORE NAZIONALE FIGEST TIRO ALLA FUNE

OSPITE:

ANDREA DEVICENZI, ATLETA PARALIMPICO



La Comisión de Docencia de la Asociación Médica para la Educación Física y el Deporte de Andalucía (AMEFDA) y la Sociedad NUTRIFARMA (Nutrición & Salud)

CERTIFICAN

Que **D. Antonio Molina López** ha participado como ponente en el Congreso Centros Nutrifarma y III Jornadas de Nutrición, Deporte y Salud, celebradas durante los días 12, 13, 14 y 15 de Junio de 2019 en el Auditorio de Añora (Córdoba), impartiendo las ponencias:

1. **Marcadores de fatiga o daño muscular en el deporte. Aplicación en el fútbol.**
2. **Estrategia de suplementación en un partido de fútbol oficial.**

F Rivas

Fernando Rivas Alameda
Secretario Comité Científico



ACC

Alicia Coleto Calero
Presidente del Congreso



CARTA DE PRESENTACION DEL VICERRECTOR DE PROFESORADO DE LA UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE DE SEVILLA AVALANDO AL ESTUDIANTE D. ANTONIO MOLINA LOPEZ PARA REALIZAR UNA ACTIVIDAD COMO FORMADOR E INVESTIGADOR EN LA UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA DE LA UNEVE (UNIVERSIDAD ESTATAL DEL VALLE DE ECAPETEC, MÉXICO)

D. Francisco Manuel Martín Bermudo, Vicerrector de Profesorado de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, con DNI nº 28.857.103S, como Vicerrector de la Universidad de origen del estudiante D. Antonio Molina López con DNI 44369642C.

AVALO la solicitud de beca de movilidad para el alumno de doctorado D. Antonio Molina López con el fin de ayudarlo a sufragar los gastos derivados de una acción como formador y de tareas de investigación, que realizara durante el periodo del miércoles 10 de Junio al domingo 21 de Junio de 2020 en la Universidad Estatal del Valle de Ecatepec, México, en materia de Nutrición Deportiva.

D. Antonio Molina López es alumno del Programa de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte en el marco de la Línea de investigación: Actividad Física, Salud y Calidad de Vida.

En Sevilla, España, a ocho de Enero de dosmil veinte



PABLO^D
OLAVIDE



Francisco José Berral de la Rosa
Departamento de Deporte e Informática

D. Francisco José Berral de la Rosa, Catedrático de Biomecánica del Aparato Locomotor, Kinesiología y Cineantropometría en la Universidad Pablo de Olavide, perteneciente al Departamento de Deporte e Informática y profesor responsable de la asignatura Cineantropometría y Nutrición.

ACREDITA:

Que D. Antonio Blas Molina López con DNI 44369642-C, ha impartido 4 horas de docencia en la asignatura Cineantropometría y Nutrición del Grado en Nutrición Humana y Dietética de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla.

Contenidos:

Funciones del Departamento de Nutrición y Bioquímica en un equipo de fútbol profesional.

Sevilla, 23 de Noviembre de 2022

vBge

RUIZ
SANCHEZ
ROBERTO -
28895584V

Firmado digitalmente
por RUIZ SANCHEZ
ROBERTO -
28895584V
Fecha: 2022.11.24
11:11:08 +01'00'



Fdo. Roberto Ruiz Sánchez
Director del Departamento de Deporte e Informática

BERRAL DE LA
ROSA
FRANCISCO
JOSE -
30441958D

Firmado
digitalmente por
BERRAL DE LA ROSA
FRANCISCO JOSE -
30441958D
Fecha: 2022.11.23
11:50:19 +01'00'

Fdo. Francisco José Berral de la Rosa



27, 28, 29th October 2022
PADOVA

ATTENDANCE CERTIFICATE
given to

Antonio Molina

**Quickness in the answer: assessing tetrapolar hand to hand
bioimpedance reliability for fast body composition analysis**

The Event Manager
Doctor **Giulia Gioda**



29th October 2022
PADOVA



exerciseismedicine.it

Si fa presto a dire “RESPIRA”!

Un tema comune, due approcci differenti: quello del quotidiano vivere, delle persone comuni, affrontato da un nostro Farmacista di fiducia. Dall'altro uno sguardo da professionista dello sport grazie alla collaborazione con il Team medico dell'Udinese Calcio.



