



UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

TESIS DOCTORAL:

***EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA PARA LA MEJORA DEL
RENDIMIENTO FÍSICO-DEPORTIVO Y LA PREVENCIÓN
DE LESIONES EN EL FÚTBOL***

DIRECTORES DE LA TESIS:

Dr. D. LUIS JESÚS SUÁREZ MORENO-ARRONES

Dr. D. EDUARDO SÁEZ DE VILLARREAL SÁEZ

DOCTORANDO:

D. JAVIER RAYA GONZÁLEZ

2017

UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

TESIS DOCTORAL

*EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA PARA LA MEJORA DEL
RENDIMIENTO FÍSICO-DEPORTIVO Y LA PREVENCIÓN
DE LESIONES EN EL FÚTBOL*

Tesis Doctoral presentada por: **Javier Raya González**

Dirigida por: **Dr. D. Luis Jesús Suárez Moreno-Arrones**
Dr. D. Eduardo Sáez de Villarreal Sáez

Los Directores

El Doctorando

EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA PARA LA MEJORA DEL
RENDIMIENTO FÍSICO-DEPORTIVO Y LA PREVENCIÓN DE LESIONES EN EL
FÚTBOL

Javier Raya González

Departamento de Deporte e Informática

Universidad Pablo de Olavide

Sevilla, España



Sevilla, 2017

Beatriz, Martina, este trabajo lo hice por vosotras
Pápa, Mamá, este trabajo lo hice gracias a vosotros

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta Tesis Doctoral supone para mí la alegría de conseguir un sueño que parecía inalcanzable, por lo que quiero mostrar mi agradecimiento y compartir mi satisfacción con todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, han influido positivamente en mí para que este proyecto vea la luz.

En primer lugar a mi mujer, *Beatriz*. Perdón por todo el tiempo robado para poder realizar este trabajo y por tantos años de espera. Muchas gracias por tu apoyo en los malos momentos y por acompañarme en los buenos, y porque después de una vida juntos sigues haciendo que me sienta afortunado de tenerte a mi lado. Te quiero.

A mi pequeña *Martina*, porque incluso desde antes de nacer ya me dabas fuerzas para acabar este proyecto. Espero que algún día puedas leer este trabajo y te sientas orgullosa de tu padre. Te quiero.

Muchísimas gracias a mis padres, *Rafael* y *María Soledad*, por creer en mí en todo momento, por enseñarme el valor de las cosas y por demostrarme que en esta vida, con esfuerzo, todo es posible.

A mis hermanos, *Rafael* y *Jose*. Por haberme hecho sentir especial durante toda la vida. Y porque a pesar de ser los pequeños, habéis actuado como hermanos mayores conmigo en muchos momentos de la vida.

A mi familia política, suegros y cuñados/as, por hacerme sentir como uno más y cuidar de *Bea* durante los años en que estuvimos separados. Gracias también por los sobrinos tan maravillosos que nos habéis regalado.

A mis directores de Tesis. *Eduardo*, porque algo que llegó casi por casualidad ha dado lugar a una relación excepcional. Gracias por tu apoyo y ánimo en los momentos más difíciles, por contagiarme tu optimismo, por guiarme en este camino tan apasionante y por sentir mis éxitos como si fueran tuyos. *Luis*, por despertar en mí la pasión por la investigación y motivarme a ser cada día mejor. Gracias por tus correcciones y consejos en una época de mucho trabajo y poco tiempo para ti.

Gracias a *Jose M^a, Jesús y Andrés*. Dicen que los amigos que se hacen en la carrera son para toda la vida, y con vosotros está claro que esto es así.

A todos los preparadores físicos con los que he coincidido en estos años, porque para mí, el intercambio de opiniones y conocimientos es fundamental para seguir creciendo. Aquí me gustaría acordarme de *Rafa, Joaquín y Eu*, ya que a día de hoy no sois solo compañeros, sino también amigos.

Gracias a todos los entrenadores con los que he tenido la suerte de trabajar, de todos he aprendido algo que me ha ayudado a ser mejor profesional. Especialmente agradecido a *David Sanz*, porque fuiste el primero en permitirme llevar a la práctica todo lo adquirido en mis años de formación. A *Carlos Losada*, porque es fácil confiar en alguien en los buenos momentos, pero es más difícil hacerlo cuando las cosas no van del todo bien. A *Jose Antonio Romero*, por darme la oportunidad de entrenar en 1^a División, nunca lo olvidaré. A *Pablo Villa*, porque me enseñaste que en un mundo como el fútbol donde predomina el interés personal y el negocio también hay sitio para la sinceridad, la lealtad y la honradez. Gracias.

Al *Córdoba C.F.*, por permitirme llevar a cabo, con las mayores facilidades posibles, todas las investigaciones que componen esta Tesis Doctoral. Gracias a todos los jugadores a los que he tenido la suerte de entrenar, especialmente a los que han participado en alguno de los estudios, ya que me sufrieron por partida doble.

Por último, me gustaría incluir en este apartado a todos los profesores y compañeros que me crearon y me siguen creando interés por el conocimiento y la investigación.

Muchas gracias.

“Si crees plenamente en ti mismo no habrá nada que esté fuera de tus posibilidades”

RESUMEN

Esta Tesis Doctoral versa sobre el fútbol, respecto a sus características y la aplicación de un entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica que incrementa en pocas semanas la potencia del tren inferior, y produce otras mejoras en variables relacionadas con el rendimiento en el fútbol. También se estudian los efectos de 2 programas de entrenamiento neuromuscular con diferente orientación, para conocer la mejora de cada uno de ellos sobre los futbolistas y si estas mejoras son específicas a cada tipo de entrenamiento. Además, se realiza un estudio descriptivo sobre las lesiones que se producen a lo largo de una temporada en la cantera de un equipo de fútbol profesional, y se analiza el efecto de un programa de fuerza sobre la prevención de lesiones en fútbol. Los resultados obtenidos en los diferentes estudios demuestran que el fútbol es un deporte lesivo que varía según la categoría en el mismo club, que se producen más lesiones en partido que en entrenamiento, que un programa preventivo de fuerza es efectivo en la reducción del número de lesiones musculares en una temporada, que el entrenamiento con un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica mejora el salto vertical, el % de pérdida en el cambio de dirección y la potencia de piernas, y que las diferentes mejoras en el rendimiento en el fútbol depende del tipo de entrenamiento neuromuscular utilizado.

ABSTRACT

This PhD Thesis is on soccer, about its characteristics and the application of a strength training with eccentric-overload which improves leg power, and different training variables that can determine the performance in soccer players in a few weeks. It also examines the effects of two different orientation neuromuscular training protocols, to know the improvements of every one and their specificity. Moreover, it shows a descriptive analysis of the injuries in the academy of a professional soccer team during a complete season, and it studies the effect of a strength program on injury prevention in soccer. The results show that soccer is a injurious sport, and there are more injuries in match time than in training time; a strength prevention program reduces muscle injury rate in a season; an eccentric-overload training program using a flywheel device improves vertical jump, percent decrement of change-of-direction and leg power; and different improvements in soccer players depending on neuromuscular training program used.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

COD: cambio de dirección

m/min: metros por minuto

km/h: kilómetros por hora

AI: alta intensidad

SP: sprint

SAIR: secuencias de alta intensidad repetidas

SSR: secuencia de sprint repetido

m/s²: metros por segundo al cuadrado

FC: frecuencia cardiaca

FC_{med}: frecuencia cardiaca media

ppm: pulsaciones por minuto

FC_{max}: frecuencia cardiaca máxima

VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno

mL/kg/min: mililitros por kilogramo por minuto

PC: fosfocreatina

LA: lactato

CEA: ciclo estiramiento-acortamiento

ms: milisegundos

SJ: squat jump

CMJ: salto con contramovimiento

ABK: test de Abalakov

HS: half squat

BHS: back half squat

JS: jump squat

DJ: drop jump

VJ: vertical jump

RSA: capacidad de repetir sprint

EC: economía de carrera

MVIC: contracción isométrica voluntaria máxima

VMP: velocidad media propulsiva

HAR: hurdle agility jump

MB5: test 5 saltos

HJ: salto horizontal

JFS: jump from seat

MKD: distancia máxima golpeo balón

BAT: test de agilidad de Balsom

LCA: ligamento cruzado anterior

Ratio HQ: ratio isquiotibiales/cuádriceps

NH: Nordic Hamstring

GC: grupo control

GF: grupo fuerza

EMG: electromiografía

GV: grupo entrenamiento vertical

GH: grupo entrenamiento horizontal

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: Marco teórico.....	3
1.1. Marco teórico. Origen de la Problemática Objeto de Estudio.....	4
1.2. Estado actual de conocimientos sobre la Problemática Planteada	7
1.2.1. Demandas de la competición de Fútbol.....	7
1.2.1.1. Demandas físicas	7
1.2.1.2. Demandas fisiológicas.....	9
1.2.2. Fuerza en el fútbol	11
1.2.2.1. Métodos de entrenamiento de la fuerza en fútbol.....	11
1.2.2.2. Efectos de los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento en fútbol	15
1.2.3. Lesiones en el fútbol.....	32
1.2.3.1. Epidemiología lesional en fútbol.....	32
1.2.3.2. Factores de riesgo en fútbol.....	34
1.2.3.2.1. Factores Intrínsecos	34
1.2.3.2.2. Factores Extrínsecos.....	40
1.2.3.3. Prevención de lesiones desde el entrenamiento de fuerza.....	42
1.3. Bibliografía.....	50
CAPÍTULO 2: Problema e hipótesis	70
2.1. Formulación del problema.....	71
2.1.1. Problemas del estudio 1	71
2.1.2. Problemas del estudio 2.....	72
2.1.3. Problemas del estudio 3.....	72
2.1.3. Problemas del estudio 4.....	73
2.2. Objetivos generales.....	74
2.3. Objetivos específicos.....	74
2.3.1. Estudio 1	74
2.3.2. Estudio 2.....	75
2.3.3. Estudio 3.....	75
2.3.4. Estudio 4.....	75
2.4. Hipótesis	75
2.4.1. Estudio 1	75

2.4.2. Estudio 2	76
2.4.3. Estudio 3	76
2.4.4. Estudio 4	77
2.5. Estudios a desarrollar.....	78
2.6. Bibliografía.....	78
CAPÍTULO 3: Estudio 1. Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico de jugadores de fútbol de élite U-16 (<i>Short-term effects of an eccentric-overload training program on the physical performance on U-16 elite soccer players</i>).....	83
3.1. Resumen (<i>Abstract</i>)	84
3.2. Introducción.....	85
3.3. Metodología.....	87
3.3.1. Sujetos	87
3.3.2. Diseño del estudio y procedimientos.....	88
3.3.3. Tests y mediciones.....	89
3.4. Análisis estadístico	91
3.5. Resultados.....	91
3.6. Discusión	96
3.7. Bibliografía.....	99
CAPÍTULO 4: Estudio 2. 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 (<i>Short-term physical performance effects of two different neuromuscular oriented training programs on U-17 elite soccer players</i>)	104
4.1. Resumen (<i>Abstract</i>)	105
4.2. Introducción.....	106
4.3. Metodología	109
4.3.1. Sujetos	109
4.3.2. Diseño del estudio y procedimientos.....	109
4.3.3. Tests y mediciones.....	112
4.4. Análisis estadístico	114
4.5. Resultados.....	115
4.6. Discusión	117
4.7. Bibliografía.....	120

CAPÍTULO 5: Estudio 3. Incidencia lesional a lo largo de una temporada completa en la cantera de un equipo de fútbol profesional (<i>Injury incidence in the academy of a professional soccer team during a complete season</i>)	125
5.1. Resumen (<i>Abstract</i>)	126
5.2. Introducción.....	127
5.3. Metodología.....	129
5.3.1. Sujetos y diseño del estudio	129
5.3.2. Definiciones.....	129
5.3.3. Registro de lesiones	130
5.4. Análisis estadístico	130
5.5. Resultados.....	131
5.6. Discusión	136
5.7. Bibliografía.....	139
CAPÍTULO 6: Estudio 4. Efectos de un programa de prevención de lesiones sobre las lesiones musculares en un equipo de fútbol de élite U-19 (<i>Effects of an injury prevention program on muscle injuries on U-19 elite soccer team</i>)	142
6.1. Resumen (<i>Abstract</i>)	143
6.2. Introducción.....	144
6.3. Metodología.....	147
6.3.1. Sujetos	147
6.3.2. Diseño del estudio y procedimientos.....	147
6.3.3. Lesiones.....	148
6.3.4. Programa preventivo de fuerza.....	149
6.4. Análisis estadístico	151
6.5. Resultados.....	152
6.6. Discusión	155
6.7. Bibliografía.....	158
CAPÍTULO 7: Conclusiones generales	162
CAPÍTULO 8: Limitaciones de la tesis	168
CAPÍTULO 9: Aplicaciones prácticas	170
CAPÍTULO 10: Futuras líneas de investigación	173
ANEXOS	175
Anexo I: Consentimiento informado de los sujetos experimentales	176
Anexo II: Ficha de datos personales y lesiones previas	177

Anexo III: Hoja de registro de lesiones Estudio 3.....	178
Anexo IV: Entrenamiento preventivo Estudio 4	179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Entrenamiento de fuerza con ejercicios tradicionales en futbolistas.....	18
Tabla 2. Entrenamiento de fuerza con ejercicios balísticos en futbolistas	21
Tabla 3. Entrenamiento de fuerza con ejercicios olímpicos en futbolistas	22
Tabla 4. Entrenamiento de fuerza con pliometría en futbolistas	24
Tabla 5. Entrenamiento de fuerza con contrastes en futbolistas.....	29
Tabla 6. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica en futbolistas.....	31
Tabla 7. Entrenamiento de fuerza con bandas elásticas en futbolistas	32
Tabla 8. Beneficios del trabajo excéntrico en la prevención de lesiones	43
Tabla 9. Programas de fuerza para la prevención de lesiones en fútbol.....	44
Tabla 10. “FIFA11” para la prevención de lesiones en fútbol	45
Tabla 11. “PEP Program” para la prevención de lesiones en fútbol	46
Tabla 12. Programas combinados para la prevención de lesiones en fútbol	47
Tabla 13. Nordic Hamstring para la prevención de lesiones en fútbol.....	49
Tabla 14. Tecnología Inercial para la prevención de lesiones en fútbol	50
Tabla 15. Datos descriptivos de los participantes, Estudio 1	88
Tabla 16. Cambios en el rendimiento después del entrenamiento en el GC	93
Tabla 17. Cambios en el rendimiento después del entrenamiento en el GF.....	94
Tabla 18. Grupo sobrecarga excéntrica comparado con grupo control.....	95
Tabla 19. Datos descriptivos de los participantes, Estudio 2	109
Tabla 20. Programa de entrenamiento neuromuscular vertical	111
Tabla 21. Programa de entrenamiento neuromuscular horizontal.....	112
Tabla 22. Cambios después del entrenamiento en ambos grupos	116
Tabla 23. Datos descriptivos de los participantes, Estudio 3	129
Tabla 24. Número de lesiones e incidencia lesional.....	131
Tabla 25. Días de baja durante la temporada.....	133
Tabla 26. Severidad de las lesiones	133
Tabla 27. Localización y tipología	134
Tabla 28. Datos descriptivos de los participantes, Estudio 4	147
Tabla 29. Ejercicios de fuerza funcional	150
Tabla 30. Ejercicios de estabilidad de la zona del core	151
Tabla 31. Lesiones musculares en las diferentes fases del estudio	152
Tabla 32. Incidencia lesional en las diferentes fases del estudio.....	153
Tabla 33. Lesiones musculares, de isquiotibiales y recaídas.....	153

Tabla 34. Días de baja producidos por lesiones musculares	154
Tabla 35. Días de baja por 1000 horas de exposición	154
Tabla 36. Severidad de las lesiones musculares	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones del campo de juego en fútbol	5
Figura 2. Relación entre fuerza muscular y CK (<i>Owen et al., 2015</i>)	11
Figura 3. Lesiones de isquiotibiales en partidos de fútbol (<i>Woods et al., 2004</i>).....	37
Figura 4. Ejecución del ejercicio Nordic Hamstring (<i>Mjølnes et al., 2004</i>)	48
Figura 5. Ejecución del ejercicio Squat Lateral (<i>SmartCoach Europe AB</i>).....	89
Figura 6. Prueba de sprint con cambio de dirección.....	91/114
Figura 7. Patrón de carrera en los ejercicios de velocidad no lineal	111
Figura 8. Incidencia lesional en función de los puestos específicos	132
Figura 9. Número de lesiones por mes en entrenamientos y partidos	135
Figura 10. Distribución temporal de las lesiones a lo largo del partido	136
Figura 11. Programa anual de entrenamiento y competición	148
Figura 12. Ejercicios del programa preventivo de fuerza.....	149
Figura 13. Distribución temporal de las lesiones en ambas temporadas	154

INTRODUCCIÓN

El fútbol surgió en 1863, en Inglaterra, cuando se separaron los caminos del rugby y del fútbol, fundándose la asociación más antigua del mundo: "*Football Association*", el primer órgano gubernativo del deporte. Actualmente es el deporte rey en gran cantidad de países, dato que se demuestra con el número de practicantes a nivel mundial: 265 millones de personas, y con el ejemplo de la final del mundial de Sudáfrica de 2010, la cual fue seguida a través de la televisión por más de 700 millones de personas en todo el mundo. Existen 2 órganos fundamentales de gestión y organización del fútbol, FIFA a nivel mundial, el cual organiza la copa del mundo de selecciones, y UEFA a nivel europeo, encargado del desarrollo de las competiciones europeas a nivel de clubes y selecciones. Además, es importante destacar que el fútbol es un deporte olímpico desde *París 1900*, y que las selecciones deben pasar una complicada fase de clasificación para poder disputar los JJ.OO. Debido a esta gran incidencia del fútbol en la sociedad mundial, existen muchas investigaciones científicas sobre este deporte, aunque cada día van apareciendo nuevas líneas de investigación, relacionadas con la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones. El fútbol es una materia obligatoria dentro de las facultades del deporte en España, y el número de postgrados de especialización en diferentes parámetros de este deporte está en aumento en nuestro país.

Por tanto, el impacto cada vez mayor del fútbol en la sociedad nos obliga como especialistas en la materia a desarrollarlo y a tratar de aportar información que, desde la base del conocimiento científico, sirva a todos aquellos que la necesiten.

Llegado a este punto, todo deseo de conocimiento surge de la observación, la formación y la experiencia, tanto en el fútbol como con las nuevas tecnologías. Tras años de dedicación al fútbol como preparador físico y readaptador físico-deportivo, llegando a trabajar en el fútbol profesional, creo que es muy importante analizar el juego, sus demandas y su entrenamiento, así como la epidemiología lesional del fútbol, para tener un amplio conocimiento de este deporte, y así encontrar soluciones a los problemas actuales del mismo, ya sea con nuevos métodos de entrenamiento o con el uso de los métodos adecuados en función de los objetivos, y sobre todo, poder intervenir sobre las lesiones, las cuales tienen una gran incidencia tanto física y psicológica sobre el futbolista lesionado, así como una gran relevancia sobre el rendimiento del equipo, además del impacto económico que tiene en el club al que pertenece el deportista lesionado.

En esta Tesis Doctoral se exponen planteamientos concretos en los que se abordan algunos de los problemas propuestos para la mejora del rendimiento en el fútbol, centrándose en acciones específicas y aspectos determinantes para el juego como las acciones de alta intensidad, ya sean saltos, aceleraciones o sprints, la potencia muscular del tren inferior, y la prevención de lesiones.

Debido a que el campo de estudio de esta problemática es, amplio y a la vez escaso y poco investigado en algunos aspectos como el entrenamiento inercial con sobrecarga excéntrica, será abordado por medio del análisis de diferentes variables determinantes para el rendimiento: a) Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica en el rendimiento de jugadores de fútbol de élite U-16; b) Efectos en el rendimiento a corto plazo de dos programas de entrenamiento neuromuscular de diferente orientación aplicados en jugadores de fútbol de élite U-17; c) Incidencia lesional a lo largo de una temporada completa en la cantera de un equipo de fútbol profesional; d) Efectos de un programa de prevención de lesiones sobre las lesiones de no contacto en un equipo de fútbol de élite U-19.

CAPÍTULO 1: Marco Teórico.

1.1. Marco teórico. Origen de la problemática del objeto de estudio

El fútbol surgió en Reino Unido a finales del siglo XIX. Es uno de los deportes olímpicos pioneros, ya que está presente desde los Juegos Olímpicos de París de 1900 hasta la actualidad. Además, hay que resaltar la inclusión del fútbol femenino en las olimpiadas de Atlanta 1996, lo que permitió desarrollar y fomentar una mayor participación femenina a nivel nacional e internacional. A nivel de selecciones, el dominio mundial está repartido principalmente entre Europa y Sudamérica, aunque a nivel de clubes, la supremacía europea está presente en la actualidad, a pesar del intento del fútbol asiático por mejorar su nivel, especialmente en China.

Un partido de fútbol consta de 2 períodos de 45 minutos de juego, donde habrá 15 minutos de descanso entre el primer y el segundo período de juego. En caso de llegar al final del partido con el resultado de empate y el partido corresponde a liga regular, cada equipo obtendría un punto, y si es ronda eliminatoria, se jugaría una prórroga de 2 tiempos de 15 minutos cada uno; si se siguiera en empate al final de dicha prórroga se procederá al lanzamiento de la tanda de penaltis para determinar el ganador. De los 90 minutos que dura un partido de fútbol, el tiempo de juego real es próximo a 50 minutos, lo cual no alcanza el 55% de la duración total del partido (Castellano *et al.*, 2011).

El juego está caracterizado por su naturaleza intermitente (Di Salvo *et al.*, 2007) que comprende entre 1000-1400 cambios de actividad (Iaia *et al.*, 2009) cada 3-5 segundos, con gran variedad de acciones con y sin balón, durante un partido. Las acciones de alta intensidad se intercalan con otras de baja intensidad y con períodos más largos de recuperación. En cuanto a las demarcaciones especializadas de juego podemos clasificarlas en dos tipologías: los porteros y los jugadores de campo, los cuales a su vez se dividen en defensas (centrales y laterales), centrocampistas (de banda y de centro) y delanteros (delantero centro y segundo delantero). Durante un partido, solo se podrán hacer 3 cambios, incluyendo portero y jugadores de campo, y si un jugador es sustituido no podrá volver a entrar al terreno de juego. Si se agotan las 3 sustituciones y por cualquier motivo algún jugador debe abandonar el campo, su equipo jugará el resto del partido en inferioridad numérica. De los 18 jugadores integrantes para la celebración de un partido, habrá 2 porteros y 16 jugadores de campo. Cada equipo elige la mejor combinación para formar su convocatoria, siempre en base al modelo de juego

empleado por el entrenador e intentando tener en el banquillo al menos un jugador de cada posición, o jugadores que puedan desempeñar dobles funciones en el campo. Durante el transcurso del partido, será obligatorio que siempre haya en el campo, al menos, 7 jugadores con ficha del equipo que está jugando el partido, por lo que nunca habrá más de 4 jugadores de las categorías inferiores del club a la misma vez en el terreno de juego.

El terreno de juego donde se desarrolla el partido de fútbol deberá reunir las siguientes características (FIFA):

- La longitud del campo de fútbol deberá estar comprendida entre 90-120 m en partidos locales y entre 100-110 m en partidos internacionales.
- La anchura del terreno de juego deberá estar comprendida entre 45-90 m en partidos locales y entre 64-75 m en partidos internacionales.
- El círculo central debe tener un radio de 9,15 m.
- La línea frontal del área grande debe medir 16,5 m de longitud.
- La línea frontal del área del portero debe tener un ancho de 5,5 m y un largo de 7,32 m.
- El punto de penalti se encuentra a exactamente 11 m de la línea de gol.
- En partidos internacionales, debe haber como mínimo entre 1,5 m y 3 m entre las líneas que delimitan el terreno de juego y las gradas.

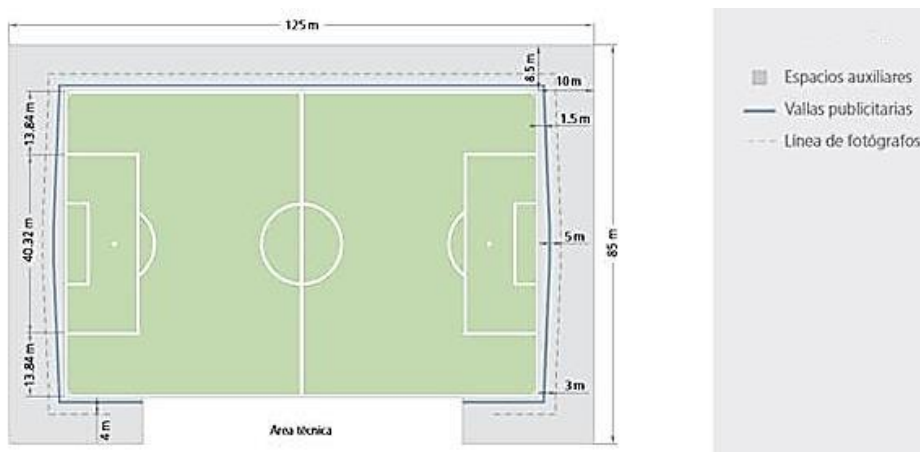


Figura 1. Dimensiones del campo de juego en fútbol.

En la actualidad existe un gran número de publicaciones científicas relacionadas con la mejora del rendimiento en el fútbol. Los primeros estudios se centraron en conocer las

demandas de los partidos de fútbol (Bansgbo *et al.*, 1994) tanto físicas como fisiológicas. Posteriormente, las líneas de investigación se fueron orientando hacia el entrenamiento físico para la mejora del rendimiento en futbolistas, por medio del incremento de los niveles de condición física (Hoff *et al.*, 2002; Hoffman *et al.*, 2004; Kotzamanidis *et al.*, 2005). También ha existido y existe la inquietud por conocer la epidemiología lesional en fútbol (Woods *et al.*, 2004) y como se podrían prevenir estas lesiones (Junge *et al.*, 2002).

En la actualidad, el entrenamiento en fútbol está dirigido hacia un enfoque integral, donde se trabaje de manera simultánea los aspectos técnicos, tácticos, condicionales y psicológicos, por medio de objetivos en tareas que propongan demandas en las cualidades físicas condicionales y motrices, sin obviar el dominio de la técnica básica de manejo de balón, fundamental para el disfrute del juego y perteneciente a la primera fase en la estructura de la enseñanza del juego (Garganta *et al.*, 1997). Las cualidades físicas básicas (velocidad, resistencia, flexibilidad y fuerza), en la actualidad siguen la tendencia a trabajarse de forma implícita en tareas y juegos. Si bien, se pueden y se deben buscar formas de entrenamiento más analíticas, sobre todo en etapas más avanzadas, cercanas al rendimiento, y en edades más tempranas, desde las primeras etapas de formación, aportando el estímulo adecuado para crear adaptaciones beneficiosas a los practicantes en cuestión, los futbolistas.

En los últimos años, el entrenamiento de la fuerza ha adquirido un papel imprescindible en la planificación del entrenamiento en fútbol, puesto que influye de forma positiva en la mejora de las demás cualidades y, por tanto, en un mayor rendimiento del futbolista. Existen estudios recientes (Brito *et al.*, 2014; De Hoyo *et al.*, 2015a; Jensen *et al.*, 2014; Meylan *et al.*, 2009; Owen *et al.*, 2015) en los que se demuestra que con un entrenamiento de fuerza adecuado, hay una mayor respuesta a las demandas fisiológicas que el fútbol requiere.

Por tanto, deducimos que la fuerza es beneficiosa y debe entrenarse siguiendo una adecuada progresión y en función de los objetivos deseados, tanto para la mejora del rendimiento de las variables determinantes en el fútbol, como sprint lineal y con cambio de dirección (COD), saltos, aceleraciones, etc., como para la prevención de lesiones, para así favorecer el desarrollo físico óptimo de los futbolistas.

1.2. Estado actual de conocimientos sobre la problemática planteada

1.2.1. Demandas de la competición de Fútbol

1.2.1.1. Demandas Físicas

El análisis de las demandas de la competición en el fútbol es una valiosa técnica de recogida de datos utilizada para la cuantificación del rendimiento físico en entrenamientos y partidos en jugadores de fútbol (Carling *et al.*, 2008). Además de permitir conocer las demandas de la competición ofrece información sobre las cualidades físicas determinantes del rendimiento en este deporte, para así poder aplicar estos datos en el entrenamiento diario (Bradley *et al.*, 2011). Todo esto es posible gracias a las nuevas tecnologías aplicadas al deporte. En el caso del fútbol destacan, por ejemplo, los sistemas computerizados multi-cámaras (AMISCO Pro[®] o Pro-zone[®]) o la tecnología GPS. De las múltiples investigaciones sobre las demandas de la competición en fútbol se extrae que un jugador de campo recorre una distancia total de entre 10-13 km por partido (Bangsbo *et al.*, 2006; Di Salvo *et al.*, 2007; Mohr *et al.*, 2003). En esta línea, Vigne *et al.*, (2010) observaron en jugadores de élite italianos una media de 121.82 ± 9.57 m/min durante un partido de competición, de los cuales el 38.9% (3477 ± 1433 m) permanecieron andando, el 29.5% (2631 ± 1097 m) lo realizaron corriendo a baja intensidad, el 13.3% corriendo entre 13 y 16 km/h (1192 ± 487 m), el 8.4% corriendo entre 16 y 19 km/h (750 ± 314 m) y el 9.8% a sprint (878 ± 433 m) (Casamichana *et al.*, 2015). Es necesario destacar que en función del puesto específico, la distancia total recorrida durante la competición varía significativamente de unas demarcaciones a otras (Di Salvo *et al.*, 2007; Di Salvo *et al.*, 2009; Rampinini *et al.*, 2007; Suárez-Arrones *et al.*, 2015; Vigne *et al.*, 2010). Comparando los 5 puestos específicos más comunes en fútbol, parece estar claro que los centrocampistas interiores y de banda son los jugadores que más distancia total recorren por partido (Bradley *et al.*, 2009). En un estudio con jugadores de élite ingleses, Mohr *et al.* (2003) concluyeron que centrocampistas (11.00 ± 0.21 km), defensas laterales (10.98 ± 0.30 km) y delanteros (10.48 ± 0.30 km) recorrían mayor distancia total por partido que los defensas centrales (9.74 ± 0.22 km). Dellal *et al.* (2010) encontraron en jugadores de élite franceses que los jugadores que mayor distancia total recorrían por partido eran los centrocampistas de banda (12.029 ± 977.5 km).

Parece ser que la distancia a alta intensidad (AI) recorrida durante un partido de fútbol es un factor útil para discriminar a jugadores de diferente nivel (Bangsbo *et al.*, 2006). Mohr *et al.* (2003) determinaron que los jugadores de nivel internacional realizaban un 28% más de carrera a alta intensidad (2.43 vs. 1.90 km) y un 58% más esprintando (650 m vs 410 m) que jugadores de nivel nacional. Di Salvo *et al.* (2009) observaron que los centrocampistas de banda son los jugadores que más metros recorren a alta intensidad (1049 ± 106 m), seguidos de los delanteros (968 ± 143 m), mediocentros (928 ± 124 m), defensas laterales (911 ± 123 m) y defensas centrales (681 ± 128 m). En cuanto al número de sprints (SP) realizados por partido, Di Salvo *et al.* (2010) demostraron que los centrocampistas de banda (35.8 ± 13.4) junto con los delanteros (30.0 ± 12.0) eran los puestos específicos que realizaban mayor cantidad de sprints por partido, en comparación con los defensas laterales centrales (29.5 ± 11.7), mediocentros centrales (23.5 ± 12.2) y los defensas centrales (17.3 ± 8.7). Por otro lado, Barnes *et al.* (2014) mostraron un incremento en los valores de distancia AI y SP durante los últimos años en partidos de *English Premier League*, demostrando el aumento de la intensidad en el juego, y la consecuente necesidad de mejorar la capacidad de realizar acciones de AI y SP.

Derivado del estudio de las acciones de AI, se ha empezado a tener en cuenta otras variables como las secuencias de alta intensidad repetidas (SAIR), que hace referencia a cuando un jugador realiza 3 acciones de velocidad superior a 13 km/h con recuperación entre ellas inferior a 21 segundos (Casamichana *et al.*, 2012) y la secuencia de sprint repetido (SSR) que consiste en la realización de un mínimo de 2 sprints consecutivos con una duración ≥ 1 s, con una recuperación máxima de 15, 30, 45 o 60 segundos entre ellos (Buchheit *et al.*, 2010a; Suárez-Arrones *et al.*, 2015).

En relación con las acciones de AI y SP, encontramos los cambios de velocidad o aceleraciones, las cuales se clasifican en la bibliografía como aceleraciones moderadas (>1.11 m/s²) y aceleraciones máximas (>4 m/s²), siendo las aceleraciones > 2.78 m/s² las máximas que se dan en deportes de equipo (Aughey 2011). En una investigación con jugadores élite noruegos para determinar el número de aceleraciones por partido en función del puesto específico, Ingebrigtsen *et al.* (2014) observaron que los centrocampistas de banda fueron los jugadores que más aceleraciones realizaron por partido (105.5 ± 22.2) en relación a defensas centrales (86.9 ± 18.0), defensas laterales (95.4 ± 19.4) mediocentros (85.2 ± 23.6) y delanteros (83.7 ± 13.8). A pesar de esto, es necesario tener en cuenta en la comparación de datos que existen diferencias

significativas en la medición de aceleraciones y desaceleraciones en función del dispositivo GPS utilizado o cuando se realiza una actualización del software en la misma unidad GPS, por lo que estos datos deben ser interpretados con cautela (Buchheit *et al.*, 2014).

Todos estos parámetros varían si diferenciamos entre la primera y la segunda parte del partido, estando presente una reducción de la distancia total y las acciones a AI y SP, y un aumento de la distancia andando en la segunda parte (Di Salvo *et al.*, 2009; Vigne *et al.*, 2010). Además de estas diferencias, se encontraron reducciones importantes en las acciones de AI (20-40%) en los últimos 15 minutos comparados con los 15 minutos iniciales del partido (Bradley *et al.*, 2009; Mohr *et al.* 2003) así como una reducción del número de aceleraciones (44 ± 12 vs. 47 ± 12) en la segunda parte en comparación con la primera (Ingebrigtsen *et al.*, 2014).

1.2.1.2. Demandas Fisiológicas

El fútbol es un deporte de naturaleza intermitente (Di Salvo *et al.*, 2007; Espósito *et al.*, 2004) que comprende entre 1000-1400 cambios de actividad (Iaia *et al.*, 2009, Mohr *et al.*, 2003; Stolen *et al.*, 2005) cada 3-5 segundos, incluyendo gran variedad de acciones con y sin balón durante un partido, entre las que se encuentran los cambios de dirección, aceleraciones, desaceleraciones, saltos, equilibrios, etc., lo que hace pensar que los jugadores de fútbol necesitarán altos niveles de fuerza explosiva para un adecuado desempeño de las mismas (Jullien *et al.*, 2008; Michailidis *et al.*, 2013). Antropométricamente, un futbolista tiene una altura media de 167-190 cm, una masa corporal entre 75-80 kg y un porcentaje de grasa corporal cercano al 10%, aunque estos valores varían entre puestos específicos (Reilly *et al.*, 2000). Debido a las características específicas del fútbol, durante un partido los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico son solicitados conjuntamente en los jugadores de fútbol (Bangsbo *et al.*, 2006). Para medir la intensidad del juego, varios estudios han utilizado la frecuencia cardiaca (FC) como un indicador de carga interna en el fútbol (Casamichana *et al.*, 2014; Helgerud *et al.*, 2001; Stroyer *et al.*, 2004) presentando el valor de frecuencia cardiaca media (FC_{med}) durante el juego entre 160-170 ppm y mostrando al sistema aeróbico como el principal sistema en la obtención de energía durante un partido de fútbol (Bangsbo *et al.*, 1994b). Durante un partido de fútbol el porcentaje de frecuencia cardiaca máxima ($FC_{máx}$) que se alcanza está cerca del umbral anaeróbico, normalmente entre 80-90% de

$FC_{\text{máx}}$ (Hoff, 2005) aunque con picos que pueden llegar hasta el 98% (Bangsbo *et al.*, 2006).

Dentro del rendimiento aeróbico destaca el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{max}}$), el cual presenta unos valores medios en futbolistas masculinos de entre 55-70 mL/kg/min, estando el umbral anaeróbico en futbolistas de élite entre el 80-85% del $VO_{2\text{max}}$ (Helgerud *et al.*, 2001). Existe una correlación significativa entre el $VO_{2\text{max}}$ y la distancia total recorrida por el futbolista (Hoff, 2005) además de que los futbolistas con valores más altos de $VO_{2\text{max}}$ presentan una actividad mayor a AI y SP, y tienen una mejor recuperación entre esfuerzos de alta intensidad (Chamari *et al.*, 2005; Hoff 2005; Helgerud *et al.*, 2011; Ziogas *et al.*, 2011). A pesar de todo, el $VO_{2\text{max}}$ no parece ser un factor limitante del rendimiento, aunque sí que parece existir un umbral (60 mL/kg/min) por debajo del cual es difícil alcanzar niveles elevados de rendimiento (Reilly *et al.*, 2000).

Hemos visto la importancia del metabolismo aeróbico dentro del rendimiento en el fútbol, aunque hay que destacar que las acciones decisivas como saltos, sprints, aceleraciones, etc., son dependientes del metabolismo anaeróbico (Stolen *et al.*, 2005), ya que un jugador de fútbol de élite realiza por partido una media de 150-250 acciones intensas breves (Mohr *et al.*, 2003), lo que provoca una disminución de las reservas de fosfocreatina (PC) llegando a reducciones del 25-30% respecto a los valores de reposo durante diferentes momentos del juego (Bangsbo *et al.*, 2006; Krstrup *et al.*, 2006). Para poder conocer la participación del metabolismo anaeróbico, se han estudiado las concentraciones de lactato (LA) antes, durante y después de los partidos, presentando valores medios de 2-10 mmol/L (Bangsbo *et al.*, 1991; Capranica *et al.*, 2001). El Umbral Anaeróbico, que representa la intensidad máxima de ejercicio que puede ser mantenida en el tiempo y sin acumulación continua de lactato (Dittrich *et al.*, 2011), se encuentra en futbolistas entre el 76.6-90.3% de su FC_{max} (Stolen *et al.*, 2005). Es imprescindible conocer que las mediciones de LA se ven influenciadas por las acciones previas a la medición realizadas por el sujeto, ya que a períodos intensos de actividad le siguen períodos de baja intensidad para poder eliminar este LA resultante (Stolen *et al.*, 2005). Se debe tener en cuenta que un partido de fútbol produce un estrés tanto metabólico como mecánico en los jugadores, lo cual se observa con la alteración de algunos marcadores bioquímicos como la creatina kinasa (CK), la úrea, el ácido úrico o la mioglobina (Andersson *et al.*, 2008; Ascensao *et al.*, 2011; Rowsell *et al.*, 2009). Este estrés y daño muscular varía entre futbolistas en función de algunas de sus

características físicas. Como ejemplo encontramos el trabajo de Owen *et al.* (2015) que muestra que los jugadores con mayores valores de fuerza en el tren inferior presentan generalmente menores niveles de CK 48 horas después de participar en un partido de fútbol.

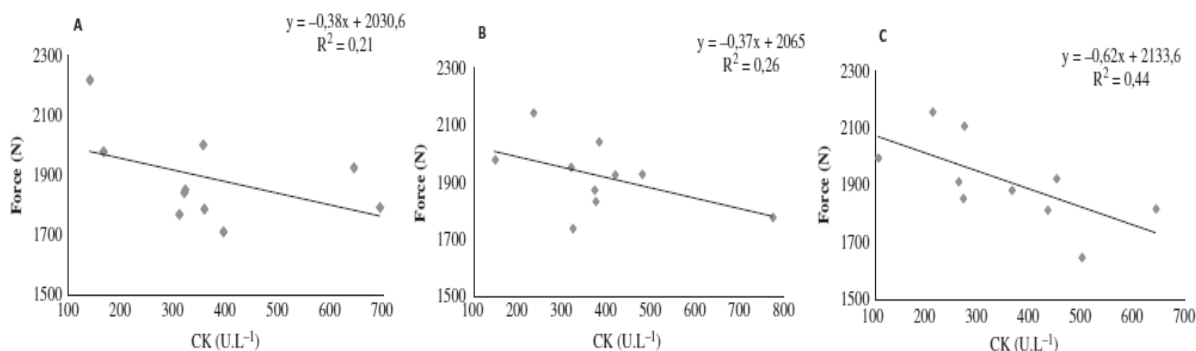


Figura 2: Regresión lineal entre fuerza muscular y CK en (A) Fase 1, (B) Fase 2 y (C) Fase 3 (Owen *et al.*, 2015)

1.2.2. Fuerza en el Fútbol

1.2.2.1. Métodos de entrenamiento de la fuerza en fútbol

- Ejercicios tradicionales

La sentadilla, el press de banca o el peso muerto son ejercicios tradicionales y característicos de competiciones de powerlifting (Cormie *et al.*, 2011). Estos ejercicios están asociados con una desaceleración de la carga hacia el final del rango de movimiento (Newton *et al.*, 1996), llegando a desaceleraciones durante el 40-50% del movimiento cuando este se ejecuta a alta velocidad con cargas cercanas al 45% de 1 repetición máxima (1RM) (Newton *et al.*, 1996). Además, esta fase de desaceleración está asociada con una reducción de la activación de la musculatura agonista y un posible incremento de la actividad de la musculatura antagonista para frenar la carga al final del movimiento (Newton *et al.*, 1996). Como resultado de la reducida especificidad mecánica, la transferencia de los efectos de un entrenamiento con ejercicios tradicionales es reducida, pero a pesar de esto, este tipo de entrenamiento ha sido utilizado con éxito en la mejora de la potencia máxima dinámica (Adams *et al.*, 1992; Lamas *et al.*, 2010; Wilson *et al.*, 1997), aunque se recomienda su uso combinándolo con otros movimientos más específicos mecánicamente hablando (Cormie *et al.*, 2011). Dentro de esta categoría debemos diferenciar entre *ejercicios tradicionales con peso libre*, los cuales presentan una resistencia constante con diferentes momentos de fuerza

a lo largo del rango de movimiento, y *ejercicios tradicionales con máquinas*, que también ofrecen una resistencia constante pero favorecen un mayor equilibrio y estabilización de otros grupos musculares (Tous-Fajardo 1999). Existen diferentes máquinas que se utilizan para la mejora de la fuerza con ejercicios tradicionales, entre las que destacamos las *máquinas de poleas*, en las que las pesas están unidas a un cable que pasa alrededor de una o más poleas circulares y cuyo objetivo es cambiar la dirección y magnitud de la fuerza que aplica el sujeto, y las *máquinas hidráulicas o neumáticas*, las cuales proporcionan, gracias a la resistencia del agua o aire, una resistencia acomodada, aunque no controlan la velocidad de ejecución además de no proporcionar resistencia en la fase excéntrica del movimiento (Tous-Fajardo, 1999).

- *Ejercicios balísticos*

Se trata de ejercicios en los que se ejecuta el movimiento a la máxima velocidad posible provocando el desplazamiento del propio cuerpo (squat jump) o de una carga externa (press de banca) (Cormie *et al.*, 2011). Al contrario de los ejercicios tradicionales, en estos no se aprecia ninguna fase de frenado, ya que se aplica una aceleración a lo largo de todo el rango de movimiento para poder proyectar la carga externa (Newton *et al.*, 1996). Esta ejecución los convierte en ideales para deportes de fuerza explosiva, incrementado de forma específica la velocidad concéntrica, la fuerza, la potencia y la activación muscular (Cormie *et al.*, 2007; Newton *et al.*, 1996). La intensidad empleada en la ejecución de los ejercicios balísticos varía desde los ejercicios sin carga hasta el empleo de resistencia del 80% 1RM. Por todo esto, se recomienda la inclusión de este tipo de ejercicios dentro de los programas de entrenamiento (Cormie *et al.*, 2009; Kraemer *et al.*, 2000; Newton *et al.*, 1996) ya que su uso es muy efectivo para la mejora de la potencia máxima en movimientos deportivos específicos bajo una gran variedad de cargas.

- *Ejercicios olímpicos*

Este método de entrenamiento de la fuerza emplea la cargada, la arrancada y sus variaciones como ejercicios fundamentales (Hoffman *et al.*, 2004). De manera parecida a los ejercicios balísticos, el deportista debe acelerar la barra a lo largo de toda la fase propulsiva (Schilling *et al.*, 2002). En esta ocasión, la fuerza se ejerce a alta velocidad y sobre cargas de carácter máximo, lo que favorece una gran producción de potencia (Cormie *et al.*, 2011), para cargas equivalentes al 75-80% de 1RM (Kawamori *et al.*,

2005). Además, los patrones de movimiento de los ejercicios olímpicos son similares a diferentes movimientos deportivos como el salto y el sprint (Hori *et al.*, 2005) lo que favorece la transferencia al gesto deportivo (Cormie *et al.*, 2011), aunque es necesario dominar una buena ejecución técnica de estos ejercicios antes de ejecutarlos con cargas pesadas (Hoffman *et al.*, 2004). Por todo esto, los ejercicios olímpicos se consideran muy útiles y efectivos en los programas de entrenamiento de fuerza en los deportes de equipo.

- *Pliometría*

Los ejercicios pliométricos se caracterizan por un rápido ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) (Wathen *et al.*, 1993). Este tipo de entrenamiento mejora la capacidad del músculo-tendón para producir niveles máximos de fuerza en cortos periodos de tiempo (Sáez de Villarreal *et al.*, 2012). Son ejercicios de naturaleza balística, y se suelen realizar sin resistencia externa o con una resistencia muy pequeña. En los programas de pliometría se incluyen ejercicios tanto unilaterales como bilaterales, de salto, rebote, empuje y sus variaciones (Wathen *et al.*, 1993). Los ejercicios pliométricos se pueden adaptar para entrenar movimientos cortos con CEA de duración entre 100-250 ms o movimientos más largos con CEA de duración mayor a 250 ms (Sáez de Villarreal *et al.*, 2009) lo que facilita la adaptación del entrenamiento pliométrico a los diferentes patrones de movimiento específicos del fútbol, produciendo mejoras en la potencia máxima durante la realización de dichos movimientos deportivos (Chimera *et al.*, 2004; Tricoli *et al.*, 2005; Wilson *et al.*, 1994), principalmente cuando se ejecutan a alta velocidad con una carga baja (Tricoli *et al.*, 2005). Debido al alto grado de especificidad del entrenamiento pliométrico respecto a una gran cantidad de deportes se recomienda su inclusión en programas de mejora de la potencia máxima.

- *Contrastes*

El método de contrastes o *complex contrast training*, se basa en la realización de ejercicios que combinan intensidades diferentes: cargas pesadas del 90% 1RM (ejercicios tradicionales) y cargas ligeras 40-50% 1RM (pliometría) (Harris *et al.*, 2000). En una versión avanzada del método tradicional a los ejercicios con carga le pueden suceder acciones de sprint (Commeti 1999). Este método actúa sobre los factores fisiológicos y biomecánicos de los que depende la fuerza explosiva siendo uno de los métodos más efectivos en la activación de las unidades motoras rápidas

(Garhammer *et al.*, 1992). Dentro de este tipo de entrenamiento podemos incluir el *método complejo*, que se basa en el trabajo con cargas pesadas para incrementar la excitabilidad de las motoneuronas y el reflejo de potenciación, lo que permite crear unas condiciones de entrenamiento óptimas para la realización posterior de ejercicios pliométricos (Verkhoshansky, 1986), fenómeno que se conoce como potenciación post-activación (Sale, 2002).

- *Sobrecarga excéntrica*

El entrenamiento con sobrecarga excéntrica se considera útil para la mejora de la fuerza excéntrica, provocando cambios en la estructura y función del músculo, que se materializan en un aumento del rendimiento (De Hoyo *et al.*, 2015a), prevención de lesiones (Askling *et al.*, 2003) o mejoras del proceso de readaptación físico-deportiva (Romero-Rodríguez *et al.*, 2011). Debido a estos efectos se ha comenzado a incluir este método de entrenamiento dentro de los programas de fuerza en los deportes de equipo. Para facilitar esta sobrecarga excéntrica, se han dado a conocer las *máquinas inerciales de sobrecarga excéntrica*, las cuales no dependen de la gravedad y se basan en un volante de inercia para ofrecer resistencia, la cual es virtualmente ilimitada y se ajusta individualmente, ya que el sistema se adapta oponiendo su inercia a cualquier fuerza que se aplique. Por esta misma razón, la rueda de inercia puede acomodarse a las variaciones de fuerza que tienen lugar durante el recorrido articular debido a las diferentes ventajas mecánicas en los distintos ángulos articulares. Dentro de estas máquinas vamos a diferenciar entre la *tecnología yoyo* y la *polea cónica*. La tecnología yoyo se basa en un volante de inercia cuyo eje está fijado a una estructura de soporte. Uno de los extremos de una cincha de transmisión se enrolla alrededor de dicho eje, mientras que el otro se fija a distintas piezas (chaleco, tobillera...) desde los cuales se ejerce la tracción. Al tirar de la cincha durante una acción muscular concéntrica, el volante de inercia gira y al finalizar este recorrido concéntrico de la cincha, la rueda sigue girando gracias a su inercia. Esto hace que la cincha retroceda y tire de la extremidad en sentido contrario. Después de dejar que la cincha rebobine inicialmente, el ejecutante ha de empezar a ejercer la resistencia para desacelerar la rueda hasta que la energía cinética previamente acumulada se disipe y la rueda se pare por completo (Romero-Rodríguez *et al.*, 2010). Por su parte la polea cónica incluye un cono unido a una rueda de inercia fija a la que pueden añadirse pequeños pesos para variar el momento de inercia. En este caso, es una cuerda (no una cincha) la que se enrolla sobre

un cono para, de esta manera, ofrecer una supuesta inercia variable durante la amplitud del movimiento y ofrecer una mayor resistencia en la parte más estrecha del cono. Gracias a su diseño, la dirección de tracción de la cuerda puede aplicarse libremente en cualquiera de las tres dimensiones, permitiendo así la posibilidad de ejecutar movimientos más complejos y específicos (Romero-Rodríguez *et al.*, 2010). La principal diferencia entre ambos dispositivos es que la polea cónica permite el desarrollo de velocidades altas con niveles de fuerza de moderados a altos, mientras que la tecnología yoyo permite altos niveles de fuerza con velocidades de moderadas a bajas, por lo que ambos sistemas de entrenamiento son necesarios para cubrir por completo el espectro de fuerza-velocidad.