UDINESE CALCIO

NELLA VITA

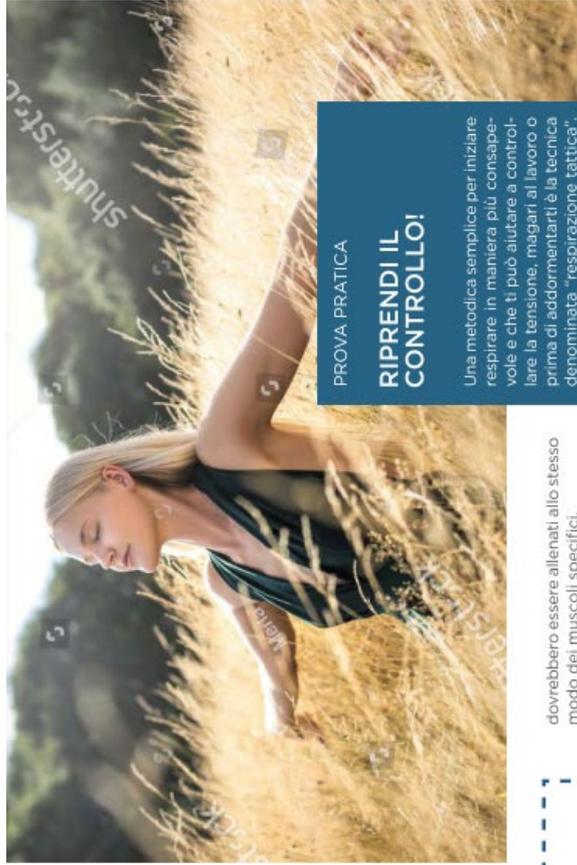
Dal momento in cui veniamo al mondo, la prima cosa che facciamo è la più semplice di tutte: **emettiamo il nostro primo respiro**. Un gesto spontaneo eppure fondamentale per la nostra sopravvivenza, sul quale a volte perdiamo inconsapevolmente il controllo.

Gestire la respirazione può essere un metodo efficace per **affrontare stress e ansia**. In caso di ansia infatti spesso la persona è soggetta a iperventilazione e quando viene introdotto troppo ossigeno la concentrazione di anidride carbonica nel sangue diminuisce, portando ad una vasocostrizione. Il cervello è così meno irrorato e aumenta la richiesta di ossigeno, cosa che non fa altro che accelerare ulteriormente il ritmo del respiro. **Gli esercizi di respirazione che si possono eseguire per ottenere il rilassamento sono diversi e possono essere applicati anche per contrastare l'insonnia**. Per quanto sia dimostrato che le tecniche di ri-

lassamento siano utili per contrastare l'ansia e favorire l'addormentamento, è bene precisare che la loro efficacia può essere diversa da individuo a individuo e che ad esse si possono affiancare dei **rimedi naturali** che forniscono un valido aiuto e supporto. Chiedi un consiglio al tuo farmacista.

NELLO SPORT

Negli sport di resistenza, come il ciclismo, la corsa, lo sci di fondo, ecc., la sensazione di “dispnea” coincide con la fatica e quasi sempre si verifica prima dell'affaticamento muscolare. Negli sport che si fermano, come il calcio, momenti di resistenza si alternano a momenti di affanno. La combinazione di queste due situazioni contribuisce a un **maggiore senso di fatica, alla perdita di performance muscolare dovuta alla ridotta ossigenazione periferica e a un recupero post partita più difficile**. I **muscoli respiratori sono un fattore chiave nella performance** e recenti studi scientifici rafforzano l'evidenza che



PROVA PRATICA

RIPRENDI IL CONTROLLO!

Una metodica semplice per iniziare a respirare in maniera più consapevole e che ti può aiutare a controllare la tensione, magari al lavoro o prima di addormentarti è la tecnica denominata “respirazione tattica”. È molto utilizzata, semplice ed alla portata di tutti, che ti rende più consapevole.

Ecco come fare:

1. Mettiti in una posizione comoda e confortevole preferibilmente seduto.
2. Inizia ad inspirare, conta mentalmente fino a 4 (circa 4 secondi di inspirazione).
3. Trattieni il respiro contando sempre fino a 4.
4. Espira, contando sempre fino a 4.
5. Trattieni il respiro contando fino a 4.
6. Ripeti questo ciclo di respirazione per 4 volte.