- *Otros métodos*

En este apartado destacamos el entrenamiento de fuerza usando bandas elásticas, que se utiliza a menudo en la rehabilitación de lesiones deportivas, y que su simplicidad hace que sea posible llevarlo a cabo en el campo de entrenamiento. Su resistencia dependerá del coeficiente elástico de los materiales (k) y su deformación (Δx), por lo que la ecuación que la define es:

$$F = -k \times \Delta x$$

Debemos conocer que la resistencia de este material aumentará con la deformación del cuerpo, que la resistencia disminuye a lo largo del recorrido de retorno y que se generan menores picos de fuerza por la menor masa implicada. Es importante destacar que el entrenamiento de fuerza usando bandas elásticas parece tan efectivo como otros métodos de entrenamiento de fuerza más tradicionales. (Colado *et al.*, 2010; Jensen *et al.*, 2010).

1.2.2.2. Efectos de los diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento en fútbol

- *Ejercicios tradicionales*

El uso de este tipo de ejercicios en futbolistas, principalmente half squat (HS), produce una serie de mejoras fundamentales para el rendimiento, ya que no solo produce adaptaciones fisiológicas, sino que consigue mejorar diferentes variables relacionadas con la consecución del éxito en el fútbol, como son el salto vertical y el tiempo en sprint en diferentes distancias (De Hoyo *et al.* 2015b). Una de las primeras investigaciones

que encontramos en la bibliografía es la realizada por Hoffman *et al.* (2004), en la que futbolistas estadounidenses universitarios (n=10) llevaron a cabo un programa de fuerza basado en diferentes ejercicios (3-5 series 4-8RM) durante el periodo transitorio y la pretemporada, obteniendo mejoras en 1RM squat (kg) del 12.8% ($p<0.05$). En 2005, Kotzamanidis *et al.*, programaron 3 sesiones semanales de entrenamiento durante 13 semanas, las cuales consistieron en 4 series de 3 ejercicios (*half squat*, *step up* y *leg curl*) con una intensidad de 3RM, 6RM y 8RM. Tras el proceso de intervención se obtuvieron mejoras significativas ($p<0.001$) en 1RM (kg) en cada uno de los ejercicios incluidos en el programa de entrenamiento (*half squat* 8.6%, *step up* 17.5% y *leg curl* 18%). En el trabajo de Christou *et al.* (2006) ya no solo encontramos mejoras en el 1RM (kg) (59.48% press de piernas y 40.5% press de banca), sino que el entrenamiento planteado (10 ejercicios tradicionales de fuerza realizados 2 días a la semana durante 16 semanas en temporada, y con una carga de trabajo de 2-3 series de 8-15 repeticiones a una intensidad 55-80% de 1RM) también produjo mejoras significativas ($p<0.05$) en el tiempo de sprint en 10 m (s) (2.6%), en el test de 10x5 m (s) (5.4%), en el squat jump (cm) (68.3%) y en el salto con contramovimiento (CMJ) (cm) (30.1%). En 2008, Ronnestad *et al.*, propusieron un entrenamiento llevado a cabo durante la pretemporada y basado en *half squat* (3-5 series de 4-8RM), tras el cual se obtuvieron mejoras ($p\leq 0.05$) tanto en 1RM HS (kg) (25.9%) como en la potencia pico con diferentes cargas (9.9% con 20 kg y 11.1% con 50 kg). Por otro lado, Chelly *et al.* (2009) plantearon un programa de entrenamiento de 8 semanas de duración que consistió en 4 series de *back squat* de 7 a 2 repeticiones variando la intensidad desde el 70% hasta el 90% de 1RM. Una vez finalizado el proceso de entrenamiento, los jugadores participantes obtuvieron una mejora significativa ($p<0.05$) en la velocidad máxima (m/s) del 11,87%, en la aceleración (m/s) del 7,14% y en CMJ (cm) del 7,4%. En la misma línea encontramos el trabajo de Bogdanis *et al.* (2011), realizado con jugadores griegos profesionales (n=18) durante las 6 semanas que duró la pretemporada. Para ello dividió al equipo en dos grupos y cada uno de ellos ejecutó el mismo ejercicio (HS) pero variando la carga (4 series de 5 repeticiones al 90% de 1RM con 3' de recuperación entre series ó 4 series de 12 repeticiones al 70% de 1RM con 1'30'' de recuperación entre series). Los resultados mostraron en ambos grupos mejoras en diferentes variables relacionadas con la resistencia (capacidad de repetir sprint [RSA], economía de carrera [EC], $VO_2Máx$), valores que se pueden ver influenciados no solo por la intervención, sino por el entrenamiento regular realizado en pretemporada. Por otro lado, Ronnestad *et al.* (2011)

plantearon un programa de entrenamiento basado en *half squat* (3 series de 10 a 4 RM) para pretemporada e inicio de temporada (10 semanas con 2 sesiones semanales) con jugadores noruegos profesionales (n=14). Gracias a este entrenamiento se obtuvieron mejoras significativas ($p<0.005$) en 1RM HS (kg) del 19%, en el SJ (cm) del 3.3% y en la velocidad máxima (m/s) en 40 m del 1.8%. En 2014, Brito *et al.*, propusieron un programa de entrenamiento basado en tres ejercicios: *half squat* (6 reps 85%), *extensión de gemelos* (6 reps 90%) y *extensión de piernas* (6 reps 80%), el cual se aplicó en futbolistas portugueses universitarios durante 9 semanas en temporada, los cuales mejoraron significativamente ($p<0,005$) en 1RM squat (kg), 1RM flexión plantar (kg), 1RM extensión de rodillas (kg), y tiempo de sprint en 20 m (s). Mientras, Style *et al.* (2015) utilizaron futbolistas de élite (n=17) a los que aplicaron un programa de entrenamiento de 6 semanas (2 días a la semana) en temporada. El entrenamiento consistió en *back half squat* y *peso muerto* (3-4 series de 3-5 repeticiones al 85-90% de 1RM) y *Nordic hamstring* (NH) (3 series de 3-6 repeticiones). Tras el análisis de los datos se encontraron mejoras significativas ($p<0.001$) en el tiempo de sprint en diferentes distancias, 5.4% en 5 m (s), 2.7% en 10 m (s) y 1.3% en 20 m (s), así como en 1RM back half squat (BHS) (kg) del 19.1%. En el trabajo realizado por Loturco *et al.* (2015) se puede comprobar como un trabajo adicional de fuerza en pretemporada (4 semanas 2-3 sesiones semanales) basado en HS (6 series 4-8 repeticiones con la carga óptima de potencia y 2' de recuperación) produce mejoras en SJ (cm) del 5.83% ($p<0.005$). En la línea del trabajo anterior, De Hoyo *et al.* (2015b) propusieron un entrenamiento adicional de HS (5-7 series de 8 repeticiones con la carga óptima de potencia) de 6 semanas de duración (3 sesiones a la semana), tras el que obtuvieron mejoras en el tiempo de sprint (10 y 20 m), en el salto vertical (CMJ) y en la contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC) ($p<0.05$). Este mismo autor, De Hoyo *et al.* (2016) llevó a cabo un programa de entrenamiento de 8 semanas (2 sesiones semanales durante la temporada) con jugadores de élite adolescentes (n=11) que consistió en 2-3 series de 4-8 repeticiones de *full back squat* con una intensidad del 40-60% de 1RM. Una vez finalizada la intervención los participantes obtuvieron mejoras en el CMJ (cm) del 6.3% (muy probable), en el tiempo de sprint en la distancia de 10 a 20 m (s) del 1.25% (muy probable) y de 50 m del 2% (muy probable).

Tabla 1. Adaptaciones del entrenamiento de fuerza con ejercicios tradicionales en futbolistas

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Momento</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Efectos</i>
Hoffman <i>et al.</i> (2004)	n = 10 futbolistas estadounidenses universitarios (18.9±1.4 años)	Período Transitorio y Pretemporada	15 semanas 4 días semana	Ejercicios tradicionales de fuerza (25) 3-5 series 4-8 RM	↑ 12.8% 1RM Squat (p<0,005)
Kotzamanidis <i>et al.</i> (2005)	n = 11 futbolistas griegos no define nivel (17.1±1.1 años)	No Definido	13 semanas 2 días semana	Back half squat Subida banco 1 pierna Curl de isquios 4x8-3 RM 3' recup.	↑ 8.6% 1RM BHS ↑ 17.5% 1RM subida banco ↑ 18% 1RM Curl Isquios (p<0,001)
Christou <i>et al.</i> (2006)	n = 9 futbolistas griegos no define nivel (13.8±0.4 años)	Temporada	16 semanas 2 días semana	Ejercicios tradicionales de fuerza (10) 2-3 series 8-15 repeticiones 55-80% 1RM 2- 3' recuperación	↑ 59.48% 1RM press pierna; ↑ 40.5% 1RM press banca; ↑ 2,6% 10 m; ↑ 5,4% 10x5 m; ↑ 68.3% SJ; ↑ 30.1% CMJ;(p<0,005)
Rønnestad <i>et al.</i> (2008)	n = 6 futbolistas noruegos profesionales (22±2.5 años)	Pretemporada	7 semanas 2 días semana	Half Squat 3-5 series 4-8 RM	↑ 25.9% 1RM HS; ↑ 3.6% 4BT; ↑ 9.9% PP 20 kg; ↑ 11.1% PP 50 kg; (p≤0,05)
Chelly <i>et al.</i> (2009)	n = 11 futbolistas Junior (17.3±0,5 años)	Temporada	8 semanas 2 días semana	Back half squat 1 serie 7-2 reps. 70%-90% 1RM	↑ 25% 1RM ↑ 7.2% PP ↑ 23% Vpp ↑ 7.1% Vp5 m ↑ 12% Vmax ↑ 4.7% 5J ↑ 10% SJ (p<0,005)
Bogdanis <i>et al.</i> (2011)	n = 9 futbolistas griegos profesionales (22.9±1.1 años)	Pretemporada	6 semanas 3 días semana	Half Squat 4 series 5 reps. 90% 1 RM 3' recup. Series	↑ 5.4% total RSA ↑ 10.9% EC ↑ 4.9% VO ₂ max ↑ 7% VMA ↑ 29.4% YYIE2 ↑ 10% DTT (p<0,005)
	n = 9 futbolistas griegos profesionales (22.9±1.1 años)	Pretemporada	6 semanas 3 días semana	Half Squat 4 series 12 reps. 70% 1 RM 1'30'' recup. Series	↑ 4.5% total RSA ↑ 6.2% EC ↑ 6.2% VO ₂ max ↑ 21.4% YYIE2 ↑ 9.6% DTT (p<0,005)
Rønnestad <i>et al.</i> (2011)	n = 14 futbolistas noruegos profesionales (24±3 años)	Pretemporada y Temporada	10 semanas 2 días semana	Half Squat 3 series 10-4RM	↑ 19% 1RM HS ↑ 3.3% SJ; ↑ 1.8% 40 m(p<0,005)

Tabla 1. Adaptaciones del entrenamiento de fuerza con ejercicios tradicionales en futbolistas (continuación)

Zisis <i>et al.</i> (2013)	n = 7 futbolistas griegos amateur (16.7±1.1 años)	No Definido	8 semanas 2 días semana	Press piernas, HS, extensión de rodillas 3 series de 10 reps. 80% 1RM 3´recup.	↑ 8% en el test Jump and Reach (p<0,05)
Brito <i>et al.</i> (2014)	n = 12 futbolistas portugueses universitarios (20.3±0.9 años)	Temporada	9 semanas 2 días semana	Half Squat (6 reps 85%) Ext gemelos (6 reps 90%) Ext piernas (6 reps 80%)	Produce mejoras en 1RM squat, flexión plantar y extensión de rodillas, y 20 m (p<0,005)
Style <i>et al.</i> (2015)	n = 17 futbolistas no define país elite (18.3±1.2 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	Back half squat y peso muerto rumano 3-4sx3-5r 85-90% 1RM NH 3sx3-6 reps.	↑ velocidad: 5 m 5.4%; 10 m 2.7%; 20 m 1.3%; ↑ 1RM BHS 19.1% (p<0,001)
Loturco <i>et al.</i> (2015a)	n = 11 futbolistas brasileños elite (24.1±5.2 años)	Pretemporada	4 semanas 2-3 días semana	Half Squat 6 series 4-8 reps. carga óptima de potencia; 2´recup.	↑ 5.83% SJ (p<0,005)
De Hoyo <i>et al.</i> (2015b)	n = 12 futbolistas españoles elite (23±3 años)	No Definido	6 semanas 3 días semana	Half Squat 5-7 series 8 repeticiones carga óptima potencia	↑ 0.17±0.27s 10 m (p=0,05) ↑ 0.04±0.12s 20 m (p=0,04) ↑ 4.92±2.58 cm CMJ (p=0,001) ↑ 62.8±79.71N MVIC (p=0,05)
De Hoyo <i>et al.</i> (2016)	n = 11 futbolistas españoles elite junior (18±1 años)	Temporada	8 semanas 2 días semana	Full-back squat 2-3 series 4-8 repeticiones 40-60% 1RM	↑ 6.3% CMJ (muy probable) ↑ 1.25% 10-20 m (muy probable) ↑ 2% 0-50 m (muy probable)

↑: mejora; RM: repetición máxima; BHS: back half squat; SJ: squat jump; CMJ; countermovement jump; HS: half squat PP: potencia pico; Vpp: velocidad primer paso; Vp5 m: velocidad primeros 5 metros;

Vmax: velocidad máxima de carrera; 5J: test de 5 saltos; RSA: capacidad de repetir sprints; VO2max: consumo máximo de oxígeno; VMA: velocidad aeróbica máxima; YYIE2: test yo-yo2; EC: economía de carrera; DTT: test de Holff; N: Newton; MVIC: contracción isométrica máxima voluntaria;

En definitiva, podemos comprobar que el entrenamiento de fuerza basado en ejercicios tradicionales, donde el más utilizado en fútbol es el *half squat*, produce mejoras principalmente en el nivel de fuerza del tren inferior (1RM) así como en la capacidad de salto vertical (SJ y CMJ). Además, algunos de los protocolos utilizados en futbolistas producen también mejoras en el tiempo de sprint en diferentes distancias (Tabla 1).

- *Ejercicios balísticos*

Los ejercicios balísticos se caracterizan por un patrón de movimiento similar a muchos gestos deportivos (Newton *et al.*, 1996), por lo que se espera una transferencia positiva de los efectos de este tipo de entrenamiento. Para conocer los efectos del entrenamiento con ejercicios balísticos en futbolistas destacamos al autor Loturco, ya que todos los trabajos que se van a incluir en este apartado pertenecen a este autor y a su grupo de trabajo. Empezaremos con el trabajo publicado en 2013 por Loturco *et al.*, en el que los autores propusieron un programa entrenamiento de 6 semanas de duración (2 sesiones a la semana) durante la pretemporada. La muestra (n=32) fue dividida en dos grupos, los cuales realizaron el mismo entrenamiento de acondicionamiento previo durante las 3 primeras semanas (*Half Squat* 4x8 reps. 50-80% 1RM) para realizar un entrenamiento diferente cada grupo, basado en la modificación de la progresión de las cargas (velocidad o intensidad), las siguientes 3 semanas (*Jump Squat* 4 series de 4 repeticiones al 60%, 5 repeticiones al 45% y 6 repeticiones al 30% de 1RM el grupo velocidad y *Jump Squat* 4 series de 6 repeticiones al 30%, 5 repeticiones al 45% y 4 repeticiones al 60% de 1RM el grupo intensidad). Tras el periodo de intervención el grupo velocidad obtuvo mejoras significativas ($p<0.05$) en 1RM jump squat (JS) (kg) del 19%, en la potencia media JS (W) del 18%, en la potencia propulsiva media JS (W) del 29.1%, en el tiempo de sprint en 10 m (s) del 4.3%, y en el salto vertical, obteniendo en SJ una mejora del 7.1% y en CMJ del 6.7%. Por su parte, el grupo intensidad obtuvo mejoras significativas ($p<0.05$) en 1RM JS (kg) del 22.1%, en la potencia media JS (W) del 20.4%, en la potencia propulsiva media JS (W) del 31.4%, en el tiempo de sprint en 10 m (s) del 1.6%, en SJ (cm) del 4.5% y en CMJ (cm) una mejora del 6.9%. En 2015, Loturco *et al.*, propusieron un entrenamiento de 4 semanas en pretemporada con 2-3 sesiones semanales basado en el *Jump Squat* (6 series de 4-8 repeticiones, con la carga óptima de potencia y 2' de recuperación) con el que obtuvieron mejoras estadísticamente significativas ($p<0.005$) del 4.9% en aceleraciones (s) de 0-5 m.

Por último, Loturco *et al.* (2015b), plantearon un programa de entrenamiento con dos grupos de jugadores brasileños de élite (n=24) (6 semanas con 2 sesiones semanales realizadas en pretemporada) con el objetivo de conocer las diferencias entre realizar el JS con un incremento o decremento de la velocidad de la barra en la ejecución de dicho ejercicio. Ambos grupos realizaron el mismo entrenamiento de JS (6 series de 6 repeticiones) usando gomas elásticas para conseguir las modificaciones de la velocidad de la barra. El grupo que utilizó el incremento de velocidad obtuvo mejoras

significativas ($p < 0.005$) en 1RM (kg) (5.4%), en la velocidad media propulsiva (VMP) (m/s) (12.6%), en el Zig-zag test (6.3%), en CMJ (cm) (5.4%) y en el tiempo en sprint en 5 m (s) (8.2%), 10 m (s) (6.1%) y 20 m (s) (6%), mientras que en el grupo que utilizó la reducción de velocidad solo obtuvo mejoras significativas ($p < 0.005$) en 1RM (kg) (8.4%), en la VMP (m/s) (7.5%), en el Zig-zag test (2.9%), en CMJ (cm) (8.3%) y en el tiempo de sprint en 20 m (s) (2.2%).

Como podemos ver, los ejercicios balísticos proporcionan mejoras a futbolistas en variables relacionadas con el rendimiento, aunque las referencias en la literatura son algo escasas (Tabla 2).

Tabla 2. Adaptaciones del entrenamiento de fuerza con ejercicios balísticos en futbolistas

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Momento</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Efectos</i>
Loturco <i>et al.</i> (2013)	n = 16 futbolistas brasileños élite (19.18±0.72 años)	Pretemporada	6 semanas 2 días semana	3 semanas Half Squat 4x8 reps. 50-80% 1RM 3 semanas Jump Squat 4x4,5,6reps. 60-45-30% 1RM	↑ 19% 1RM; ↑ 18% MP; ↑ 29.1% MPP; ↑ 4.3 10 m; ↑ 7.1% SJ; ↑ 6.7% CMJ ($p < 0,005$)
	n = 16 futbolistas brasileños élite (19.11±0.7 años)	Pretemporada	6 semanas 2 días semana	3 semanas Half Squat 4x8 reps. 50-80% 1RM 3 semanas Jump Squat 4x6,5,4reps. 30-45-60% 1RM	↑ 22.1% 1RM; ↑ 20.4% MP; ↑ 31% MPP; ↑ 1.6 10 m; ↑ 4.5% SJ; ↑ 6.9% CMJ ($p < 0,005$)
Loturco <i>et al.</i> (2015a)	n = 12 futbolistas brasileños élite (23.4±3,6 años)	Pretemporada	4 semanas 2-3 días semana	Jump Squat 6 series 4-8 reps. carga óptima de potencia; 2´recup.	↑ 4,9% Acc 0-5 ($p < 0,005$)
Loturco <i>et al.</i> (2015b)	n = 12 futbolistas brasileños élite (18.7±0,5 años)	Pretemporada	6 semanas 2 días semana	Jump Squat 6 series 6 reps. > 20% velocidad barra 3´recup.	↑ 5.4% 1RM; ↑ 12.6 VMP ↑ 5.4% CMJ; ↑ 6.3% ZZ ↑ 8.2% 5 m; ↑ 6.1% 10 m; ↑ 6% 20 m; ($p < 0,005$)
	n = 12 futbolistas brasileños élite (18.4±0,6 años)	Pretemporada	6 semanas 2 días semana	Jump Squat 6 series 6 reps. < 20% velocidad barra 3´recup.	↑ 8.4% 1RM; ↑ 7.5 VMP ↑ 8.3% CMJ; ↑ 2.9% ZZ ↑ 2.2% 20 m ($p < 0,005$)

↑: mejora; RM: repetición máxima; SJ: squat jump; CMJ; countermovement jump; HS: half squat; MP: potencia media MPP: potencia propulsiva media; Acc: Aceleración; VMP: velocidad populsiva media; ZZ: test zigzag;

- Ejercicios Olímpicos

Respecto a los ejercicios olímpicos destacamos la investigación de Hoffman *et al.*, (2004), en la que futbolistas estadounidenses universitarios (n=10) llevaron a cabo, durante 15 semanas en el periodo transitorio y pretemporada, un programa de fuerza con ejercicios olímpicos (*cargada, arrancada, etc.*) realizando en cada sesión de entrenamiento de 3-5 series y de 3-8 RM de 5 ejercicios. El grupo experimental obtuvo una mejora significativa ($p<0.005$) en el 1RM HS (kg) del 18%.

Debido al similar patrón de movimiento de los ejercicios olímpicos respecto a gestos deportivos explosivos se podría pensar que los beneficios en futbolistas podrían ser mayores respecto a otros métodos del entrenamiento de fuerza, aunque es cierto que no existen muchas investigaciones (Tabla 3) en las que la muestra utilizada sean futbolistas, por lo que es difícil establecer conclusiones respecto a ellos.

Tabla 3. Adaptaciones del entrenamiento de fuerza con movimientos olímpicos en futbolistas

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Momento</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Efectos</i>
Hoffman <i>et al.</i> (2004)	n = 10 futbolistas estadounidenses universitarios (19.3±1.2 años)	Período Transitorio y Pretemporada	15 semanas 4 días semana	Movimientos olímpicos (Clean, snatch...) 3-5 series 3-8 RM	↑ 18% 1RM Squat ($p<0.005$)

↑: mejora; RM: repetición máxima;

- Pliometría

El entrenamiento pliométrico ha sido y es muy utilizado en el fútbol, tanto por su similitud gestual y posterior transferencia a gestos deportivos como por los beneficios que supone para los futbolistas que lo realizan. Es cierto que en función de los ejercicios utilizados y de la orientación que se le de a la sesión, los resultados podrán variar, por lo que es necesario conocer las diferentes investigaciones que existen en la bibliografía científica sobre el trabajo pliométrico en futbolistas para así poder elegir el programa de entrenamiento más adecuado en cada momento en función de los objetivos a conseguir.

Meylan *et al.* (2009) utilizaron como muestra a jugadores pre-adolescentes (n=14) a los que programaron un entrenamiento pliométrico que realizaron durante 8 semanas en temporada. Las sesiones pliométricas estaban compuestas por: *multiple jumps, horizontal y lateral boundings, skipping y footwork*. Tras la intervención se encontraron mejoras significativas ($p<0.01$) en el tiempo de sprint en 10 m (s) del 2,1%, en el CMJ

(cm) del 7.9%, en el contact test (cm) del 10.9% y en el test de agilidad (s) del 9.6%. En 2010 Chelly *et al.*, propusieron un programa entrenamiento pliométrico (*hurdle jumps* y *drop jumps*) de 8 semanas (2 sesiones semanales) durante la temporada, y tras la aplicación del mismo hallaron mejoras significativas ($p < 0,01$) del 9,75% en la velocidad máxima (m/s) y del 10% en la aceleración (m/s). Además obtuvieron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,01$) en el salto vertical (SJ 8.3% y CMJ 2.5%). La investigación de Buchheit *et al.* (2010) tenía un objetivo diferente a las anteriores, el cual era conocer el efecto de un programa de entrenamiento pliométrico (*Saltos, escaleras de coordinación y sprint*; 4-6 series 4-6 ejercicios; 45'' recuperación entre series 3' recuperación entre ejercicios) de 10 semanas en temporada sobre el rendimiento en RSA. Como resultados más destacables ($p < 0,005$) se encuentran las mejoras en RSA media (s) (0.80%) y mejor serie RSA (s) (0.16%), además de producir mejoras en CMJ (cm) (14.68%) y en el tiempo de sprint en 30 m (s) (1.96%). Por otro lado, Váczi *et al.* (2013) plantearon con jugadores húngaros amateur ($n=12$) un entrenamiento pliométrico de 6 semanas de duración (2 sesiones a la semana durante la temporada) que combinaba ejercicios unilaterales y bilaterales (2-6 series 5-10 repeticiones; 40-100 saltos/sesión). Tras el proceso de entrenamiento, los jugadores participantes presentaron mejoras significativas ($p < 0.05$) en T-sprint test (s) (2.5%), en el test de Illinois (s) (1.7%), en salto vertical profundo (cm) (8.9%) y en la MVIC (Nm) (7.5%). En 2013 Michailidis *et al.*, propusieron un entrenamiento de pliometría de 2 sesiones semanales con una duración de 12 semanas en temporada que produjo mejoras significativas ($p < 0.005$) en jugadores pre-adolescentes ($n=24$) en el tiempo de sprint en diferentes distancias, así como en el salto vertical, la agilidad y la fuerza de piernas. También con jugadores pre-adolescentes Söhnlein *et al.* (2014) aplicaron un entrenamiento pliométrico que se realizó 2 días a la semana (día 1 orientación horizontal y vertical; día 2 orientación lateral) y que produjo mejoras significativas ($p < 0.005$) en los jugadores participantes en el tiempo de sprint (5 m: 3.8%, 20 m: 3.2% y 30 m: 2.5%) además de en diferentes test de salto (*hurdle agility jump* [HAR] 6.1%, test de 5 saltos (MB5) 11.8% y salto horizontal [HJ] 7.3%). Mientras, Brito *et al.* (2014), llevaron a cabo en un programa de 9 semanas en el que los jugadores ejecutaron 3 estaciones de ejercicios pliométricos (1: skipping+5 m; 2: 8VJ+3 remates cabeza; 3: 6VJ desde sentado+3drop jumps [DJ]) 2 días a la semana, mediante el cual obtuvieron mejoras significativas ($p < 0,005$) en el 1RM squat (kg), flexión plantar y extensión de rodillas (kg), y en el tiempo de sprint en 20 m.

Tabla 4. Adaptaciones del entrenamiento pliométrico en futbolistas

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Momento</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Efectos</i>
Meylan <i>et al.</i> (2009)	n = 14 futbolistas pre-adolescentes (13.3±0.6 años)	Temporada	8 semanas 2 días semana	Lista de 7 ejercicios 4 por sesión 2-4 series y 6-12 repes. orientación H o V	↑ 7.9% CMJ (p=0.004) ↑ 10.9% CT (p=0.01) ↑ 2.1% 10 m (p=0.004) ↑ 9.6% Agilidad (p=0.001)
Chelly <i>et al.</i> (2010)	n = 12 futbolistas amateur (19.1±0.7 años)	Temporada	8 semanas 2 días semana	Hurdle jump (40-60 cm.) 4 series 5-10 repes. Drop jump (40 cm.) 4 series 10 repes.	↑ 9.75% V _{máx} ; ↑ 10% acc; ↑ 4.5% potencia; ↑ 8.3% SJ; ↑ 2.5% CMJ (p<0,01)
Buchheit <i>et al.</i> (2010)	n = 10 futbolistas junior (15.5±0.5 años)	Temporada	10 semanas 1 día semana	Salto, escaleras de coordinación y sprint 4-6 series 4-6 ejercicios 45'' series 3' ejercicios	↑ 1.96% 30 m; ↑ 14.68% CMJ; ↑ 27.8% Hop; ↑ 0.16% RSAb; ↑ 0.80% RSAm; (p<0,005)
Vácsi <i>et al.</i> (2013)	n = 12 futbolistas húngaros amateur (21.9±1.7 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	3 ejercicios UNI 3 ejercicios BI 2-6 series 5-10 repes. 40-100 saltos/sesión	↑ 2.5% T-sprint test; ↑ 1.7% Illinois ↑ 8.9% DVJ; ↑ 7.5% MVIC; (p<0,05)
Michailidis <i>et al.</i> (2013)	n = 24 futbolistas pre-adolescentes (10.6±0,5 años)	Temporada	12 semanas 2 días semana	4 ejercicios por sesión de 9 posibles 2-4 series y 5-10 repes. 90-180''	Mejoras en velocidad 10, 20 y 30 m, salto vertical, agilidad, fuerza de piernas (p<0,005)
Zisis <i>et al.</i> (2013)	n = 7 futbolistas griegos amateur (16.9±1.1 años)	No Definido	8 semanas 2 días semana	Depth jump Spli SJ; Elastic jump Saltos diferente patrón 2-3 s. 10 repes. 1' recup.	No mejoras significativas en el test Jump and Reach (p<0,05)
Ramírez-Campillo <i>et al.</i> (2013)	n = 54 futbolistas junior (14.2±2.2 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	13 ejercicios horizontal y vertical UNI y BI 2 s. 5-10 repes. Seguido	↑ 4.4% SJ ↑ 7.4% CMJ; ↑ 5.7% SR; ↑ 12.2% DJ20; ↑ 5.6% BLJ; ↑ 5.6% 20 m; ↑ 10.3% MST; ↑ 3.3% 10x5 m (p<0,005)
	n = 54 futbolistas junior (14.2±2.2 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	13 ejercicios horizontal y vertical UNI y BI 2 s. 5-10 repes. 1 día rec.	↑ 8% CMJ; ↑ 4.7% SR; ↑ 12% DJ20; ↑ 5.3% BLJ; ↑ 5.1% 20 m; ↑ 10% MST; ↑ 2.7% 10x5 m (p<0,005)

Tabla 4. Adaptaciones del entrenamiento pliométrico en futbolistas (continuación)

Brito <i>et al.</i> (2014)	n = 12 futbolistas portugueses universitarios (20.3±0.9 años)	Temporada	9 semanas 2 días semana	skipping+5 m 8VJ+3 remates cabeza 6VJ desde sentado+3DJ	Produce mejoras en 1RM squat, flexión plantar y extensión de rodillas, y 20 m (p<0,005)
Ramírez- Campillo <i>et al.</i> (2014a)	n = 38 futbolistas pre-adolescentes (13.2±1.8 años)	Temporada	7 semanas 2 días semana	DJ20,40,60 2 series 10 repeticiones	↑ 4.3% CMJ; ↑ 16% DJ40; ↑ 22% DJ20; ↑ 4.1% MB5 ↑ 3.5% Illinois; ↑ 14% KD; ↑ 5% 2.4 km (p<0,005)
Ramírez- Campillo <i>et al.</i> (2014b)	n = 13 futbolistas pre-adolescentes (10.4±2.0 años)	Temporada	7 semanas 2 días semana	DJ20,40,60 2 series 10 repeticiones 30'' entre series	↑ 8.1% CMJ; ↑ 33.2% DJ20; ↑ 39% DJ40; ↑ 1.8% 20 m; ↑ 11.3% MKD (p<0,005)
	n = 14 futbolistas pre-adolescentes (10.4±2.3 años)	Temporada	7 semanas 2 días semana	DJ20,40,60 2 series 10 repeticiones 60'' entre series	↑ 9.1% CMJ; ↑ 35.3% DJ20; ↑ 38.9% DJ40; ↑ 15% MKD (p<0,005)
	n = 12 futbolistas pre-adolescentes (10.3±2.3 años)	Temporada	7 semanas 2 días semana	DJ20,40,60 2 series 10 repeticiones 120'' entre series	↑ 8.5% CMJ; ↑ 36.6% DJ20; ↑ 46.4% DJ40; ↑ 12.6% MKD (p<0,005)
Söhnlein <i>et al.</i> (2014)	n = 12 futbolistas pre-adolescentes (13±0.9 años)	Temporada	16 semanas 2 días semana	4 ejercicios por sesión horizontal y vertical lateral 2-5 series 6-16 reps.	↑ 3.8% 5 m; ↑ 3.2% 20 m; ↑ 2.5% 30 m; ↑ 6.1% HAR; ↑ 21.4% MB5 ↑ 9.6% HJ (p<0,005)
Ramírez- Campillo <i>et al.</i> (2015a)	n = 12 futbolistas pre-adolescentes (11±2 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	Programa BI horizontal y vertical 6 series 5-10 reps.	Mejoras en ABK UNI y BI, velocidad 15 y 30 m; agilidad; MKV y YYIE1 (p<0,005)
	n = 16 futbolistas pre-adolescentes (11.6±1.7 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	Programa UNI horizontal y vertical 3 series 5-10 reps.	Mejoras en ABK UNI y BI, velocidad 15 y 30 m; agilidad; MKV y YYIE1 (p<0,005)
	n = 12 futbolistas pre-adolescentes (11.6±2.7 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	Programa BI y UNI horizontal y vertical 2 series 5-10 reps.	Mejoras en ABK UNI y BI, velocidad 15 y 30 m; agilidad; MKV y YYIE1 (p<0,005) Mayor mejora otros grupos

Tabla 4. Adaptaciones del entrenamiento pliométrico en futbolistas (continuación)

	n = 120 futbolistas pre-adolescentes (11.6±1.4 años)	Temporada	6 semanas 2 días semana	Programa vertical UNI y BI 3-6 series 5-10 reps.	↑ 9.7% ABK horizontal ↑ 9.8% ABK vertical; ↑ 11% YYIE1; (p<0,005) ↑ 15.7% DJ20; (p<0,001)
Ramírez- Campillo <i>et al.</i> (2015b)	n = 10 futbolistas pre-adolescentes (11.4±1.9 años)	Temporada	6 semanas 3 días semana	Programa horizontal UNI y BI 3-6 series 5-10 reps.	↑ABK UNI y BI; ↑ YYIE1; ↑ en velocidad 15 y 30 m; ↑ MKV y MB% (p=0,05)
	n = 10 futbolistas pre-adolescentes (11.2±2.3 años)	Temporada	6 semanas 3 días semana	Programa combinado UNI y BI 2 series 5-10 reps.	Mejora en todos los test realizados; (p<0,001) Mayor mejora otros grupos (p<0,005)
De Hoyo <i>et al.</i> (2016)	n = 11 futbolistas españoles élite (18±1 años)	Temporada	8 semanas 2 días semana	Combinación de ejercicios de saltos, escalera y sprint (series según ejercicio)	↑ 7.2% CMJ (probable) ↑ 0.3% 30-20 m (probable) ↑ 1.5% 0-50 m (probable)

↑: mejora; H: horizontal; V: vertical; CMJ: salto con contramovimiento; CT: contact test; Vmáx: velocidad máxima; acc: aceleración; SJ: squat jump; RSAb: mejor serie test esprines repetidos; RSAm: media test esprines repetidos; UNI: unilateral; BI: bilateral; DVJ: salto vertical profundo; MVIC: contracción isométrica voluntaria máxima; SR: sit & reach, DJ: drop jump 20 cm; BLJ: Broad long jump test; MST: shuttle run; VJ: vertical jump; MKD: distancia máxima golpeo balón MB5: test 5 saltos; HJ: horizontal jump; HAR: hurdle agility jump; ABK: abalakov; YYIE1: test yo-yo1;

Llegados a este punto, debemos hacer referencia al autor Ramírez-Campillo y a su grupo de trabajo, los cuales desarrollaron una serie de investigaciones para conocer los efectos de la modulación de diferentes variables del entrenamiento pliométrico sobre los futbolistas. La primera investigación destacada de Ramírez-Campillo *et al.* (2013) se realizó con futbolistas junior (n=108) los cuales, durante 6 semanas, realizaron el mismo entrenamiento pliométrico que consistió en 13 ejercicios tanto unilaterales como bilaterales con orientación horizontal y vertical (2 series de 5-10 repeticiones) con la única diferencia que un grupo realizaba las dos sesiones semanales en días seguidos y el otro grupo en días alternos. Ambos grupos obtuvieron mejoras estadísticamente significativas (p<0,005) en test de flexibilidad, de saltos y tiempo de sprint. Aunque se recomienda que el entrenamiento pliométrico no se realice en días consecutivos, este estudio no presentó diferencias significativas entre ambos grupos. En 2014, Ramírez-Campillo *et al.*, plantearon un programa de entrenamiento de 7 semanas basado en DJ

(2 series de 10 repeticiones en alturas de 20-40-60 cm) con la diferencia entre grupos del tiempo de recuperación entre series (30-60-120 s). Los tres grupos obtuvieron mejoras en el salto vertical (CMJ y DJ20 y 40) y en la distancia máxima de golpeo de balón (MKD), sin que existieran diferencias significativas entre ellos. Solo en el tiempo de sprint 20 m hubo diferencias, ya que el único grupo que obtuvo mejoras significativas ($p < 0,005$) en esta variable fue el grupo de 30 s. Siguiendo esta línea de investigación, Ramírez-Campillo *et al.* (2015a) programaron un entrenamiento de 6 semanas de duración en temporada con 40 futbolistas pre-adolescentes a los que dividieron en 3 grupos según el entrenamiento a realizar: bilateral horizontal y vertical (6 series 5-10 repes.), unilateral horizontal y vertical (3 series 5-10 repes.) y combinado horizontal y vertical (2 series 5-10 repes.) para conocer las diferencias entre estos regímenes de entrenamiento pliométrico. A pesar de que los tres grupos mostraron mejoras significativas ($p < 0,005$) en la potencia muscular del tren inferior, así como en el rendimiento en pruebas de resistencia, el entrenamiento combinado bilateral y unilateral presentó mayores mejoras sobre el rendimiento que los otros dos grupos. Para conocer las diferencias entre la orientación de los ejercicios pliométricos, Ramírez-Campillo *et al.* (2015b) propusieron una investigación con futbolistas pre-adolescentes ($n=31$) en la que cada grupo realizaba un entrenamiento pliométrico diferente en función de la orientación de los ejercicios: vertical (3-6 series 5-10 repes.), horizontal (3-6 series 5-10 repes.), y combinado (2 series 5-10 repes.). Los 3 programas tuvieron una duración de 6 semanas y se realizaron 3 días a la semana. Los resultados demostraron que los tres programas de entrenamiento producían mejoras significativas ($p < 0,005$) en las acciones explosivas, el equilibrio y la capacidad de resistencia intermitente. Sin embargo, la combinación de ejercicios verticales y horizontales parece producir mayores mejoras en el rendimiento, principalmente en la velocidad lineal y con cambios de dirección. Por último, destacamos el trabajo de De Hoyo *et al.* (2016) con futbolistas españoles de élite ($n=11$) los cuales realizaron un programa de entrenamiento de 8 semanas en temporada de pliometría (2 veces a la semana), el cual consistió en la combinación de ejercicios de *salto*, *escalera de coordinación* y *sprint*. Tras la realización del programa, los resultados obtenidos mostraron mejoras sustanciales (probable) en CMJ (cm) del 7.2%, en el tiempo de sprint de 30-50 m (s) del 0.3% y en la velocidad máxima de 0-50 m (s) del 1.5%.

Según la revisión realizada, existe una gran variedad de investigaciones sobre el entrenamiento de pliometría en futbolistas (Tabla 4), en las que quedan patentes los

efectos de la modificación de diferentes parámetros del mismo, lo que nos facilita la programación de sesiones pliométricas en función de los objetivos deseados, además de dar una idea sobre qué orientación deben tener dichas sesiones para la obtención de resultados óptimos.

- *Contrastes*

Las diferentes variedades de entrenamiento regidas por el método de contrastes y las diferentes modalidades derivadas del mismo hacen que la comparación entre estudios sea relativamente complicada (Tabla 5). A pesar de esto, existen investigaciones realizadas con futbolistas, las cuales presentaron resultados positivos en diferentes variables relacionadas con el rendimiento en el fútbol. En esta línea encontramos el trabajo de Mujika *et al.* (2009), los cuales aplicaron a un grupo de futbolistas españoles junior de élite (n=10) un programa de 7 semanas de duración durante la temporada competitiva basado en la combinación de ejercicios de cargas altas, de cargas bajas y ejercicios específicos de fútbol (conducción, salto de cabeza, etc.) con los que consiguieron mejoras significativas ($p < 0,005$) en CMJ (cm) del 4.5%, en ABK (cm) del 1% y en el tiempo de sprint en 15 m (s) del 2.8%. En 2010 Maio Alves *et al.*, plantearon una investigación con el objetivo de conocer las diferencias entre aplicar un programa de entrenamiento por contrastes 1 o 2 días a la semana (*Half squat, skipping, 5 m sprint; gemelos, vertical jump (VJ), remates de cabeza; y extensión de cuádriceps, jump from seat (JFS), DJ: 6 repes. 80-85-90%*). Una vez finalizado el proceso de entrenamiento los resultados mostraron que las mejoras significativas ($p < 0,005$) en salto vertical y sprint no se ven influenciadas por el número de sesiones semanales de entrenamiento por contrastes. Por otro lado, Faude *et al.* (2013) demostraron que un programa de entrenamiento por el método de contrastes realizado en jugadores amateur (n=16) durante 7 semanas, en el que se combinaban sesiones con orientación unilateral (*HS 4x4 90% 1RM 4' recup. + 5 horizontal jump [HJ]*) con sesiones de orientación bilateral (*HS 4x4 50-60% 1RM 4' recup. + 5 HJ*), producía mejoras significativas ($p < 0,005$) en 1RM HS (kg) del 18.2%, en CMJ bilateral (cm) del 3%, en el CMJ izquierda del 4.3% y en el DJ reactivo del 9,4%. Brito *et al.*, (2014) obtuvieron resultados positivos en 1RM (kg) squat, flexión plantar y extensión de rodillas, y 20 m (s) ($p < 0,005$) tras la realización de un entrenamiento por contrastes durante 9 semanas dentro de la temporada competitiva. Por último, García-Pinillos *et al.*, (2014) plantearon un entrenamiento por el método de contrastes que consistió en la combinación de *Half Squat isométrico* durante 40-80

segundos y *JFS* o salto una pierna (4-6 series 2 reps.). Tras las 12 semanas que duró la intervención se obtuvieron mejoras significativas ($p < 0.005$) en CMJ (cm) del 7.14%, en el tiempo de sprint (s) en 5 m (14.97%), 10 m (13.36%), 20 m (8.09%) y 30 m (6.26%), y una mejora en el test de agilidad de Balsom (BAT) (s) del 5.13%.

Tabla 5. Adaptaciones del entrenamiento de fuerza por contrastes en futbolistas

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Momento</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Efectos</i>
Mujika <i>et al.</i> (2009)	n = 10 futbolistas españoles elite junior (18±0.5 años)	Temporada	7 semanas 6 sesiones	3 postas que combinan ejercicios con cargas altas, cargas bajas, y ejercicios de fútbol	↑ 2.8% 15 m ↑ 4.5% CMJ ↑ 1% ABK ($p < 0,005$)
Maio Alves <i>et al.</i> (2010)	n = 9 futbolistas portugueses elite (17.4±0.6 años)	No Definido	6 semanas 1 día semana	Squat, skipping, 5 m Gemelos, VJ, RC LE, JFS, DJ 6 repes. 80-85-90%	↑ 9.2% 5 m ↑ 6.2% 15 m ↑ 12.6% SJ ($p < 0,005$)
	n = 8 futbolistas portugueses elite (17.4±0.6 años)	No Definido	6 semanas 2 días semana	Squat, skipping, 5 m Gemelos, VJ, RC LE, JFS, DJ 6 repes. 80-85-90%	↑ 6.2% 5 m ↑ 3.1% 15 m ↑ 9.6% SJ ($p < 0,005$)
Faude <i>et al.</i> (2013)	n = 7 futbolistas noruegos amateur (22.6±2.4 años)	Temporada	7 semanas 2 días semana	HS 4x4 90% 1RM 4' recup. + 5 HJ (UNI) HS 4x4 50-60% 1RM 4' recup. + 5 HJ (BI)	↑ 18.2% 1RM HS; ↑ 3% CMJ BI; ↑ 4.3% CMJ izq; ↑ 9.4% DJr ($p < 0,005$)
Brito <i>et al.</i> (2014)	n = 12 futbolistas portugueses universitarios (20.3±0.9 años)	Temporada	9 semanas 2 días semana	Half Squat (6 reps 85%) Ext gemelos (6 reps 90%) Ext piernas (6 reps 80%) y ejercicios pliométricos	Produce mejoras en 1RM squat, flexión plantar y extensión de rodillas, y 20 m ($p < 0,005$)
G ^a -Pinillos <i>et al.</i> (2014)	n = 17 futbolistas españoles amateur (15.9±1.4 años)	Temporada	12 semanas 2 días semana	Half Squat isométrico 40-80 segundos y <i>JFS</i> o salto una pierna 4-6 series 2 reps.	↑ 7.14% CMJ ↑ 14.97% 5 m; ↑ 13.36% 10 m; ↑ 8.09% 20 m; ↑ 6.26% 30 m ↑ 5.13% BAT ($p < 0,005$)

↑: mejora; RM: repetición máxima; ABK: abalakov SJ: squat jump; CMJ; countermovement jump; HS: half squat; VJ: salto vertical; JFS: salto desde banco; DJ: drop jump; DJr: drop jump reactivo; UNI: unilateral; BI: bilateral; BAT: test de agilidad de Balsom; JFS: jump from seat; RE: remate de cabeza;

- Sobrecarga excéntrica

El entrenamiento con sobrecarga excéntrica ha adquirido gran importancia gracias a los beneficios asociados al incremento de la fuerza excéntrica, así como a los cambios estructurales y funcionales que produce en la musculatura, aunque debido a que es un

método novedoso, las investigaciones orientadas a la mejora del rendimiento deportivo en futbolistas no son muy amplias. La primera referencia al uso de la sobrecarga excéntrica para la mejora del rendimiento en futbolistas es el trabajo realizado por Askling *et al.* (2003). En ella se planteó, con jugadores suecos profesionales (n=15), un trabajo excéntrico complementario (10 semanas en pretemporada), centrado en la musculatura isquiotibial. Para ello utilizaron la maquina *yoyo curl hamstring*, y cada jugador realizó 4 series de 8 repeticiones bilaterales a la máxima intensidad posible, 1 o 2 veces a la semana. Una vez acabado el período de entrenamiento, se obtuvieron mejoras significativas ($p < 0.05$) en la fuerza de los isquiotibiales tanto concéntrica (Nm) como excéntrica (Nm) del 15.3% y 19.2% respectivamente, así como en el tiempo de sprint (s) en 30 m del 2.4%. En esta línea, De Hoyo *et al.* (2015a) programaron una intervención con jugadores españoles élite U-19 (n=20) en la que durante 20 semanas realizaron 1 o 2 sesiones de un programa de entrenamiento que consistió en dos ejercicios, *yoyo squat* y *yoyo leg curl*, de los que realizaron 3-6 series de 6 repeticiones a máxima intensidad. Tras el análisis de los resultados se obtuvieron mejoras sustanciales en CMJ (cm) del 6.1% (muy probable) y en el tiempo de sprint (s) en 20 m del 0.6% (posible). En 2015, Tous-Fajardo *et al.*, comprobaron el efecto del entrenamiento combinado de sobrecarga excéntrica y entrenamiento vibratorio en futbolistas españoles élite U-18 (n=12) durante la temporada, demostrando que esta combinación de ejercicios producía mejoras sustanciales del 5.7% en V-Cut (s) (casi seguras), en CMJ (cm) del 4.4% (posible) y en la potencia relativa media (W) del 9.5% (probable). Por otro lado, De Hoyo *et al.* (2015b) llevaron a cabo un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica durante 6 semanas en futbolistas españoles de élite (n=11) que consistió en 5-7 series de 8 repeticiones con la carga óptima potencia del ejercicio *split frontal en polea cónica*. Tras la aplicación del programa de entrenamiento se apreciaron mejoras significativas en el tiempo de sprint (s) en 10 m ($p=0,01$), salto vertical (cm) ($p=0,001$) y en la fuerza ejercida durante una contracción voluntaria isométrica máxima (W) ($p=0,05$). No solo se ha utilizado el entrenamiento con sobrecarga excéntrica para la mejora del rendimiento a corto plazo en futbolistas, sino que también se ha usado como activación para la mejora del rendimiento inmediato (Tabla 6). En este último enfoque tomamos como referencia el trabajo de De Hoyo *et al.* (2014), los cuales prepararon un calentamiento basado en 5' en bicicleta estática y en 4 series de 6 repeticiones de *yoyo squat* bilateral con 2' de recuperación entre series. Los resultados más interesantes de esta activación previa fueron la mejora del rendimiento

en CMJ (cm) del 6.1% (muy probable) y en la velocidad de sprint (s) en 20 m del 0.6% (posible).