Un supporto in più? Prova la Roshola, ti aiuterà a mantenere il giusto tono dell'umore e assieme alla respirazione tattica i benefici saranno ancora maggiori!

dovrebbero essere allenati allo stesso modo dei muscoli specifici.

Allenare i muscoli respiratori non aiuta solo l'atleta sano, ma anche quello asmatico o che soffre di costrizione bronchiale (EIB), e in quest'ultimo caso anche l'alimentazione può giocare un ruolo altrettanto importante.

Ci sono ora ampie prove scientifiche che dimostrano che **l'Omega-3 può essere un supporto importante per problemi respiratori con una base infiammatoria sottostante** (per esempio bronchite, polmonite, COPD, asma allergica, ecc.). Nello specifico si sono rivelati interessanti l'acido docosasaenico (DHA) e l'acido eicosapentaenico (EPA). L'EPA in particolare è un nutriente molto potente per i problemi infiammatori articolari (ad es. artrite), ossei (ad es. osteoporosi) e muscolari (ad es. distorsioni, stramenti, ecc.). I suoi effetti si vedono 7-14 giorni dopo l'assunzione. Il suo uso è compatibile con quello di AINES, corticoidi, ecc. e spesso è possibile ridurre la dose di questi ultimi o addirittura farne a meno.



RESOLUCION RECTORAL POR LA QUE SE PROCEDE A NOMBRAR COLABORADOR HONORARIO A D. ANTONIO BLAS MOLINA LÓPEZ.

En virtud de las competencias atribuidas por los artículos 2.2 y 20.1 de la Ley 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades y por el art. 32 de los Estatutos de la Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla.

De conformidad con lo establecido en el artículo 94 de los Estatutos de la Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla, y con en el art. 2 del Reglamento de Colaboradores Honorarios aprobado por acuerdo de el Consejo de Gobierno de esta Universidad de fecha 24 de julio de 2004, y a propuesta del Departamento de Deporte e Informática.

Este Vicerrectorado, conforme al acuerdo del Consejo de Gobierno de fecha 14 de julio de 2022, en el ejercicio de las competencias delegadas por Resolución Rectoral de 6 de octubre de 2022 de la Universidad Pablo de Olavide, por la que se delimita el ámbito funcional y se delega el ejercicio de competencias de Vicerrectorados y Órganos Delegados, HA RESUELTO nombrar Colaborador Honorario a D. ANTONIO BLAS MOLINA LÓPEZ en el área de Educación Física y Deportiva.

El presente nombramiento será para el Curso Académico 2022/2023, con efectos del 19 de septiembre de 2022, no supondrá relación laboral ni administrativa con la Universidad. Asimismo los Colaboradores Honorarios no adquirirán la condición de miembros del Consejo de Departamento, ni podrán participar en la elección de los Órganos de Gobierno de la Universidad y no percibirán retribución alguna a cargo de los presupuestos de esta Universidad.

LA VICERRECTORA DE PROFESORADO
(P.D.C.: R.R. 06-10-22)
Fdo.: María de la Menta Ballesteros Martín



Football Science Institute

This certifies that

ANTONIO MOLINA LOPEZ

has met the requirements for and was awarded a recognition
of Football Science Institute in

**FSI CERTIFICATE OF SPECIALIST
IN FOOTBALL NUTRITION**

Jesús Olmo

Jesús Olmo
FSI CO-FOUNDER

Bernardo Requena

Bernardo Requena
FSI CO-FOUNDER

March 23, 2021
Granada, Spain

FSI VALIDATION CODE - 2ddeff7a602cce3f8dc8f5b4e0959f84c



BARÇA
INNOVATION HUB

SPORTS TOMORROW

Barça Innovation Hub, the knowledge and innovation platform of FC Barcelona, certifies

Antonio Molina Lopez

has attended

NUTRITION IN SPORTS TOMORROW

November 9-20, 2020



Javier Sobrino
Chief Strategy & Innovation Officer



Antonio Molina López

Ha superado con éxito la actividad:

Servicio de Sistemas Personalizados de Dosificación 2022 (2ª edición)