Tabla 6. Adaptaciones del entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica en futbolistas

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Momento</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Efectos</i>
Askling <i>et al.</i> (2003)	n = 15 futbolistas suecos profesionales (24±2.6 años)	Pretemporada	10 semanas 1-2 días semana	Yo-yo curl isquios 4 series 8 repes. BI Máxima intensidad	↑ 15.3% con ↑ 19.2 % ecc ↑ 2.4% 30 m (p=0,05)
De Hoyo <i>et al.</i> (2014)	n = 20 futbolistas españoles élite U-19 (17±1 años)	No Definido	No Definido	5´ bici estática Yo-yo squat 4 series 6 repes. BI 2´ recuperación	↑ 6.1% CMJ (Muy probable) ↑ 0.6% 20 m (Posible)
De Hoyo <i>et al.</i> (2015a)	n = 18 futbolistas españoles élite junior (18±1 años)	Temporada	10 semanas 1-2 días semana	Yo-yo squat Yo-yo curl isquios 3-6 series 6 repes. Potencia máxima	↑ 7.6% CMJ (VL) ↑ 1% 10 m (Posible) ↑ 1.5% 20 m (Posible) ↑ 3.3% 10 m-1 (AC)
Tous- Fajardo <i>et al.</i> (2015)	n = 12 futbolistas españoles élite U-18 (17±0.5 años)	Temporada	11 semanas 1 día semana	RDT; BL; HK; SU: 2 series 6-10 repes. Plataforma vibratoria NH; ADD; Puente lateral	↑ 5.7% V-Cut (AC) ↑ 4.4% CMJ (Posible) ↑ 9.5% AP (Probable)
De Hoyo <i>et al.</i> (2015b)	n = 11 futbolistas españoles élite (22±2 años)	No Definido	6 semanas 3 días semana	Zancada Polea Cónica 5-7 series 8 repeticiones carga óptima potencia	↑ 0.11±0.27s 10 m (p=0,01) ↑ 1.55±2.44cm CMJ (p=0,001) ↑ 106.56±121.63N MVIC (p=0,05)

↑: mejora; CMJ; countermovement jump; HS: half squat; BI: bilateral; AC: almost certainly; U-19: sub 19; U-18: sub 18; BAT: test de agilidad de Balsom; 10 m-1: sprint 10 metros lanzados; RDT: rotaciones diagonales de tronco; AP: potencia relativa media; BL: zancada de espaldas; HK: patada de isquios; SU: squat unilateral; NH: nordic hamstring; ADD: aductores; N: newton; MIVC: contracción isométrica máxima voluntaria; con: fuerza concéntrica; ecc: fuerza excéntrica;

- Otros métodos

En este apartado incluimos el entrenamiento de fuerza con gomas elásticas, el cual es muy utilizado en la práctica diaria en el fútbol a pesar de que las evidencias con futbolistas son muy escasas. Destacamos el trabajo de Jensen *et al.* (2014), en el que aplicaron un programa de entrenamiento con gomas elásticas durante las 8 semanas del parón invernal, con jugadores sub-élite (n=13). El resultado más interesante obtenido en este trabajo fue la mejora de la fuerza excéntrica máxima (Nm/kg) en la musculatura

aductora del 30% ($p=0,001$). Como vemos, un método con resultados interesantes y aplicable en el día a día del entrenamiento de fútbol (Tabla 7).

Tabla 7. Adaptaciones del entrenamiento de fuerza con gomas elásticas en futbolistas

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Momento</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Efectos</i>
Jensen <i>et al.</i> (2014)	n = 13 futbolistas sub-élite (22.1±3.3 años)	Parón Mitad Temporada	8 semanas 2-3 días semana	5´ bici estática Aducción de cadera isométrica y dinámica 15-10-8 RM	↑ 30% EHAD (Muy probable) ($p=0,001$)

↑: mejora; RM: repetición máxima; EHAD: contracción excéntrica máxima de cadera;

1.2.3. Lesiones en el fútbol

1.2.3.1. Epidemiología lesional en fútbol

Debido a las demandas específicas del fútbol, la incidencia lesional es significativamente más alta que en otros deportes de equipo, como hockey, voleibol y baloncesto (Van Winckel *et al.*, 2014). Además, el riesgo de lesión aguda en futbolistas profesionales es hasta 1000 veces mayor si se compara con cualquier tipo de actividad industrial (Drawer *et al.*, 2002). Los estudios epidemiológicos indican que la tasa de prevalencia de lesiones en el fútbol profesional es del 15%, lo que quiere decir que para un equipo de 25 jugadores, aproximadamente 4 jugadores no estarán disponibles para participar en cada sesión de entrenamiento debido a las lesiones. Hägglund *et al.* (2006) mostraron que el 65-95% de los jugadores tenían al menos una lesión cada temporada y Ekstrand *et al.* (2011) demostraron que en un equipo de 25 jugadores se pueden esperar alrededor de 15 lesiones musculares por temporada.

A pesar de que en los últimos 20 años se han realizado multitud de estudios con el objetivo de conocer la epidemiología lesional en el fútbol, la heterogeneidad metodológica de los mismos hace que la comparación de los resultados entre ellos sea muy difícil y poco significativa (Fuller *et al.*, 2006). Para intentar subsanar este problema, Fuller *et al.* (2006), redactaron un documento de consenso con el fin de homogeneizar criterios y así poder establecer comparaciones entre los diferentes estudios epidemiológicos realizados con futbolistas. Existen múltiples definiciones de lesión, siendo estas las más utilizadas en los estudios sobre lesiones en el fútbol, las cuales siguen dos modelos: UEFA y FIFA. Hägglund *et al.* (2005) dentro del modelo

UEFA presentaron la siguiente definición: “Lesión sería la que ocurrió durante una sesión de entrenamiento programada o un partido, que causa la ausencia a la sesión de entrenamiento o partido siguiente”. Fuller *et al.* (2006) proponen la siguiente definición de lesión, utilizada en los estudios epidemiológicos de competiciones FIFA: “cualquier queja-molestia física padecida por un jugador que resulta de un partido o un entrenamiento de fútbol, independientemente de la necesidad de atención médica o pérdida de tiempo de actividades de fútbol”.

A pesar de estas dificultades metodológicas, el efecto del consenso sí que está dando sus frutos, y existe la posibilidad de comparar diferentes investigaciones y establecer valores de referencia que permitan conocer la realidad epidemiológica del fútbol.

Un aspecto interesante es conocer la incidencia lesional, respecto a la cuál encontramos que la mayoría de los estudios publicados muestran que el riesgo de lesión aumenta con el tiempo de exposición a la competición, siendo menor la incidencia lesional con la exposición al entrenamiento, con unos valores medios de 13-40.3 lesiones cada 1000 horas de partido respecto a 1.9-5.9 lesiones cada 1000 horas de entrenamiento (Andersen *et al.*, 2003; Árnason *et al.*, 2005; Ekstrand *et al.*, 1990; Hawkins *et al.*, 1999; Hawkins *et al.*, 2001; Llana *et al.*, 2010; Mallo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2012; Waldén *et al.*, 2005; Woods *et al.*, 2004).

En el fútbol, la localización más común de las lesiones la encontramos en los miembros inferiores, siendo el 77-93% del total de las lesiones las que afectan a dichos miembros (Árnason *et al.*, 2004; Faude *et al.*, 2005; Hägglund *et al.*, 2005; Jacobson *et al.*, 2007; Mallo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2012; Woods *et al.*, 2004). En cuanto a la localización concreta de las lesiones, sabemos que el muslo es la zona más afectada, así como que la ingle y cadera son zonas donde se dan un gran número de lesiones en futbolistas y que las articulaciones con mayor número de lesiones son las rodillas y los tobillos (Árnason *et al.*, 2004; Dvorak *et al.*, 2007; Hawkins *et al.*, 2001; Junge *et al.*, 2004; Waldén *et al.*, 2007; Woods, 2002; Woods *et al.*, 2004).

En cuanto a la tipología de las lesiones, podemos observar que las lesiones más comunes son las lesiones musculares, las cuales constituyen el 10-42% y se localizan principalmente en la zona del cuádriceps, la musculatura isquiotibial, los aductores y el tríceps sural. Seguidamente encontramos las lesiones articulares, las cuales constituyen el 17-34% de las lesiones totales, afectando principalmente al tobillo (ligamento lateral externo), y a la rodilla (ligamento lateral interno), y en menor medida se encuentran las contusiones (8-21%) y las fracturas, que constituyen el 1-5%. (Árnason *et al.*, 2007;

Faude *et al.*, 2005; Llana *et al.*, 2010; Noya y *et al.*, 2012). Waldén *et al.*, (2005) en un estudio con equipos de la UEFA Champions League mostraron una interesante clasificación de las lesiones según su severidad, siendo las lesiones de severidad menor (4-7 días) las más comunes seguidas muy de cerca de las lesiones leves (< 3 días) y de las moderadas (8-28 días), quedando en último lugar las lesiones severas (> 28 días), aunque en otras investigaciones como la de Hawkins *et al.* (2001), realizada en futbolistas profesionales ingleses, este tipo de lesiones se ve elevado hasta el 23% de las lesiones totales. En el trabajo de Noya *et al.* (2012) podemos ver cuales lesiones son las que producían más días de baja en futbolistas profesionales de 1ª y 2ª división en España, donde destacan las lesiones de rodilla como las causantes de más días de ausencia, principalmente las lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA).

Por último, respecto al mecanismo de lesión sabemos que se producen más lesiones por causas traumáticas que por sobreuso, aunque si diferenciamos entre partidos y entrenamientos vemos que las lesiones por sobreuso son más comunes en entrenamientos y que las lesiones traumáticas tienen más presencia en los partidos, posiblemente motivado por la intensidad derivada de los puntos en juego durante la competición. (Waldén *et al.*, 2005).

1.2.3.2. Factores de riesgo en fútbol

1.2.3.2.1. Factores Intrínsecos

Los factores de riesgo intrínsecos son aquellos que tienen relación con las características del propio deportista. Se diferencian entre *no modificables*, que son aquellos factores que no pueden ser alterados, pero que hay que tenerlos en cuenta a la hora de prescribir programas preventivos individuales y en *modificables*, que son los factores de riesgo sobre los cuales se puede intervenir para reducir su influencia sobre una posible lesión.

Dentro de los *factores de riesgo intrínsecos no modificables* destacamos:

- Edad

La edad es un factor intrínseco con influencia sobre el aumento de lesiones deportivas, ya sea en lesiones relacionadas con el crecimiento como con lesiones causadas por el efecto indirecto de la exposición y desgaste (Freckleton *et al.*, 2013). Varios estudios han demostrado claramente que los jugadores más viejos son más propensos a sufrir lesiones musculares, principalmente lesiones en los isquiosurales (Freckleton *et al.*,

2013; Henderson *et al.*, 2010; Verral *et al.*, 2011). En esta línea, Hägglund *et al.* (2013) demostraron que los jugadores más viejos tenían un incremento en el ratio de lesiones en la pantorrilla de casi el doble, aunque los investigadores no encontraron relación con otra musculatura. Las causas de porqué los jugadores de mayor edad son más susceptibles a sufrir lesiones musculares no están muy claras, aunque se ha sugerido que los cambios relacionados con la edad, como el incremento de peso y la pérdida de flexibilidad, pueden explicar parcialmente este aumento del riesgo de lesión (Gabbe *et al.*, 2006).

- *Sexo*

Investigaciones realizadas por diversos autores confirman la diferencia de sexo como un factor determinante en el perfil lesional de los futbolistas, teniendo más influencia en algunas lesiones concretas, como la lesión de LCA, donde existe un riesgo de lesión de tres veces mayor en mujeres respecto a hombres (Sutton *et al.*, 2012). Esto es debido, principalmente, a que las mujeres, suelen tener menores niveles de fuerza y una mayor laxitud ligamentosa en la rodilla, que junto a factores anatómicos, hormonales y neuromusculares (Hewett, 2000) hacen que el riesgo de lesión en acciones de elevado control motor, como saltos y cambio de dirección, sea mayor en mujeres que en hombres (Backous *et al.*, 1988).

- *Raza*

Woods *et al.* (2004) encontraron un incremento significativo del riesgo de lesión en jugadores de raza negra.

- *Altura*

Freckleton *et al.* (2013) demostraron en su meta-análisis que la altura no era un factor diferencial entre grupos de jugadores lesionados y no lesionados, aunque sí que es un factor a tener en cuenta ya que interviene en la composición corporal, y parece lógico pensar que un exceso de sobrecarga corporal debe aumentar el índice de lesiones, principalmente aquellas producidas por mecanismos de sobrecarga debido a un estrés repetido sobre una misma estructura. A pesar de esto, es necesario aportar más estudios que clarifiquen el papel de la altura como factor de riesgo.

Entre los *factores de riesgo intrínsecos modificables* debemos tener en cuenta los siguientes:

- *Peso corporal, porcentaje de grasa e índice de masa corporal*

El hecho de tener sobrepeso provoca que el cuerpo pierda una gran cantidad de energía en movimientos ineficientes, además de que un incremento de grasa corporal produce un incremento exponencial en la carga y fuerzas que tienen que soportar las estructuras corporales, por lo que el riesgo de lesión es mayor (Van Winckel *et al.*, 2014). Fousekis *et al.*, (2012) demostraron que los jugadores con un incremento del peso corporal tenían un aumento significativo del riesgo de lesión por no contacto en la articulación del tobillo. Este incremento de porcentaje de grasa y aumento de peso se traduce en un mayor índice de masa corporal, lo que hace que aumente el riesgo de lesión en futbolistas, tanto por lesiones musculares (Gabbe *et al.*, 2006) como por lesiones articulares (Fousekis *et al.*, 2012; Tyler *et al.*, 2006) principalmente de tobillo y rodilla.

- *Calentamiento*

Dvorak *et al.*, (2000) encontraron relación entre jugadores lesionados y un calentamiento inadecuado, de lo que se desprende que un calentamiento adecuado evita lesiones, pero si además se incluyen diferentes contenidos como movilidad articular, carrera progresiva, estiramientos y trabajo propioceptivo, se puede conseguir un efecto preventivo por medio de dicho calentamiento (Brito *et al.*, 2010; Kirkendall *et al.*, 2010). Además, existen propuestas prácticas de implementación de contenidos de prevención en los calentamientos con resultados positivos (Olsen *et al.*, 2005).

- *Lesión previa e inadecuada rehabilitación*

Uno de los factores de riesgo intrínsecos de los miembros inferiores más estudiado en el fútbol es el hecho de haber sufrido una lesión previa (Engebretsen *et al.*, 2010; Hägglund *et al.*, 2006). Los jugadores que han sufrido una lesión muscular en la temporada anterior presentaron un ratio de lesión 3 veces mayor si se comparaban con jugadores sin lesión previa (Hägglund *et al.*, 2013). El hecho de que una lesión previa sea un factor de riesgo tan importante está estrechamente relacionado con una inadecuada rehabilitación, la cual da lugar a niveles bajos de fuerza, desequilibrios musculares, disminución de la flexibilidad, cicatrices en el tejido lesionado e inestabilidad funcional (Engstrom, 1998). Respecto a una incorrecta rehabilitación,

Croisier (2005) encontraron en su estudio que un desequilibrio del 69% en los deportistas que habían sufrido una lesión previa, sobre los cuales se intervino con un programa de reequilibrio muscular, dio lugar a la reducción del número de recaídas. Una inadecuada rehabilitación se debe en muchos casos a una temprana vuelta a la competición (Ekstrand *et al.*, 1983), lo que incrementa el riesgo de sufrir una lesión idéntica.

- *Fatiga*

La fatiga ha sido identificada en la literatura como un factor de riesgo (Mair *et al.*, 1996), debido a los riesgos asociados que tiene la aparición de la misma en los deportistas, principalmente en lesiones musculares. Woods *et al.*, (2004) vieron que las lesiones de isquiotibiales en futbolistas durante la competición se daban en los minutos finales de cada parte del partido, lo que asociaron a la aparición de la fatiga en dichos momentos del partido.

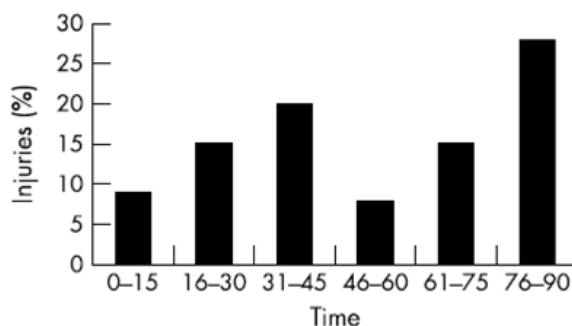


Figura 3: Lesiones musculares de isquiotibiales distribuidas a lo largo de un partido de fútbol (Woods *et al.*, 2004)

- *Resistencia*

Es un factor de riesgo estrechamente relacionado con la fatiga, ya que niveles bajos de resistencia aeróbica inducen a la aparición temprana de la fatiga, lo que disminuye la función protectora de la musculatura sobre las articulaciones. En fútbol destaca el trabajo de Chomiak *et al.*, (2000), en el cual se demuestra la relación existente entre un bajo nivel de resistencia y la producción de lesiones en futbolistas.

- *Pierna dominante*

En el fútbol, la utilización preferente de un segmento corporal, en los golpes o apoyos, puede dar lugar a un incremento del riesgo lesional, ya sea en la pierna dominante o no

dominante, en función de la tipología lesional. Lesiones en cuádriceps y en la ingle son más comunes en la pierna dominante, debido a la gran cantidad de golpes que realiza un futbolista (Hägglund *et al.*, 2013), aunque no existen diferencias entre ambos miembros para lesiones en los isquiotibiales (Henderson *et al.*, 2010). En cuanto a las lesiones articulares, Ekstrand *et al.*, (1983) demostraron que la pierna dominante sufre más lesiones de tobillo (92,3%) respecto a la no dominante, pero por el contrario Chomiak *et al.*, (2000) no encontraron diferencias significativas en lesiones de rodilla y tobillo entre miembro dominante y no dominante. Además, el hecho de que en el fútbol exista una pierna dominante da lugar a desequilibrios musculares, lo que aumenta la probabilidad de lesión, aunque con un trabajo de corrección adecuado se puede reducir esta probabilidad, al menos en la musculatura isquiotibial (Croisier *et al.*, 2008).

- *Fuerza muscular*

El nivel de fuerza de la musculatura junto con las propiedades funcionales del músculo y su función fijadora en las articulaciones de carga son factores determinantes de protección en las lesiones deportivas (Parkkari *et al.*, 2001; Thacker *et al.*, 2003). Dentro de la fuerza muscular, debemos tener en cuenta el valor de fuerza excéntrica, ya que se ha demostrado que está relacionado con la incidencia de lesiones musculares, principalmente en isquiotibiales (Askling *et al.*, 2003; Brockett *et al.*, 2004; Engebretsen *et al.*, 2010; Thacker *et al.*, 2003). En la construcción muscular del deportista, además de tener valores de fuerza adecuados, es necesario asegurar un buen balance muscular, por lo que se deben de respetar los principios de equilibrio derecha-izquierda, arriba-abajo, delante-detrás y agonista-antagonista (Casáis, 2008). En este sentido, es necesario conocer que cuando existe un desequilibrio de fuerza concéntrica a 60°/s entre un isquiotibial y el isquiotibial de la pierna contraria el riesgo de lesión en esta musculatura aumenta (Orchard *et al.*, 1997). Söderman *et al.* (2001) encontraron que un descenso en el ratio de fuerza H/Q es un factor de riesgo para lesiones traumáticas y que un aumento de dicho ratio supone el aumento del riesgo de lesiones por sobreuso. Yeung *et al.* (2009) demostraron que la probabilidad de lesiones de isquiotibiales se incrementa con un descenso del ratio H/Q a 180°/s, y que un ratio inferior a 0.6 produce un aumento del riesgo de lesión hasta 17 veces. Además, respecto a las lesiones de isquiotibiales, debemos tener en cuenta el meta-análisis de Freckleton *et al.* (2013), donde identifican el incremento del pico de fuerza del cuádriceps como un factor de riesgo intrínseco para las lesiones de isquiotibiales.

- *Flexibilidad*

A pesar de que el sentido común nos puede hacer pensar que existe una relación entre el incremento de la flexibilidad y la reducción de la incidencia lesional en el fútbol, es cierto que la bibliografía no deja clara esta relación, debido en muchos casos a un error en la metodología utilizada (Shrier, 1999). Una pobre flexibilidad ha sido identificada como un factor de riesgo intrínseco para las lesiones musculares del miembro inferior (Bradley *et al.*, 2007; Ibrahim *et al.*, 2007; Witvrouw *et al.*, 2003) y a nivel ligamentoso, existen evidencias de que la hiperlaxitud aumenta el riesgo de padecer lesiones articulares. Ostenberg *et al.*, (2000) encontraron en su investigación que las jugadoras con una puntuación superiora 4 en la escala de Beighton (Beighton *et al.*, 1973) tenían mayor riesgo de sufrir una lesión. En la misma línea Ekstrand *et al.* (2011) demostraron que en futbolistas la laxitud articular, basada en valgo/varo y estabilidad anterior/posterior, es un factor de riesgo lesional. Ramesh *et al.* (2005) encontraron que las lesiones de LCA son más comunes en futbolistas con laxitud articular, especialmente aquellos que tenían hiperextensión de rodilla. También hay que tener en cuenta el rango de movilidad articular, especialmente de la cadera, ya que una reducción del mismo se asocia con lesiones de isquiotibiales (Gabbe *et al.*, 2006).

- *Control motor*

La variación de la estabilidad postural está relacionada con la alteración de las estrategias de control neuromuscular, aspecto a tener en cuenta como factor de riesgo (Murphy *et al.*, 2003; Willems *et al.*, 2005). En esta línea, Tropp *et al.* (1995) investigaron el equilibrio postural por medio de la estabilometría en jugadores de fútbol y demostraron que aquellos futbolistas con valores anormales en dicha prueba corrían un riesgo mayor de padecer lesiones de tobillo en comparación con jugadores con valores normales. Mientras que Söderman *et al.* (2001) estudiaron la influencia de la inestabilidad en la producción de lesiones y encontraron que si el nivel de equilibrio disminuía, aumentaba el riesgo de lesión.

1.2.3.2.2. Factores Extrínsecos

Se consideran factores de riesgo extrínsecos a aquellos que tienen que ver con el ambiente y con aspectos externos al deportista, y que influyen en la producción de lesiones. Algunos de ellos se asocian con el entrenamiento y la preparación física.

- *Superficie de juego*

Sobre este factor de riesgo, los resultados encontrados en la literatura son contradictorios. Existen estudios que determinan que en césped artificial de 1ª generación se producían un mayor número de lesiones que sobre césped natural o tierra (Árnason *et al.*, 1996). Esto puede ser debido a que en césped artificial se producen picos de aceleración horizontal mayores que en césped natural (Zanetti *et al.*, 2013). A pesar de esto, Ekstrand *et al.* (2006) no encontraron diferencias en el número de lesiones entre césped natural y césped artificial de 3ª generación, resultados que se pueden justificar con los datos de la investigación de Hughes *et al.* (2013), los cuales demostraron que solo existían pequeñas diferencias en ciertos movimientos cuando se comparaba césped natural y artificial, y concluyeron que la fatiga producida por el fútbol no presentaba diferencias entre ambas superficies si se comparaba con césped artificial de alta calidad.

- *Calzado deportivo*

A pesar de la poca evidencia científica al respecto, se considera a la interacción jugador-bota-superficie como uno de los factores de riesgo más importantes. En esta línea, Gehring *et al.* (2007), compararon botas de fútbol de tacos redondos y tacos de hoja, sin encontrar diferencias significativas en las cargas externas que tenía que soportar la articulación de la rodilla durante la realización de gestos lesivos. Galbusera *et al.* (2013) demostraron que los tacos redondos y los tacos de hoja no presentaban diferencias significativas en su interacción con la superficie de juego.

- *Protecciones*

A pesar de que las espinilleras son obligatorias en los partidos de fútbol, no lo son en los entrenamientos, y su uso en los mismos es mínimo. No existen evidencias sobre el uso de espinilleras, aunque parece claro que la aplicación de esta medida preventiva puede ayudar a la reducción de lesiones por contacto, principalmente de contusiones en la zona protegida.

- *Meteorología*

Se considera que la temperatura ideal para jugar al fútbol es de 14-18°C. Si es más calurosa, podría desencadenar en una deshidratación muscular, y si es más fría, se produciría un enfriamiento de la musculatura, haciéndola más susceptible de lesión (Van Winckel *et al.*, 2014). Además, cuando se produce la práctica del fútbol sobre una superficie mojada se reduce el grado de adherencia y existe una mayor probabilidad de sufrir lesiones debido a impactos, ya que aumentan los tackles con menor control de los mismos por parte de los futbolistas que los ejecutan.

- *Infracciones del juego*

Ryynänen *et al.* (2013) relacionaron la incidencia lesional con las faltas, diferenciando entre las que causaron lesión y las que no causaron lesión, demostrando que el número de lesiones estaba relacionado con el número de faltas en un partido de fútbol, y obtuvieron como resultados que entre el 18 y el 31% de las lesiones producidas durante los partidos estaban causadas por infracciones. Un aspecto necesario sería analizar este mismo aspecto pero en los entrenamientos, para poder incluir medidas preventivas como el arbitraje dentro de los mismos.

- *Partidos como visitante*

Hägglund *et al.* (2013) demostraron que en los partidos fuera de casa existía una incidencia lesional menor en isquiotibiales y aductores que en los partidos jugados como local, tal vez por el mayor nivel de estrés en los partidos jugados como local.

- *Nivel de habilidad deportiva*

Varios han sido las investigaciones que han dirigido su objeto de estudio a conocer la influencia del nivel habilidad deportiva sobre la producción de lesiones en futbolistas. Peterson *et al.* (2000) demostraron que los jugadores jóvenes con menos nivel de habilidad tenían el doble de riesgo de lesión que los jugadores con mayor nivel de habilidad, resultados similares a los encontrados en el trabajo de Chomiak *et al.* (2000), donde se podía ver que los jugadores que competían en categorías de bajo nivel tenían el doble de lesiones que los jugadores con mayor nivel competitivo. A pesar de estos estudios, existen otros (Inklaar *et al.*, 1996; Poulsen *et al.*, 1991) en los que no se encontraron diferencias entre los jugadores con diferentes niveles competitivos.

- *Momento de la temporada*

Hägglund *et al.* (2013) mostraron que las lesiones de cuádriceps eran más frecuentes durante la pretemporada, y que las lesiones de aductores, gemelos e isquiotibiales se daban más durante la temporada competitiva. Gabbett *et al.* (2016) mostraron que existe una mayor incidencia lesional al final de la temporada en comparación con la misma carga de trabajo en la primera parte de la temporada.

- *Tipo de exposición*

Existen gran cantidad de investigaciones cuyo objeto de estudio es conocer las diferencias de riesgo que supone el entrenamiento y la competición, las cuales demuestran que el riesgo de lesión es mayor en competición, 13-40.3 lesiones/1000 h, respecto a situaciones de entrenamiento, 1.9-5.9 lesiones/1000 horas (Andersen *et al.*, 2003; Árnason *et al.*, 2005; Hawkins *et al.*, 2001; Llana *et al.*, 2010; Mallo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2012; Waldén *et al.*, 2005; Woods *et al.*, 2004).

- *Posición en el campo*

Woods *et al.* (2004) mostraron que los porteros sufrían menos lesiones en el miembro inferior que los jugadores de campo, pero eran más propensos a padecer lesiones en el miembro superior, especialmente en el hombro. Además, dentro de los jugadores de campo, los que más lesiones sufrieron fueron los defensas y jugadores de medio campo, y los que menos los delanteros. Estos resultados difieren con los encontrados por Mallo *et al.* (2011), donde los delanteros eran los jugadores con mayor incidencia lesional por 1000 horas de exposición.

1.2.3.3. Prevención de lesiones en el fútbol desde el entrenamiento de fuerza

El trabajo de fuerza se muestra eficaz en la reducción de lesiones en el deporte, tanto aquel trabajo “de base” con contracciones concéntricas dirigido a la corrección de déficits y/o desequilibrios musculares entre grupos musculares agonistas/antagonistas o grupos musculares contralaterales (Croisier *et al.*, 2008; Impellizeri *et al.*, 2006; Newton *et al.*, 2006), como aquel trabajo dirigido a reproducir los mecanismos de juego donde se produce la lesión, en situaciones de mayor tensión a través de acciones musculares excéntricas a altas velocidades, de ahí su importancia dentro de la prevención de lesiones (Brockett, 2004), permitiendo al futbolista realizar las acciones

específicas del juego con el menor riesgo de lesión posible. Según Casáis (2008) *el grado de fuerza de la musculatura, junto con las propiedades funcionales del músculo durante el ejercicio (valores específicos en régimen de contracción concéntrica, excéntrica, fatigabilidad, etc.), y su función fijadora en las articulaciones de carga como la rodilla o el tobillo, son factores determinantes de protección en las lesiones deportivas*. Además de tener valores de fuerza adecuados, es necesario asegurar una buena armonía entre los diferentes grupos musculares, por lo que se deben de respetar los principios de equilibrio derecha-izquierda, arriba-abajo, delante-detrás y agonista-antagonista (Casáis 2008). En esta doble vertiente de mejora de los niveles de fuerza y de la función protectora de la musculatura encontramos el trabajo excéntrico. Es un régimen de trabajo que se caracteriza por la presencia de un estiramiento músculo-tendinoso mientras que se produce tensión, aumentando los niveles de fuerza muscular y mejorando las propiedades musculares funcionales a alta velocidad de movimiento (Jurado *et al.*, 2008). Los beneficios del trabajo excéntrico en la prevención de lesiones se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Beneficios del trabajo excéntrico en la prevención de lesiones

<i>Beneficios</i>	<i>Referencias</i>
Cargas más pronunciadas que producen una mayor tensión muscular	Chen <i>et al.</i> , 2001
Mayor nivel de hipertrofia muscular	Hortobágyi <i>et al.</i> , 2001
Aumento de sarcómeros en serie	Brockett <i>et al.</i> , 2001
Efecto protector en los parámetros tensión/longitud	Proske, 2001; Brockett, 2004
Modificación del ángulo máximo de torsión en el ejercicio	Brockett, 2004

Como hemos podido observar, el entrenamiento de fuerza tiene una influencia positiva sobre la prevención de lesiones, aspecto que queda reflejado en una gran variedad de investigaciones, las cuales utilizan diferentes métodos de entrenamiento con resultados variables. Será una labor importante para preparadores físicos y readaptadores físico-deportivos la selección adecuada de los programas de prevención, en función de las patologías sobre las que se quiera intervenir y los efectos de estos programas sobre dichas patologías.

- *Programas preventivos de fuerza*

El entrenamiento de fuerza orientado a la prevención de lesiones contiene una amplia variedad de ejercicios y metodologías diferentes, principalmente en función del tipo de lesiones sobre las que se pretende intervenir. Además, unos trabajos están orientados a la reducción del riesgo de lesión relativo y otros a disminuir la incidencia lesional, dando lugar a una heterogeneidad metodológica en los trabajos revisados (Tabla 9). Mohammadi *et al.* (2007) redujeron el riesgo relativo (riesgo relativo = 0.5; 95% CI, 0.11-1.87) en el grupo experimental respecto al grupo control (riesgo relativo = 3.3; 95% CI, 0.12-1.91) gracias a un entrenamiento de fuerza aplicado sobre la musculatura fijadora de la articulación del tobillo. Mientras que Croisier *et al.* (2008) llevaron a cabo durante 5 semanas un trabajo de fuerza para regular el ratio H/Q valorado de manera isocinética durante la pretemporada. Tras el proceso de intervención se produjo un reequilibrio en el grupo experimental, que derivó en la reducción del riesgo de lesión de isquiosurales en este grupo (riesgo relativo = 1.43; 95% CI: 0.44-4.71) respecto al grupo control (riesgo relativo = 4.66; 95% CI: 2.01-10.8). Por otro lado, Gerhardt *et al.* (2007) utilizaron el “MLS Groin Injury Prevention Protocol” durante una temporada completa, con lo que consiguieron una reducción significativa ($p < 0.005$) de la incidencia lesional en las lesiones de la zona inguinal (0.61 lesiones/1000 horas de exposición vs 0.44 lesiones/1000 horas de exposición).

Tabla 9. Programas de fuerza para la prevención de lesiones en fútbol

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Temática</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Resultados</i>
Gerhardt <i>et al.</i> (2007)	n = 315 futbolistas masculinos profesionales	Muscular: Pubalgia	1 temporada	"MLS Groin Injury Prevention Protocol"	Reducción incidencia lesional de 0.61/1000h a 0.44/1000h de exposición ($p < 0.005$)
Croisier <i>et al.</i> (2008)	n = 462 futbolistas masculinos profesionales (26±6 años)	Muscular: Isquiotibiales	5 años	Reequilibrio ratio H/Q con trabajo de fuerza en isocinético	Reducción riesgo de lesión de 4.66(95% CI: 2.01-10.8) a 1.43 (95% CI: 0.44- 4.71)
Mohammadi <i>et al.</i> (2005)	n = 40 futbolistas masculinos (24±2.63 años)	Articular: Tobillo	1 temporada	Trabajo de fuerza con pesas de tobillo y bandas elásticas	Menor riesgo de lesión respecto grupo control (0.5; 95% CI: 0.11-1.87) VS (3.33; 95% CI: 0.12-1.91)

- *Programas preventivos combinados*

La mayoría de los programas preventivos presentes en la bibliografía científica están basados en programas combinados, con contenidos de fuerza, propiocepción, etc. Esto puede deberse a la búsqueda de la especificidad en los programas de prevención de lesiones, ya que las causas de las lesiones en fútbol se consideran multifactoriales (Casáis, 2008). Dentro de los programas combinados debemos diferenciar entre los que usan protocolos estandarizados (FIFA11; PEP) de aquellos estudios que utilizan programas preventivos no estandarizados basados en el conocimiento científico relativo a la materia de estudio. Respecto al programa FIFA 11 existen varias investigaciones (Tabla 10) con resultados positivos tras la implementación de dicho programa, el cual consiste en la combinación de ejercicios de *carrera, pliometría, fuerza, propiocepción y flexibilidad* (Daneshjoo *et al.*, 2013). En esta misma línea Junge *et al.* (2002) aplicaron durante dos temporadas los ejercicios del programa *FIFA11* en jugadores de fútbol amateurs y obtuvieron un descenso del número de lesiones en un 20% así como una disminución del % lesión/jugador del 36%. Por el contrario, Van Beijsterveldt *et al.* (2012) comprobaron la escasa efectividad del FIFA11 como medida preventiva en futbolistas amateur, tanto en incidencia lesional como en severidad.

Tabla 10. Aplicación del programa FIFA11 para la prevención de lesiones en fútbol

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Temática</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Resultados</i>
Junge <i>et al.</i> (2002)	n = 194 futbolistas masculinos (14-19 años)	General	1 año	Ejercicios del Programas FIFA11	Reducción del 20% de lesiones y un 36% el % lesión/jugador (p=0.64)
van Beijsterveldt <i>et al.</i> (2012)	n = 456 futbolistas masculinos amateur alto nivel (24.8±4.1 años)	General	1 temporada	Ejercicios del Programas FIFA11	No existen diferencias entre el CG y EG ni en incidencia ni en severidad

En lo que se refiere a la aplicación del “*PEP Program*” (Tabla 11), programa preventivo combinado compuesto por ejercicios de *flexibilidad, fuerza, pliometría, desplazamientos y agilidad*, destaca el estudio de Mandelbaum *et al.* (2005) en el que se obtuvo una reducción en el número de lesiones de LCA del 88% en la primera temporada y del 74% en la segunda, y la investigación de Gilchrist *et al.* (2008), que se

muestra una reducción en las lesiones del LCA del 41%, así como una reducción del 71% en las lesiones de LCA producidas por mecanismo de *no contacto*.

Tabla 11. Aplicación del “PEP program” para la prevención de lesiones en fútbol

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Temática</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Resultados</i>
Mandelbaum <i>et al.</i> (2007)	n = 3818 futbolistas femeninas (14-18 años)	Articular: LCA	2 temporadas	Ejercicios del PEP program	Reducción del 88% de lesiones de LCA 1º temporada y 74% 2º temporada (p<0.05)
Gilchrist <i>et al.</i> (2008)	n = 1435 futbolistas femeninas amateur alto nivel (19.88.8±0.98 años)	Articular: LCA	1 temporada	Ejercicios del PEP program	Reducción del 41% de lesiones de LCA general (p = 0.198) y 71% LCA no contacto (p = 2.18)

En relación a los programas preventivos combinados no estandarizados, existe un mayor número de referencias en la bibliografía científica, pero aunque todos incorporan una tipología de ejercicios similar, no siguen el mismo protocolo, por lo que la comparación entre ello se hace complicada (Tabla 12).

Heidt *et al.* (2000), aplicaron un programa preventivo durante la pretemporada con jugadoras de fútbol, en el que incluyeron *ejercicios cardiovasculares, pliometría, coordinación, ejercicios de fuerza y flexibilidad*, obteniendo una reducción del 19.4% del número total de lesiones (p=0.0085). En la misma línea Knobloch *et al.* (2005) administraron un programa preventivo de *propiocepción, pliometría y desplazamientos* obteniendo una reducción del 400% (p<0.05) en el número de lesiones musculares en jugadoras de fútbol alemanas de 1ª división. Con el objetivo de reducir lesiones en la zona de la ingle, Hölmich *et al.* (2010) propusieron un programa preventivo aplicado durante el calentamiento basado en ejercicios de *flexibilidad y de fuerza* (concéntricos y excéntricos) de la musculatura aductora. Tras el proceso de intervención se encontraron el grupo experimental sufrió un 31% menos de lesiones en la ingle respecto al grupo control (p=0.18). En 2013, Melegatic *et al.*, publicaron una investigación con jugadores italianos de fútbol profesional, a los que les administraron un programa preventivo que combinaba *flexibilidad, fuerza y propiocepción*, y compararon la incidencia lesional tras la aplicación del programa con los valores lesionales del mismo equipo en la temporada anterior. Como resultados más relevantes destacan la reducción del número de lesiones por 1000 horas de exposición de 5.6 a 2.5, así como el descenso del número de días de

baja por cada 1000 horas de exposición, valor que se redujo de 106 a 37 días. Mientras Owen *et al.* (2013) realizaron un estudio durante dos temporadas consecutivas, con jugadores de fútbol profesionales escoceses, a los que administraron, 2 veces a la semana, un programa preventivo de *movilidad, core, fuerza funcional y propiocepción* durante la primera de ellas, y utilizaron la segunda temporada como control. Los resultados obtenidos tras la aplicación del entrenamiento mostraron una reducción significativa del número de lesiones musculares con valores del 25% del total en la 1ª temporada y 52% del total en la 2ª temporada (efecto moderado).

Tabla 12. Programas combinados para la prevención de lesiones en fútbol

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Temática</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Resultados</i>
Heidt <i>et al.</i> (2000)	n = 300 futbolistas femeninas (14-18 años)	General	7 semanas 1 temporada	Cardio Pliometría Fuerza Flexibilidad Coordinación	Reducción del 19.4% del número total de lesiones (p=0.0085)
Knobloch <i>et al.</i> (2005)	n = 24 futbolistas femeninas profesionales	Muscular	1 temporada	Propiocepción Pliometría Movilidad	Reducción 400% (p<0.05) en el número de lesiones musculares
Hölmich <i>et al.</i> (2010)	n = 977 futbolistas masculinos amateur	Muscular: Ingle	1 temporada	Fuerza aductores Flexibilidad aductores Core	Descenso del 31% en las lesiones en la ingle del grupo experimental respecto al grupo control (p=0.18)
Melegati <i>et al.</i> (2013)	n = 36 futbolistas masculinos profesionales	General	2 temporadas	Flexibilidad Fuerza Propiocepción	Reducción lesiones/1000h exposición de 5.6 a 2.5, y días de baja/1000h exposición, de 106 a 37 días
Owen <i>et al.</i> (2013)	n = 49 futbolistas masculinos	Muscular	2 temporadas	Movilidad Core Fuerza Propiocepción	Descenso número de lesiones musculares (25% del total a 52% del total) muestra mayor de muestra en la primera temporada (p<0.001)

- *Nordic Hamstring*

El Nordic Hamstring (NH) es un ejercicio que se realiza por parejas en el que el sujeto que ejecuta el ejercicio intenta resistir un movimiento de caída hacia adelante usando sus isquiotibiales para maximizar la carga en la fase excéntrica (Mjølnes *et al.*, 2004).

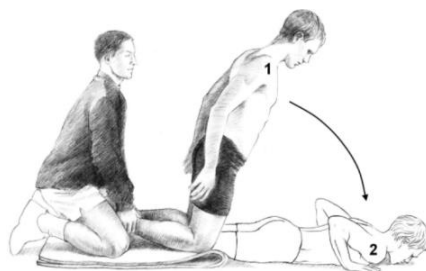


Figura 4: Ejecución del ejercicio Nordic Hamstring (Mjølnes *et al.*, 2004)

El hecho de que al realizar este ejercicio se produzca una mayor implicación excéntrica de la musculatura isquiotibial, hace que el NH, a priori, sea un ejercicio efectivo para la prevención de lesiones en dicha musculatura (Tabla 13). Aunque conociendo la complejidad de la musculatura isquiotibial, cabe pensar que su prevención no es tan sencilla y no basta únicamente con el efecto preventivo de NH para reducir la incidencia lesional en dicha musculatura (Ekstrand *et al.*, 2016). En esta línea Árnason *et al.* (2007) aplicaron un programa de NH durante la pretemporada y temporada competitiva (3 series de 12-10-8 repeticiones) en jugadores profesionales nórdicos. Tras la intervención, el grupo experimental redujo un 65% el número de lesiones de isquiotibiales respecto al grupo control [0.22 ± 0.06 vs 0.62 ± 0.05 ; 95% CI: 0.19–0.62 ($P < 0.001$)]. Mientras, Petersen *et al.* (2011) obtuvieron resultados positivos en la reducción del ratio de lesiones de isquiosurales por cada 100 jugadores por temporada [3.8 vs 13.1; 95% CI: 0.150-0.572 ($P < 0.001$)] así como en el ratio de recaídas en lesiones de isquiosurales por cada 100 jugadores por temporada [7.1 vs 45.8; 95% CI: 0.037-0.509; ($P = 0.003$)] debido a la aplicación de un programa de fuerza basado en el NH en jugadores daneses profesionales. Por otro lado, Van der Horst *et al.* (2014) administraron un entrenamiento basado en NH en jugadores profesionales holandeses tras el cual se obtuvieron resultados significativos ($p < 0.05$) en la reducción de lesiones de isquiotibiales (2 vs 12 lesiones de isquiotibiales).

Tabla 13. Aplicación del NH para la prevención de lesiones en fútbol

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Temática</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Resultados</i>
Árnason <i>et al.</i> (2007)	n = 24 equipos masculinos élite	Muscular: Isquiotibiales	2 temporadas	NH 1-3 sesiones 12-10-8 repeticiones	Reducción 65% lesiones Isquios [0.22 ± 0.06 vs 0.62 ± 0.05; 95% CI: 0.19–0.62 (P<0.001)],
Petersen <i>et al.</i> (2011)	n = 942 futbolistas masculinos profesionales	Muscular: Isquiotibiales	1 temporada	NH 1-3 sesiones 12-10-8 repeticiones	Lesión Isquios/100 jugadores [3.8 vs 13.1; 95% CI: 0.150-0.572 (P<0.001)] Recaída Isquios/100 jugadores [7.1 vs 45.8; 95% CI: 0.037-0.509; (P = 0.003)]
Van der Horst <i>et al.</i> (2014)	n = 619 futbolistas masculinos profesional y amateur (25.5±3.8 años)	Muscular: Isquiotibiales	1 temporada	NH 25 sesiones Durante 13 semanas	2 lesiones de isquiotibiales grupo experimental vs 12 grupo control (p<0.05)

- *Tecnología inercial con sobrecarga excéntrica*

Al ser un método relativamente novedoso, existen pocas en las que se utilicen dispositivos inerciales con sobrecarga excéntrica con el objetivo de reducir la incidencia lesional en los futbolistas (Tabla 14). A pesar de esto, su uso ha demostrado resultados positivos tanto en la prevención de lesiones en otras poblaciones (Gual *et al.*, 2015) como en la readaptación de diversas patologías (Romero-Rodríguez *et al.*, 2011).

En el caso concreto de su aplicación en el fútbol Askling *et al.* (2003) propusieron un trabajo de fuerza en dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica (yo-yo hamstring) en futbolistas suecos profesionales durante 10 semanas, reduciendo la incidencia en lesiones de los isquiosurales en el grupo experimental respecto grupo control [3 vs 10 (p<0.05)] tras el proceso de intervención. En la misma línea, De Hoyo *et al.* (2015a) utilizaron ejercicios de sobrecarga excéntrica aplicados en un dispositivo inercial (yo-yo hamstring y yo-yo squat) futbolistas U-19 de élite. Tras las 10 semanas que duró el programa de entrenamiento de fuerza se consiguió una reducción de la severidad (probable) [tamaño del efecto (TE): 0.94] en el grupo que llevó a cabo el trabajo propuesto.

Tabla 14. Aplicación de la tecnología inercial para la prevención de lesiones en fútbol

<i>Estudio</i>	<i>Población</i>	<i>Temática</i>	<i>Duración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Resultados</i>
Askling <i>et al.</i> (2003)	n = 30 jugadores suecos masculinos profesionales	Muscular: Isquiotibiales	10 meses	Yo-yo hamstring 1-2 sesiones/semana 10 semanas 4x8 reps.	Reducción incidencia lesiones de isquiotibiales grupo experimental respecto grupo control [3 vs 10 (p<0.05)].
De Hoyo <i>et al.</i> (2015)	n = 36 futbolistas masculinos U-19 élite (17±1 años)	Muscular: Isquiotibiales	12 semanas	Yo-yo hamstring y yo-yo squat 1-2 sesiones/semana 10 semanas 3-6x6 reps	Reducción de la severidad [probable (TE: 0.94)] y posible reducción incidencia lesional en lesiones musculares

1.3. Bibliografía

- ADAMS, K., O'SHEA, J.P., & O'SHEA, K.L. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Appl Sport Sci Res.* 6(1):36-41, 1992.
- ANDERSEN, T., LARSEN, O., TENGA, A., ENGBRETSSEN, L., & BAHR, R. Football incident analysis: a new video based method to describe injury mechanisms in professional football. *Br J Sports Med.* 37(3):226-232, 2003.
- ANDERSSON, H., RAASTAD, T., NILSSON, J., PAULSEN, G., GARTHE, I., & KADI, F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: Effects of active recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 40(2):372-380, 2008.
- ÁRNASON, Á., GUDMUNDSSON, A., DAHL, H., & JÓHANNSSON, E. Soccer injuries in Iceland. *Scand J Med Sci Sports.* 6(1):40-45, 1996.
- ÁRNASON, A., SIGURDSSON, S., GUDMUNDSSON, A., HOLME, I., ENGBRETSSEN, L., & BAHR, R. Risk Factors for injuries in football. *Am J Sports Med.* 32(1):5-16, 2004.
- ÁRNASON, Á., ENGBRETSSEN, L., & BAHR, R. No effect of a video-based awareness program on the rate of soccer injuries. *Am J Sports Med.* 33(1):77-84, 2005.
- ÁRNASON, A., ANDERSEN, T., HOLME, I., ENGBRETSSEN, L., & BAHR, R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports.* 18(1):40-49, 2007.

8. ASCENSÃO, A., LEITE, M., REBELO, A. N., MAGALHÃES, S., & MAGALHÃES, J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci.* 29(3):217-225, 2011.
9. ASKLING, C., KARLSSON, J., & THORSTENSSON, A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.* 13(4):244-250, 2003.
10. AUGHEY, R. Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 6(3):295-310, 2011.
11. BACKOUS, D., FRIELD, K., & SMITH, N. Soccer injuries and their relation to physical maturity. *Am J Dis Child.* 142(8):839-842, 1988.
12. BANGSBO, J., NØRREGAARD, L., & THORSØ, F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci.* 16(2):110-116, 1991.
13. BANGSBO, J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl.* 151(619):1-155, 1994.
14. BANGSBO, J., MOHR, M., & KRUSTRUP, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci.* 24(7):665-674, 2006.
15. BARNES, C., ARCHER, D. T., HOGG, B., BUSH, M., & BRADLEY, P. S. The evolution of physical and technical performance parameters in the english premier league. *Int J Sports Med.* 35(13):1095-1100, 2014.
16. BEIGHTON, P., SOLOMON, L., & SOSKOLNE, C.L. Articular mobility in an African population. *Ann Rheum Dis.* 32(5):413-418, 1973.
17. BOGDANIS, G.C., PAPASPYROU, A., SOUGLIS, A.G., THEOS, A., SOTIROPOULOS, A., & MARIDAKI, M. Effects of two different half-squat training programs on fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. *J Strength Cond Res.* 25(7):1849-1856, 2011.
18. BRADLEY, P.S., OLSEN, P.D., & PORTAS, M.D. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 21(1):223-226, 2007.
19. BRADLEY, P.S., SHELDON, W., WOOSTER, B., OLSEN, P., BOANAS, P., & KRUSTRUP, P. High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci.* 27(2):159-168, 2009.