Consejo Andaluz de Colegios Oficiales de Farmacéuticos



Actividad Acreditada por la Secretaría General de Investigación, Desarrollo e Innovación en Salud de la Consejería de Salud y Familias de la Junta de Andalucía con 2.06 créditos de formación continuada. N° de expediente: 1581/2022

"Los créditos de esta actividad formativa no son aplicables a los profesionales, que participen en la misma, y que estén formándose como especialistas en Ciencias de la Salud"

Fecha inicio 28.03.2022 Fecha fin
01.05.2022

Sevilla, 1 de Mayo de 2022

EL PRESIDENTE,



Antonio Mingorance Gutiérrez

CROWN[®] SPORT NUTRITION

UNIVERSITY of GREENWICH

I Simposio Internacional de Suplementos Nutricionales para el Deporte y la Salud

Antonio Molina Lopez

ha asistido al I Simposio Internacional de Suplementos Nutricionales para el Deporte y la Salud, Primera Edición - 2021, organizado por Crown Sport Nutrition, de 6 horas cátedra de duración. Por ello es que se expide el presente certificado a los 04 días del mes de Octubre de 2021.

Pol Grieco Villegas
Pol Grieco Villegas - CEO & Founder

UNIVERSITY of GREENWICH | **ISSN** | **FIUSCA** | **ASEP** | **CEP** | **FISSAC+** | **UNIC** | **NUTRITIONAL COACHING** | **nutrium**

ANEXO 10: Certificados de calidad



www.eurocert.gr

CERTIFICATE

CERTIFICADO

EUROCERT certifies that the company:
EUROCERT Certifica que la empresa:

FARMACIA ANTONIO MOLINA LÓPEZ
Plaza Cronista Sepúlveda, 11, Pozoblanco., 14400, Córdoba, / SPAIN

Implements management system that conforms to the requirements of the standard
Ha implantado un Sistema de Gestión que es conforme con los requisitos de la Norma.

EN ISO 9001:2008

for the following scope:
Para el siguiente alcance:

CUSTOMIZED DOSING SYSTEM (SPD) NUTRITION SERVICE AND SELLING SPECIAL FOOD PRODUCTS.

SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PERSONALIZADA (SPD), SERVICIO DE NUTRICIÓN Y VENTA DE PRODUCTOS DE ALIMENTACIÓN ESPECIAL.

Certificate Number / Certificado Número: **141ESQS.02**
Issue Date / Fecha de Emisión: **07/12/2016**
This Certificate is valid till / Este Certificado es válido hasta: **15/09/2018**

For the Certification Body,
Por la Entidad de Certificación,

GEORGE N. SIFONIOS
Director of Development



The validity of this certificate is subject to annual surveillances.
La validez de este Certificado está sujeta a los seguimientos anuales.
Please check the validity of the certificate from our website using the password **t6bv2H0k**
Por favor verifique la validez del certificado de nuestro sitio web utilizando la contraseña **t6bv2H0k**
Lack of fulfillment of the conditions set out in the contract No. QMS.1069 may render this certificate invalid.
La falta de cumplimiento de las condiciones establecidas en el contrato No. QMS.1069 puede hacer que este certificado no válido.



MS Certification
Cert. No.: 3-3



Certificate Number
00.12.2162

Date of the Validity of the
current Certificate from
29/04/2022

The Certificate is valid until
28/04/2025

CERTIFICATE

EUROCERT certifies that the company
**ANTONIO BLAS MOLINA LÓPEZ (FARMACIA
MOLINA)**

Plaza Cronista Sepúlveda, 11. CP 14400 Pozoblanco Córdoba

implements a Quality Management System
according to the Standard:

EN ISO 9001:2015

for the following Scope of Certification:

CUSTOMIZED DOSING SYSTEM (SPD). Dispensing of medicines to individuals and social health centers.

On behalf of EUROCERT



**GEORGIOS
SIFONIOS**

Sifonios George
International Markets Director of Eurocert SA - Greece

Lack of fulfillment of the conditions set out in the contract No.06.001432.21, makes this Certificate invalid.
The validity of this Certificate is subject to annual surveillance.
Check the validity of the Certificate with the QR code at right.



EUROCERT S.A. 89 Chlois & Lykovriseos str., 144 52, Metamorphosi - Greece
T +30 210 62.52.495, +30 210 62.53.927, F +30 210 62.03.018, M eurocert@otenet.gr

#03.149623/07-20