20. BRADLEY, P.S., CARLING, C., ARCHER, D., ROBERTS, J., DODDS, A., DI MASCIO, M., PAUL, D., DIAZ, A.G., PEART, D., & KRUSTRUP P. The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci.* 29(8):821-830, 2011.
21. BRITO, J., FIGUEIREDO, P., FERNANDES, L., SEABRA, A., SOARES, J.M., KRUSTRUP, P., & REBELO, A. Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme'. *Isokinet Exerc Sci.* 18: 211-215, 2010.
22. BRITO, J., VASCONCELLOS, F., OLIVEIRA, J., KRUSTRUP, P., & REBELO, A. Short-term performance effects of three different low-volume strength-training programmes in college male soccer players. *J Hum Kinet.* 40:121-128, 2014.
23. BROCKETT, C.L., MORGAN, D.L., & PROSKE, U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc.* 33(5):783-790, 2001.
24. BROCKETT, C.L., MORGAN, D.L., & PROSKE, U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 36(3):379-387, 2004.
25. BUCHHEIT, M., MENDEZ-VILLANUEVA, A., SIMPSON, B. M., & BOURDON, P. C. Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med.* 31(10):709-716, 2010a.
26. BUCHHEIT, M., MENDEZ-VILLANUEVA, A., DELHOMEL, G., BRUGHELLI, M., & AHMAIDI, S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res.* 24(10):2715-2722, 2010b.
27. BUCHHEIT, M., AL HADDAD, H., SIMPSON, B.M., PALAZZI, D., BOURDON, P.C., DI SALVO, V., & MENDEZ-VILLANUEVA, A. Monitoring accelerations with GPS in football: time to slow down? *Int J Sports Physiol Perform.* 9(3):442-445, 2014.
28. CAPRANICA, L., TESSITORE, A., GUIDETTI, L. & FIGURA, F. Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players. *J Sports Sci.* 19(6):379-384, 2001.
29. CARLING, C., BLOOMFIELD, J., NELSEN, L., & REILLY, T. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med.* 38(10):839-862, 2008.
30. CASÁIS, L. Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts Med Esport.* 43:30-40, 2008.

31. CASAMICHANA, D., CASTELLANO, J., & CASTAGNA, C. Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *J Strength Cond Res.* 26(3):837-843, 2012.
32. CASAMICHANA, D., SUAREZ-ARRONES, L., CASTELLANO, J., & SAN ROMÁN-QUINTANA, J. Effect of Number of Touches and Exercise Duration on the Kinematic Profile and Heart Rate Response During Small-Sided Games in Soccer. *J Hum Kinet.* 41:113-123, 2014.
33. CASAMICHANA, D., SAN-ROMÁN, J., CALLEJA, J., & CASTELLANO, J. Los juegos reducidos en el entrenamiento del fútbol. *Ed. FutbolDLibro*, Barcelona. Ed. 2015.
34. CASTELLANO, J., BLANCO-VILLASEÑOR, A., & ALVAREZ, D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int J Sports Med.* 32(6):415-421, 2011.
35. CHAMARI, K., HACHANA, Y., KAOUECH, F., JEDDI, R., MOUSSA-CHAMARI, I., & WISLØFF, U. Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *Br J Sports Med.* 39(1):24-28, 2005.
36. CHELLY, M.S., FATHLOUN, M., CHERIF, N., BEN AMAR, M., TABKA, Z., & VAN PRAAGH, E. Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res.* 23(8):2241-2249, 2009.
37. CHELLY, M.S., GHENEM, M.A., ABID, K., HERMASSI, S., TABKA, Z., & SHEPHARD, R.J. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(10):2670-2676, 2010.
38. CHIMERA, N.J., SWANIK, K.A., & SWANIK, C.B. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes, *J Athl Train.* 39(1):24-31, 2004.
39. CHOMIAK, J., JUNGE, A., PETERSON, L., & DVORAK J. Severe injuries in football players. Influencing factors. *Am J Sports Med.* 28(5):58-68, 2000.
40. CHRISTOU, M., SMILIOS, I., SOTIROPOULOS, K., VOLAKLIS, K., PILIANIDIS, T., & TOKMAKIDIS, S.P. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res.* 20(4):783-791, 2006.

41. COLADO, J.C., GARCÍA-MASSO, X., PELLICER, M., ALAKHDAR, Y., BENAVENT, J., & CABEZA-RUIZ, R. A Comparison of Elastic Tubing and Isotonic Resistance Exercises. *Int J Sports Med.* 31(11):810-817, 2010.
42. COMETTI, G. Los métodos modernos de musculación. *Ed. Paidotribo*, Barcelona. Ed. 1999.
43. CORMIE, P., MCCAULLEY, G.O., TRIPLETT, N.T. & McBRIDE, J.M. Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 39(2):340-349, 2007.
44. CORMIE, P., MCBRIDE, J.M., & MCCAULLEY, G.O. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *J Strength Cond Res.* 23(1):177-186, 2009.
45. CORMIE, P., MCGUIGAN, M.R., & NEWTON, R.U. Developing maximal neuromuscular power: part 2, training considerations for improving maximal power production. *Sports Med.* 41(2):125-146, 2011.
46. CROISIER, J.L., GANTEAUME, S., & FERRET, J. Pre-season isokinetic intervention as a preventive strategy for hamstring injury in professional soccer players. *Br J Sports Med.* 39(29):379, 2005.
47. CROISIER, J.L., GANTEAUME, S., BINET, J., GENTY, M., & FERRET, J.M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med.* 36(8):1469-1475, 2008.
48. DANESHJOO, A., RAHNAMA, N., MOKHTAR, A.H., & YUSOF, A. Effectiveness of injury prevention programs on developing quadriceps and hamstrings strength of young male professional soccer players. *J Hum Kinet.* 39:115-125, 2013.
49. DE HOYO, M., DE LA TORRE, A., PRADAS, F., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., MATEO-CORTES, J., DOMÍNGUEZ-COBO, S., FERNANDES, O., & GONZALO-SKOK, O. Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *Int J Sports Med.* 36(4):308-314, 2014.
50. DE HOYO, M., POZZO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., GONZALO-SKOK, O., DOMÍNGUEZ-COBO, S., & MORÁN-CAMACHO, E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 10(1):46-52, 2015a.

51. DE HOYO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., DOMÍNGUEZ-COBO, S., MATEO-CORTES, J., CADENAS-SÁNCHEZ, M.M., & NIMPHIUS, S. Effects of Traditional Versus Horizontal Inertial Flywheel Power Training on Common Sport-Related Tasks. *J Hum Kinet.* 47:155-167, 2015b.
52. DE HOYO, M., GONZALO-SKOK, O., SAÑUDO, B., CARRASCAL, C., PLAZA-ARMAS, J.R., CAMACHO-CANDIL, F., & OTERO-ESQUINA, C. Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 30(2):368-377, 2016.
53. DELLAL, A., WONG, D. P., MOALLA, W., & CHAMARI, K. Physical and technical activity of soccer players in the French First League: with special reference to their playing position. *Int SportMed J.* 11(2):278-290, 2010.
54. DI SALVO, V., BARON, R., TSCHAN, H., CALDERON MONTERO, F. J., BACHL, N., & PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med.* 28(3):222-227, 2007.
55. DI SALVO, W., GREGSON, W., ATKINSON, G., TORDOFF, P., & DRUST, B. Analysis of high intensity activity in premier league soccer. *Int J Sport Med.* 30(3):205-212, 2009.
56. DI SALVO, V., BARON, R., GONZÁLEZ-HARO, C., GORMASZ, C., PIGOZZI, F. & BACHL, N. Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J Sports Sci.* 28(14):1489-1494, 2010.
57. DITTRICH, N., DA SILVA, J. F., CASTAGNA, C., DE LUCAS, R. D., & GUGLIELMO, L. G. Validity of Carminatti's test to determine physiological indices of aerobic power and capacity in soccer and futsal players. *J Strength Cond Res.* 25(11):3099-3106, 2011.
58. DRAWER, S., & FULLER, C.W. Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process. *Br J Sports Med.* 36(6):446-451, 2002.
59. DVORAK, J., & JUNGE, A. Football injuries and physical symptoms. A review of the literature. *Am J Sports Med.* 28(5):3-9, 2000.
60. DVORAK, J., JUNGE, A., GRIMM, K., & KIRKENDALL, D. Medical report from the 2006 FIFA World Cup Germany. *Br J Sports Med.* 41(9):578-581, 2007.

61. EBBEN, W.P., HINTZ, M.J., & SIMENZ, C.J. Strength and conditioning practices of major league baseball strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res.* 19(3):538-546, 2005.
62. EKSTRAND, J., & TROPP, H. The incidence of ankle sprains in soccer. *Foot Ankle.* 11:41-44, 1990.
63. EKSTRAND, J., & GILLQUIST, J. Soccer injuries and their mechanisms: A prospective study. *Med Sci Sports Exerc.* 15:267–270, 1983.
64. EKSTRAND, J., TIMPKA, T., & HÄGGLUND, M. Risk of injury in elite football player on artificial turf versus natural grass: a prospective two-cohort study. *Br J Sports Med.* 40:975-980, 2006.
65. EKSTRAND, J., HÄGGLUND, M., & WALDÉN, M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 39(6):1226-1232, 2011.
66. EKSTRAND, J., WALDÉN, M., & HÄGGLUND, M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med.* 50(12):744-750, 2016.
67. ELLIOTT, B.C., WILSON, D.J., & KERR, G.K. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Med Sci Sports Exerc.* 21(4):450-462, 1989.
68. ENGBRETSSEN, A.H., MYKLEBUST, G., HOLME, I., ENGBRETSSEN, L., & BAHR, R. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 38(6):1147-1153 2010.
69. ENGSTRÖM, B.K., & RENSTRÖM, P.A. How can injuries be prevented in the World Cup soccer athlete? *Clin Sports Med.* 17(4):755-768, 1998.
70. ESPÓSITO, F., IMPELLIZZERI, F. M., MARGONATO, V., VANNI, R., PIZZINI, G., & VEICSTEINAS, A. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 93(1-2):167-172, 2004.
71. FAUDE, O., JUNGE, A., KINDERMANN, W., & DVORAK, J. Injuries in female soccer players. A prospective study in the German national league. *Am J Sports Med.* 33:1694-1700, 2005.
72. FAUDE, O., ROTH, R., DI GIOVINE, D., ZAHNER, L., & DONATH, L. Combined strength and power training in high-level amateur football during the competitive season: a randomised-controlled trial. *J Sports Sci.* 31(13):1460-1467, 2013.

73. FOUSEKIS, K., TSEPIS, E., & VAGENAS, G. Intrinsic risk factors of noncontact ankle sprains in soccer: a prospective study on 100 professional players. *Am J Sports Med.* 40(8):1842-1850, 2012.
74. FRECKLETON, G., & PIZZARI, T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 47(6):351-358, 2013.
75. FULLER, C., EKSTRAND, J., JUNGE, A., ANDERSEN, T., BAHR, B., DVORAK, J., HÄGGLUND, M., MCCRORY, P., & MEEUWISSE, W. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scand J Med Sci Sports.* 16(2):83–92, 2006.
76. GABBE, B.J., BENNELL, K.L., FINCH, C.F., WAJSWELNER, H., & ORCHARD, J.W. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scand J Med Sci Sports.* 16(1):7-13, 2006.
77. GABBETT, T.J. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* 50(5):273-280, 2016.
78. GALBUSERA, F., TORNESE, D.Z., ANASETTI, F., BERSINI, S., VOLPI, P., LA BARBERA, L., & VILLA, T. Does soccer cleat design influence the rotational interaction with the playing surface? *Sports Biomech.* 12(3):293-301, 2013.
79. GARCÍA-PINILLOS, F., MARTÍNEZ-AMAT, A., HITTA-CONTRERAS, F., MARTÍNEZ-LÓPEZ, E.J., & LATORRE-ROMÁN, P.A. Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 28(9):2452-2460, 2014.
80. GARGANTA, J., & PINTO, J. La enseñanza del Waterpolo. En Graça, A., & Oliveira, J. La enseñanza de los juegos deportivos. Ed. Paidotribo, Barcelona. Ed. 1997.
81. GARHAMMER, J., & GREGOR, R. Propulsion forces as a function of intensity for weightlifting and vertical jumping. *J Appl Sport Sci Res.* 6(3):129-134, 1992.
82. GEHRING, D., ROTT, F., STAPELFELDT, B., & GOLLHOFER, A. Effect of soccer shoe cleats on knee joint loads. *Int J Sports Med.* 28(12):1030-1034, 2007.
83. GERHARDT, M. The “MLS Groin Injury Prevention Protocol”, *Training & Conditioning.* 17, 2007.
84. GILCHRIST, J., MANDELBAUM, B., MELANCON, H., RYAN, G., SILVERS, H., GRIFFIN, L., WATANABE, D., DICK, R., & DVORAK, J. A Randomized

- Controlled Trial to Prevent Non contact Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Collegiate Soccer Players. *Am J Sports Med.* 36(8):1476-1484, 2008.
85. GUAL, G., FORT-VANMEERHAEGHE, A., ROMERO-RODRÍGUEZ, D., & TESCH, P.A. Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy. *J Strength Cond Res.* 30(7):1834-1842, 2015.
86. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., & EKSTRAND, J. Injury incidence and distribution in elite football-a prospective study of the Danish and the Swedish top divisions. *Scand J Med Sci Sports.* 15(1):21-28, 2005a.
87. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., BAHR, R., & EKSTRAND, J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *Br J Sports Med.* 39(6):340-346, 2005b.
88. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., & EKSTRAND, J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 40(9):767-772, 2006.
89. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., & EKSTRAND, J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *Am J Sports Med.* 41(2):327-335, 2013.
90. HARRIS, G.R., STONE, M.H., O'BRYANT, H.S., PROULX, C.M., & JOHNSON, R.L. Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *J Strength Cond Res.* 14(1):14-20, 2000.
91. HAWKINS, R., & FULLER, C. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med.* 33(3):196-203, 1999.
92. HAWKINS, R., HULSE, M., WILKINSON, C., HODSON, A., & GIBSON, M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med.* 35(1):43-47, 2001.
93. HEIDT, R.S. JR., SWEETERMAN, L.M., CARLONAS, R.L., TRAUB, J.A., & TEKULVE, F.X. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sports Med.* 28(5):659-662, 2000.
94. HELGERUD, J., ENGEN, L. C., WISLØFF, U., & HOFF, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 33(11):1925-1931, 2001.
95. HELGERUD, J., RODAS, G., KEMI, O.J., & HOFF, J. Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med.* 32(9):677-682, 2011.

96. HENDERSON, G., BARNES, C.A., & PORTAS, M.D. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *J Sci Med Sport*. 13(4):397-402, 2010.
97. HEWETT, T.E. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for intervention. *Sports Med*. 29(5):313-327, 2000.
98. HOFF, J., WISLØFF, U., ENGEN, L.C., KEMI, O.J., & HELGERUD, J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*. 36(3):218-21, 2002.
99. HOFF, J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci*. 23(6):573-582, 2005.
100. HOFFMAN, J.R., COOPER, J., WENDELL, M., & KANG, J. Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *J Strength Cond Res*. 18(1):129-135, 2004.
101. HÖLMICH, P., LARSEN, K., KROGSGAARD, K., & GLUUD, C. Exercise program for prevention of groin pain in football players: a cluster-randomized trial. *Scand J Med Sci Sports*. 20(6):814-821, 2010.
102. HORI, N., NEWTON, R.U., & NOSAKA, K. Weightlifting exercises enhance athletic performance that requires high-load speed strength. *Strength Cond J*. 27(4):50-55, 2005.
103. HORTOBÁGYI, T., HOUMARD, J., FRASER, D., DUDEK, R., LAMBERT, J., & Tracy, J. Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *J Appl Physiol*. 84(2):492-498, 1998.
104. HUGHES, M.G., BIRDSEY, L., MEYERS, R., NEWCOMBE, D., OLIVER, J.L., SMITH, P.M., STEMBRIDGE, M., STONE, K., & KERWIN, D.G. Effects of playing surface on physiological responses and performance variables in a controlled football simulation. *J Sports Sci*. 31(8):878-886, 2013.
105. IAIA, F. M., RAMPININI, E., & BANGSBO, J. High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*. 4(3):291-306, 2009.
106. IBRAHIM, A., MURRELL, G.A., & KNAPMAN, P. Adductor strain and hip range of movement in male professional soccer players. *J Orthop Surg*. 15(1):46-49, 2007.
107. IMPELLIZZERI, F.M., MARCORÀ, S.M., CASTAGNA, C., REILLY, T., SASSI, A., IAIA, F.M., & RAMPININI, E. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*. 27(6):483-492, 2006.

108. INKLAAR, H., BOL, E., SCHMIKLI, S.L., & MOSTERD, W.L. Injuries in male soccer players: team risk analysis. *Int J Sports Med.* 17(3):229-234, 1996.
109. INGEBRIGTSEN, J., DALEN, T., HJELDE, G.H., DRUST, B., & WISLØFF, U. Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *Eur J Sport Sci.* 15(2):101-110, 2015.
110. JACOBSON, I., & TEGNER, Y. Injuries among swedish female elite football players: a prospective population study. *Scand J Med Sci Sports.* 17:84-91, 2007.
111. JENSEN, J., HÖLMICH, P., BANDHOLM, T., ZEBIS, M.K., ANDERSEN, L.L., & THORBORG, K. Eccentric strengthening effect of hip-adductor training with elastic bands in soccer players: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 48(4):332-338, 2014.
112. JULLIEN, H., BISCH, C., LARGOUET, N., MANOUVRIER, C., CARLING, C.J., & AMIARD, V. Does a short period of lower limb strength training improve performance in field-bases tests of running and agility in young professional soccer players? *J Strength Cond Res.* 22(2):404-411, 2008.
113. JUNGE, A., RÖSCH, D., PETERSON, L., GRAF-BAUMANN, T., & DVORAK, J. Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players. *Am J Sports Med.* 30(5): 652-659, 2002.
114. JUNGE, A., & DVORAK, J. Soccer injuries: a review on incidence and prevention. *Sports Med.* 34(13):929-938, 2004.
115. JURADO, A., MEDINA, I. Tendón: valoración y tratamiento en fisioterapia. *Ed. Paidotribo.* 2008.
116. KAWAMORI, N., CRUM, A.J., & BLUMERT, P.A. Influence of different relative intensities on power output during the hang power clean: identification of the optimal load. *J Strength Cond Res.* 19(3):698-708, 2005.
117. KIRKENDALL, D.T., JUNGE, A., & DVORAK, J. Prevention of football injuries. *Asian J Sports Med.* 1(2):81-92, 2010.
118. KNOBLOCH, K., MARTIN-SCHMITT, S., GÖSLING, T., JAGODZINSKI, M., ZEICHEN, J., & KRETTEK, C. Prospective proprioceptive and coordinative training for injury reduction in elite female soccer. *Sportverletz Sportschaden.* 19(3):123-129, 2005.
119. KRAEMER, W.J., & NEWTON, R.U. Training for muscular power. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 11(2):341-368, 2000.

120. KRUSTRUP, P., MOHR, M., STEENBERG, A., BENCKE, J., KJAER, M., & BANGSBO, J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for Sprint Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 38(6):1165-1174, 2006.
121. KOTZAMANIDIS, C., CHATZOPOULOS, D., MICHAELIDIS, C., PAPAIAKOVOU, G., & PATIKAS, D. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res.* 19(2):369-375, 2005.
122. LAMAS, L., AOKI, M.S., & UGRINOWITSCH, C. Expression of genes related to muscle plasticity after strength and power training regimens. *Scand J Med Sci Sports.* 20(2):216-225, 2010.
123. LLANA, S., PÉREZ, P., & LLEDÓ, E. La epidemiología del fútbol: una revisión sistemática. *Rev Int Med Cienc Ac.* 10(37):22-40, 2010.
124. LOTURCO, I., UGRINOWITSCH, C., TRICOLI, V., PIVETTI, B., & ROSCHEL, H. Different loading schemes in power training during the preseason promote similar performance improvements in Brazilian elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 27(7):1791-1797, 2013.
125. LOTURCO, I., PEREIRA, L.A., KOBAL, R., ZANETTI, V., GIL, S., KITAMURA, K., ABAD, C.C., & NAKAMURA, F.Y. Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason. *J Sports Sci.* 33(12):1283-1292, 2015a.
126. LOTURCO, I., NAKAMURA, F.Y., KOBAL, R., GIL, S., ABAD, C.C., CUNIYOCHI, R., PEREIRA, L.A., & ROSCHEL, H. Training for Power and Speed: Effects of Increasing or Decreasing Jump Squat Velocity in Elite Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 29(10):2771-2779, 2015b.
127. MAIO ALVES, J.M., REBELO, A.N., ABRANTES, C., & SAMPAIO, J. Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *J Strength Cond Res.* 24(4):936-941, 2010.
128. MAIR, S.D., SEABER, A.V., GLISSON, .R.R., & GARRETT, W.E. Jr. The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. *Am J Sports Med.* 24(2):137-143, 1996.
129. MALLO, J., GONZÁLEZ, P., VEIGA, S., & NAVARRO, E. Injury incidence in a spanish sub-elite professional football team: a prospective study during four consecutive seasons. *J Sports Sci Med.* 10(4):731-736, 2011.

130. MANDELBAUM, B.R., SILVERS, H.J., WATANABE, D.S., KNARR, J.F., THOMAS, S.D., GRIFFIN, L.Y., KIRKENDALL, D.T., & GARRETT, W. Jr. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 33(7):1003-1010, 2005.
131. MELEGATI, G., TORNESE, D., GEVI, M., TRABATTONI, A., POZZI, G., SCHONHUBER, H., & VOLPI, P. Reducing muscle injuries and reinjuries in one italian professional male soccer team. *Muscles Ligaments Tendons J.* 3(4):324-330, 2014.
132. MEYLAN, C., & MALATESTA, D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res.* 23(9):2605-2613, 2009.
133. MICHAILIDIS, Y., FATOUROS, I.G., PRIMPA, E., MICHAILIDIS, C., AVLONITI, A., CHATZINIKOLAOU, A., BARBERO-ÁLVAREZ, J.C., TSOUKAS, D., DOUROUDOS, I.I., DRAGANIDIS, D., LEONTSINI, D., MARGONIS, K., BERBERIDOU, F., & KAMBAS, A. Plyometrics' trainability in pre-adolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res.* 27(1):38-49, 2013.
134. MJØLSNES, R., ÁRNASON, A., ØSTHAGEN, T., RAASTAD, T., & BAHR, R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 14(5):311-317, 2004.
135. MOHAMMADI, F. Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *Am J Sports Med.* 35(6):922-926, 2007.
136. MOHR, M., KRUSTRUP, P., & BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 21(7):519-528, 2003.
137. MUJIKA, I., SANTISTEBAN, J., & CASTAGNA, C. In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *J Strength Cond Res.* 23(9):2581-2587, 2009.
138. MURPHY, D.F., CONNOLLY, D.A., & BEYNNON, B.D. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med.* 37(1):13-29, 2003.
139. NEWTON, R.L., KRAEMER, W.J., & HÄKKINEN, K. Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *J Appl Biomech.* 12:31-43, 1996.

140. NEWTON, R.U., ROGERS, R.A., VOLEK, J.S., HÄKKINEN, K., & KRAEMER, W.J. Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *J Strength Cond Res.* 20(4):955-961, 2006.
141. NORRBRAND, L., FLUCKEY, J.D., POZZO, M., & TESCH, P.A. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol.* 102(3):271-281, 2008.
142. NOYA, J., & SILLERO, M. Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Med Esport.* 47:115-123, 2012.
143. OLSEN, O.E., MYKLEBUST, G., ENGBRETSSEN, L., HOLME, I., & BAHR, R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 26:330(7489):449, 2005.
144. ORCHARD, J., MARSDEN, J., LORD, S., & GARLICK, D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med.* 25(1):81-85, 1997.
145. OSTENBERG, A., & ROOS, H. Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports.* 10(5):279-285, 2000.
146. OWEN, A., WONG, P., DELLAL, A., PAUL, D.J., ORHANT, E., & COLLIE, S. Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. *J Strength Cond Res.* 27(12):3275-3285, 2013.
147. OWEN, A., DUNLOP, G., ROUISSI, M., CHTARA, M., PAUL, D., ZOUHAL, H., & WONG, P. The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *J Sports Sci.* 33(20):2100-2105, 2015.
148. PARKKARI, J., KUJALA, U.M., & KANNUS, P. Is it possible to prevent sports injuries? Review of controlled clinical trials and recommendations for future work. *Sports Med.* 31(14):985-995, 2001.
149. PETERSEN, J., THORBORG, K., NIELSEN, M.B., BUDTZ-JØRGENSEN, E., & HÖLMICH, P. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 39(11):2296-2303, 2011.

150. PETERSON, L., JUNGE, A., CHOMIAK, J., GRAF-BAUMANN, T., & DVORAK, J. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med.* 28(5):51-57, 2000.
151. POULSEN, T.D., FREUND, K.G., MADSEN, F., & SANDVEJ, K. Injuries in high-skilled and low-skilled soccer: a prospective study. *Br J Sports Med.* 25(3):151-153, 1991.
152. RAMESH, R., VON ARX, O., AZZOPARDI, T., & SCHRANZ, P.J. The risk of anterior cruciate ligament rupture with generalised joint laxity. *J Bone Joint Surg Br.* 87(6):800-803, 2005.
153. PROSKE, U., & MORGAN, D.L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol.* 537:333-345, 2001.
154. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., MEYLAN, C.M., ÁLVAREZ-LEPÍN, C., HENRIQUEZ-OLGUÍN, C., MARTINEZ, C., ANDRADE, D.C., CASTRO-SEPÚLVEDA, M., BURGOS, C., BÁEZ, E.I., & IZQUIERDO, M. The effects of interday rest on adaptation to 6 weeks of plyometric training in young soccer players. *J Strength Cond Res.* 29(4):972-979, 2013.
155. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., ANDRADE, D.C., ÁLVAREZ, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., MARTÍNEZ, C., BÁEZ-SANMARTÍN, E., SILVA-URRA, J., BURGOS, C., & IZQUIERDO, M. The effects of intersset rest on adaptation to 7 weeks of explosive training in young soccer players. *J Sports Sci Med.* 13(2):287-296, 2014a.
156. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., MEYLAN, C., ALVAREZ, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., MARTÍNEZ, C., CAÑAS-JAMETT, R., ANDRADE, D.C., & IZQUIERDO, M. Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 28(5):1335-1342, 2014b.
157. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., BURGOS, C.H., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., ANDRADE, D.C., MARTÍNEZ, C., ÁLVAREZ, C., CASTRO-SEPÚLVEDA, M., MARQUES, M.C., & IZQUIERDO, M. Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 29(5):1317-1328, 2015a.
158. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., GALLARDO, F., HENRIQUEZ-OLGUÍN, C., MEYLAN, C.M., MARTÍNEZ, C., ÁLVAREZ, C., CANIUQUEO, A., CADORE,

- E.L., & IZQUIERDO, M. Effect of Vertical, Horizontal, and Combined Plyometric Training on Explosive, Balance, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 29(7):1784-1795, 2015b.
159. RAMPININI, E., COUTTS, A., CASTAGNA, C., SASSI, R., & IMPELLIZZERI, F. M. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sport Med.* 28(12):1018-1024, 2007.
160. REILLY, T., BANGSBO, J., & FRANKS, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci.* 18(9):669-683, 2000.
161. ROMERO-RODRIGUEZ, D., & TOUS-FAJARDO, J. Prevención de lesiones en el deporte: Claves para un rendimiento deportivo óptimo. *Ed. Panamericana*, Madrid. Ed. 2010.
162. ROMERO-RODRIGUEZ, D., GUAL, G., & TESCH, P.A. Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Phys Ther Sport.* 12(1):43-48, 2011.
163. RONNESTAD, B.R., KVAMME, N.H., SUNDE, A., & RAASTAD, T. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 22(3):773-780, 2008.
164. RONNESTAD, B.R., NYMARK, B., & RAASTAD, T. Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 25(10):2653-2660, 2011.
165. ROWSELL, G., COUTTS, A., REABURN, P. & HILL-HAAS, S. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive *J Sports Sci of Sports Science.* 27(7):565-573, 2009.
166. RYYNÄNEN, J., JUNGE, A., DVORAK, J., PETERSON, L., KAUTIAINEN, H., KARLSSON, J., & BÖRJESSON, M. Foul play is associated with injury incidence: an epidemiological study of three FIFA World Cups (2002-2010). *Br J Sports Med.* 47(15):986-991, 2013.
167. SÁEZ DE VILLARREAL, E., KELLIS, E., KRAEMER, W.J., & IZQUIERDO, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 23(2):495-506, 2009.
168. SÁEZ DE VILLARREAL, E., REQUENA, B., & CRONIN, J.B. The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 26(2):575-584, 2012.

169. SALE, D. G. Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev.* 30(3):138-143, 2002.
170. SCHILLING, B.K., STONE, M.H., O-BRYANT, H.S., FRY, A.C., COGLIANESE, R.H., & PIERCE, K.C. Snatch technique of collegiate national level weightlifters. *J Strength Cond Res.* 16(4):551-555, 2002.
171. SHRIER, I. Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med.* 9(4):221-227, 1999.
172. SÖDERMAN, K., ALFREDSON, H., PIETILÄ, T., & WERNER, S. Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one outdoor season. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 9(5):313-321, 2001.
173. SÖHNLEIN, Q., MÜLLER, E., & STÖGGL, T.L. The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 28(8):2105-2114, 2014.
174. STOLEN, T., CHAMARI, K., CASTAGNA, C., & WISLOFF, U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 35(6):501-536, 2005.
175. STROYER, J., HANSEN, L., & KLAUSEN, K. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med Sci Sports Exerc.* 36(1):168-174, 2004.
176. STYLES, W.J., MATTHEWS, M.J., & COMFORT, P. Effects of strength training on squat and sprint performance in soccer players. *J Strength Cond Res.* 30(6):1534-1539, 2015.
177. SUAREZ-ARRONES, L., TORREÑO, N., REQUENA, B., SAEZ DE VILLARREAL, E., CASAMICHANA, D., BARBERO-ALVAREZ, J. C., & MUNGUA-IZQUIERDO, D. Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J Sports Med Phys Fitness.* 55(12):1417-1422, 2015.
178. SUTTON, K.M., & BULLOCK, J.M. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg.* 21(1):41-50, 2013.
179. THACKER, S.B., STROUP, D.F., BRANCHE, C.M., GILCHRIST, J., GOODMAN, R.A., & PORTER-KELLING, E. Prevention of knee injuries in sports. A systematic review of the literature. *J Sports Med Phys Fitness.* 43(2):165-179, 2003.

180. TOUS-FAJARDO, J. Nuevas tendencias en fuerza y musculación. *Ed. Ergo*, Barcelona. Ed. 1999.
181. TOUS-FAJARDO, J., GONZALO-SKOK, O., ARJOL-SERRANO, J.L., & TESCH, P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *Int J Sports Physiol Perform.* 11(1):66-73, 2016.
182. TRICOLI, V., LAMAS, L., CARNEVALE, R., & UGRINOWITSCH, C. Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs, vertical jump training programs. *J Strength Cond Res.* 19(2):433-437, 2005.
183. TROPP, H., ASKLING, C., & GILLQUIST, J. Prevention of ankle sprains. *Am J Sports Med.* 13(4):259-262, 1985.
184. TYLER, T.F., MCHUGH, M.P., MIRABELLA, M.R., MULLANEY, M.J., & NICHOLAS, S.J. Risk factors for noncontact ankle sprains in high school football players: the role of previous ankle sprains and body mass index. *Am J Sports Med.* 34(3):471-475, 2006.
185. VÁCZI, M., TOLLÁR, J., MESZLER, B., JUHÁSZ, I., & KARSAL, I. Short-term high intensity plyometric training program improves strength, power and agility in male soccer players. *J Hum Kinet.* 36:17-26, 2013.
186. VAN BEIJSTERVELDT, A.M., VAN DER HORST, N., VAN DE PORT, I.G., & BACKX, F.J. How effective are exercise-based injury prevention programmes for soccer players? : A systematic review. *Sports Med.* 43(4):257-265, 2013.
187. VAN DER HORST, N., SMITS, D.W., PETERSEN, J., GOEDHART, E.A., & BACKX, F.J. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 43(6):1316-1323, 2015.
188. VAN WINCKEL, J., HELSEN, W., MCMILLAN, K., TENNEY, D., MEERT, J.P., & BRADLEY, P. Fitness in soccer: the science and practical application. *Ed. Moveo Ergo Sum*, Leuven. Ed. 2014.
189. VERKHOSHANSKY, Y. Speed-strength preparation and development of strength endurance of athletes in various specializations. *Sov Sports Rev.* 21:120-124, 1986.
190. VERRALL, G.M., SLAVOTINEK, J.P., BARNES, P.G., FON, G.T., & SPRIGGINS, A.J. Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med.* 35(6):435-439, 2001.

191. VIGNE, G., GAUDINO, C., ROGOWSKI, I., ALLOATTI, G., & HAUTIER, C. Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sport Med.* 31(5):304-310, 2010.
192. WALDÉN, M., HÄGGLUND, M., & EKSTRAND, J. Injuries in Swedish elite football--a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scand J Med Sci Sports.* 15(2):118-125, 2005.
193. WALDÉN, M., HÄGGLUND, M., & EKSTRAND, J. Football injuries during European Championships 2004-2005. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 15(9):1155-1162, 2007.
194. WATHEN, D. Position statement: explosive/plyometric exercises. *NSCA J.* 15(3):16-19, 1993.
195. WILLEMS, T.M., WITVROUW, E., DELBAERE, K., MAHIEU, N., DE BOURDEAUDHUIJ, I., & DE CLERCQ, D. Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: a prospective study. *Am J Sports Med.* 33(3):415-423, 2005.
196. WILSON, G., MURPHY, A.J., & WALSHE, A.D. Performance benefits from weight and plyometric training: effects of initial strength level. *Coaching Sport Sci J.* 2(1):3-8, 1997.
197. WITVROUW, E., DANNEELS, L., ASSELMAN, P., D'HAVE, T., & CAMBIER, D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 31(1):41-46, 2003.
198. WOODS, C., HAWKINS, R., HULSE, M., & HODSON, A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med.* 36(6):436- 441, 2002.
199. WOODS, C., HAWKINS, R.D., MALTBY, S., HULSE, M., THOMAS, A., & HODSON, A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 38(1):36-41, 2004.
200. YEUNG, S.S., SUEN, A.M., & YEUNG, E.W. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *Br J Sports Med.* 43(8):589-594, 2009.
201. ZANETTI, E.M., BIGNARDI, C., FRANCESCHINI, G., & AUDENINO, A.L. Amateur football pitches: mechanical properties of the natural ground and of different artificial turf infills and their biomechanical implications. *J Sports Sci.* 31(7):767-778, 2013.

202. ZIOGAS, G.G., PATRAS, K.N., STERGIUO, N., & GEORGOULIS, A.D. Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *J Strength Cond Res.* 25:414–419, 2011.
203. ZISIS, P. The effects of an 8 weeks plyometric training program or an explosive strength training program on the Jump-and-Reach Height of male amateur soccer players. *JPES.* 13(4):594-600, 2013.

CAPÍTULO 2: Problema e hipótesis.

2.1. Formulación del problema

Con nuestro estudio de investigación, intentamos demostrar que el entrenamiento de la fuerza con sobrecarga excéntrica es determinante para la mejora del rendimiento físico en futbolistas, tanto aislado como combinado con trabajos pliométricos. También pretendemos dar a conocer la epidemiología lesional en la cantera de un equipo de fútbol profesional y demostrar que el entrenamiento de fuerza es eficaz en la prevención de lesiones en los futbolistas. Destacamos la importancia del control y la organización en el entrenamiento de fuerza, así como de una adecuada selección del método de entrenamiento a utilizar en función de los objetivos perseguidos. En nuestro caso, el objetivo será mejorar los niveles de fuerza para que contribuyan de la manera más eficaz posible al logro del rendimiento específico de competición de nuestros futbolistas. Además, nuestra intención es demostrar la compatibilidad del entrenamiento de fuerza con el trabajo físico, técnico y táctico, realizándolo antes de la sesión de entrenamiento regular y sin alterar los planes de trabajo.

2.1.1. Problemas del estudio 1

Debido a las crecientes demandas del entrenamiento técnico y la competición, el acondicionamiento físico durante el período competitivo debe ser importante para mantener niveles adecuados de fuerza y potencia en la temporada. Aunque la práctica del fútbol en sí mismo puede mejorar muchos de estos factores, los futbolistas de élite deben realizar un programa adicional de acondicionamiento específico, incluyendo ejercicios para el desarrollo de la potencia muscular, la velocidad, el cambio de dirección, y la capacidad de salto. Existen muchos métodos en el entrenamiento de fuerza cuyo objetivo es mejorar el rendimiento de los futbolistas, entre los que destaca el entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica por medio de dispositivos inerciales. A pesar de que existen pocas investigaciones sobre el uso de estos dispositivos, las que encontramos muestran resultados positivos en la mejora de diferentes variables relacionadas con el éxito en jugadores de fútbol (Askling *et al.*, 2003; De Hoyo *et al.*, 2014; De Hoyo *et al.*, 2015a; De Hoyo *et al.*, 2015b; Tous-Fajardo *et al.*, 2016). Por tanto, un programa de fuerza con sobrecarga excéntrica para el tren inferior podría ser óptimo para la mejora de las capacidades determinantes del rendimiento de los jugadores de fútbol.

Por ello, el problema que nos planteamos es el siguiente:

- ¿El entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica por medio de dispositivos inerciales mejora las capacidades determinantes del rendimiento en jugadores de fútbol?

2.1.2. Problemas del estudio 2

Existen gran cantidad de referencias en la bibliografía que demuestran la efectividad del entrenamiento pliométrico en la mejora del rendimiento en futbolistas (Buchheit *et al.*, 2010; Chelly *et al.*, 2010; Michailidis *et al.*, 2013; Ramírez-Campillo *et al.*, 2013; Ramírez-Campillo *et al.*, 2014a; Ramírez-Campillo *et al.*, 2014b; Ramírez-Campillo *et al.*, 2015a; Ramírez-Campillo *et al.*, 2015b), tales como el tiempo de sprint, aceleración y salto vertical. Sin embargo, si se revisa la bibliografía, son pocos los estudios centrados en la utilización del chaleco lastrado (Barnes *et al.*, 2013; Barr *et al.*, 2015; Cronin *et al.*, 2008), y su principal objeto de estudio es el uso de dichos chalecos en el calentamiento o en la vida diaria facilitando una situación de hipergravedad. Lo que no se encuentra en la bibliografía actualmente es la combinación, en el mismo programa de entrenamiento de ejercicios de fuerza con sobrecarga excéntrica y ejercicios pliométricos, ni el uso del chaleco lastrado en gestos específicos del futbolista para conocer si produce mejoras a corto plazo en su rendimiento. Por lo que podemos pensar, debido a los beneficios que tienen cuando se aplican aislados, que la combinación de pliometría y sobrecarga excéntrica puede tener efectos positivos en el rendimiento físico de los futbolistas, al igual que el uso del chaleco lastrado, aunque es interesante comparar para conocer si ambos entrenamientos producen las mismas mejoras en el rendimiento físico de los futbolistas.

Por ello, el problema que nos planteamos es el siguiente:

- ¿Un programa de fuerza con sobrecarga excéntrica combinado con ejercicios de pliometría y otro programa basado en el entrenamiento con chaleco lastrado producen mejoras diferentes en el rendimiento físico en jugadores de fútbol?

2.1.3. Problemas del estudio 3

Debido a las demandas específicas del fútbol, el riesgo de lesión aguda en futbolistas profesionales es hasta 1000 veces mayor si se compara con cualquier tipo de actividad industrial (Drawer *et al.*, 2002). Hägglund, (2007) mostró que el 65-95% de los

jugadores tenían al menos una lesión cada temporada y Ekstrand *et al.* (2011) demostraron que en un equipo de 25 jugadores se pueden esperar alrededor de 15 lesiones musculares por temporada. En los últimos 20 años se han realizado multitud de estudios con el objetivo de conocer la epidemiología lesional en el fútbol, pero la heterogeneidad metodológica de los mismos hace que la comparación de los resultados entre ellos sea muy difícil y poco significativa (Fuller *et al.* 2006). A pesar de esto, se sabe que se producen más lesiones durante los partidos, 13-40.3 lesiones cada 1000 horas, que en los entrenamientos, 1.9-5.9 lesiones cada 1000 horas. (Árnason *et al.*, 2005; Mallo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2012; Llana *et al.*, 2010; Waldén *et al.*, 2005; Woods *et al.*, 2004). Gracias a estudios previos, sabemos que entre el 77-93% de las lesiones totales se producen en los miembros inferiores (Mallo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2012; Woods *et al.*, 2004), que el muslo es la zona más afectada (Mallo *et al.*, 2011; Waldén *et al.*, 2005; Junge *et al.*, 2004; Woods, 2002; Woods *et al.*, 2004) y que las lesiones más comunes son las lesiones musculares (Llana *et al.*, 2010; Noya y *et al.*, 2012). A pesar de todo esto, se echan en falta estudios epidemiológicos sobre el fútbol base, en los que se comparen diferentes grupos de futbolistas, principalmente por edad, para así conocer la realidad epidemiológica en la cantera de clubes profesionales.

Por ello, el problema que nos planteamos es el siguiente:

- ¿Existen diferencias epidemiológicas, según la categoría de edad, entre los futbolistas que componen la misma cantera de un equipo de fútbol profesional?

2.1.4. Problemas del estudio 4

Las lesiones en el fútbol son una realidad en el día a día, lo que hace que los profesionales de este deporte deban buscar soluciones, no solo para evitar su aparición, sino para poder reducir su severidad una vez que estas aparezcan. En esta prevención juega un papel fundamental el entrenamiento de fuerza, tanto para la corrección de déficits y/o desequilibrios de fuerza muscular entre grupos musculares agonistas/antagonistas o grupos musculares contralaterales (Croisier *et al.*, 2008; Impellizzeri *et al.*, 2006; Newton *et al.*, 2006), como para asegurar una buena armonía entre diferentes grupos musculares, por lo que se deben de respetar los principios de equilibrio derecha-izquierda, arriba-abajo, delante-detrás y agonista-antagonista (Casáis, 2008). Para conseguir esta prevención, encontramos en la bibliografía diferentes métodos adecuados para conseguir este objetivo, ya sean programas de fuerza (Gerhardt

et al., 2007), programas combinados (Owen *et al.*, 2013), calentamientos con carácter preventivo (Van Beijsterveldt *et al.*, 2012), ejercicios con sobrecarga excéntrica (De Hoyó *et al.*, 2015a) o programas basados en el NH (Ekstrand *et al.*, 2016). A pesar de esta gran cantidad de métodos eficaces en la prevención de lesiones, las lesiones siguen presentes, e incluso en algunos grupos musculares, su incidencia va en aumento (Ekstrand *et al.*, 2016), por lo que se hace necesario la búsqueda de nuevos programas preventivos aplicables en el fútbol.

Por ello, el problema que nos planteamos es el siguiente:

- ¿El entrenamiento de fuerza orientado a los grupos musculares con mayor incidencia lesional en futbolistas tiene efectos positivos a corto y/o a largo plazo en la prevención de lesiones?

2.2. Objetivos generales

- a) Comprobar los efectos del entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica en el rendimiento físico de los jugadores de fútbol.
- b) Comparar los efectos sobre el rendimiento del entrenamiento de sobrecarga excéntrica combinado con pliometría versus entrenamiento con chaleco lastrado.
- c) Demostrar las diferencias epidemiológicas, según edades, en el fútbol.
- d) Comprobar los efectos preventivos del entrenamiento de fuerza sobre jugadores de fútbol.

2.3. Objetivos específicos

2.3.1. Estudio 1

Examinar:

- Los efectos de un entrenamiento específico de fuerza del tren inferior utilizando un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica durante 6 semanas sobre la capacidad de salto, la potencia máxima y la velocidad lineal y con cambio de dirección en un equipo de fútbol de élite U-16.

2.3.2. Estudio 2

Comparar:

- El efecto de un entrenamiento combinado de sobrecarga excéntrica y pliometría versus entrenamiento con chaleco lastrado en el rendimiento de jugadores de fútbol de élite U-17.

2.3.3. Estudio 3

Demostrar:

- Las diferencias epidemiológicas que pueden existir entre las diferentes categorías de la misma cantera de un equipo de fútbol profesional.

2.3.4. Estudio 4

Examinar:

- Los efectos a corto y largo plazo de un entrenamiento de fuerza en la prevención de lesiones musculares en futbolistas de élite U-19.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Estudio 1

Varias investigaciones han proporcionado información sobre los beneficios del entrenamiento excéntrico (Brockett *et al.*, 2001; Brockett, 2004; Hortobágyi *et al.*, 2001; Proske, 2001), así como los beneficios que tiene el uso de los dispositivos inerciales con sobrecarga excéntrica tanto en la prevención de lesiones (Askling *et al.*, 2003) como en el rendimiento (De Hoyo *et al.*, 2015a) pero escasean las relacionadas con futbolistas (De Hoyo *et al.*, 2014; De Hoyo *et al.*, 2015b; Tous-Fajardo *et al.*, 2015). En particular, estas publicaciones hacen referencia a la mejora de los valores tanto de fuerza como de potencia, así como de diferentes variables relacionadas con el rendimiento en el fútbol, como son el salto vertical, el tiempo de sprint lineal y con cambio de dirección y la aceleración, aunque estos trabajos son insuficientes, y no tenemos conocimiento de que existan investigaciones en las que se realice una

intervención con un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica basada en el ejercicio squat unilateral para conocer sus efectos en el rendimiento en futbolistas.

Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis. Un entrenamiento de fuerza con tecnología inercial con sobrecarga excéntrica de 6 semanas de duración produce un efecto positivo en diferentes parámetros determinantes del rendimiento en fútbol como el salto vertical y la velocidad lineal y no lineal, así como sobre los valores de potencia del tren inferior.

2.4.2. Estudio 2

Estudios desarrollados previamente han proporcionado información sobre los efectos del entrenamiento pliométrico en jugadores de fútbol (Buchheit *et al.*, 2010; Chelly *et al.*, 2010; Michailidis *et al.*, 2013; Ramírez-Campillo *et al.*, 2013), los cuales presentan mejoras en variables de rendimiento en fútbol, aunque no hay datos publicados sobre la combinación de este métodos de entrenamiento de la fuerza con ejercicios de sobrecarga excéntrica. Respecto al uso de chalecos lastrados, existen muy pocos estudios (Barnes *et al.*, 2013; Barr *et al.*, 2015; Cronin *et al.*, 2008), y su principal objeto de estudio es el uso de dichos chalecos en el calentamiento o en la vida diaria facilitando una situación de hipergravedad, aunque por las características de este tipo de entrenamiento podría producir mejoras en el rendimiento de los futbolistas, probablemente diferentes a las producidas por el método que combina sobrecarga excéntrica y pliometría.

Debido al principio de especificidad, proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis. El entrenamiento neuromuscular combinando sobrecarga excéntrica y pliometría produce mayores mejoras en la capacidad de salto vertical y potencia del tren inferior que un entrenamiento neuromuscular con chaleco lastrado, a través del cual se obtienen mayores mejoras en el tiempo de sprint lineal y con cambio de dirección.

2.4.3. Estudio 3

Los estudios de Drawer *et al.* (2002); Häggglund *et al.* (2006) y Ekstrand *et al.* (2011), muestran que el fútbol es un deporte de alta incidencia lesional, principalmente debido a las lesiones musculares. Muchos son los estudios cuyo objeto de estudio ha sido

conocer la epidemiología lesional en futbolistas (Árnason *et al.*, 2005; Llana *et al.*, 2010; Mallo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2012; Waldén *et al.*, 2005; Woods *et al.*, 2004), aunque se echan en falta publicaciones epidemiológicas realizadas con jugadores más jóvenes, incluso adolescentes. Si bien sabemos que el nivel de habilidad deportiva y la edad son factores de riesgo lesional, no tenemos constancia de una investigación en la que se estudie la epidemiología lesional en todos los equipos de fútbol de la cantera del mismo club, con el fin de poder determinar qué factores de riesgo son más influyentes en las diferentes categorías.

Es por esto que proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis. La incidencia lesional dentro de un mismo club es menor en jugadores más jóvenes. Además, las lesiones musculares son las más comunes y la incidencia lesional es mayor en competición que en entrenamientos.

2.4.4. Estudio 4

El entrenamiento de fuerza, debido a sus beneficios, ha sido muy utilizado para la prevención de lesiones, aunque es difícil encontrar investigaciones basadas en programas que solo utilicen ejercicios de fuerza para la prevención de lesiones, siendo los programas combinados los más utilizados, principalmente por el carácter multifactorial de las lesiones. En cuanto al entrenamiento de fuerza aislado se refiere, la mayoría de las investigaciones han utilizado el ejercicio NH (Ekstrand *et al.*, 2016), aunque sus efectos positivos son solo aplicables a la musculatura isquiotibial. Si analizamos los beneficios genéricos del entrenamiento de fuerza y su utilidad para la reducción de la incidencia de diversos factores de riesgo, como los desequilibrios musculares (Casáis, 2008), podemos afirmar que el entrenamiento de fuerza tiene un papel fundamental en la prevención de lesiones.

Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis. Un entrenamiento de fuerza de 10 semanas que combina contracciones excéntricas, concéntricas e isométricas reduce la incidencia lesional de un equipo de fútbol en comparación con los valores obtenidos en la temporada anterior por este mismo equipo.

2.5. Estudios a desarrollar

Estudio 1. Título: Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica en el rendimiento de jugadores de fútbol de élite U-16 (*Short-term effects of an eccentric-overload training program on performance in U-16 elite soccer players*)

Estudio 2. Título: 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. (*Short-term physical performance effects of two different neuromuscular oriented training programs on U-17 elite soccer players*)

Estudio 3. Título: Incidencia lesional a lo largo de una temporada completa en la cantera de un equipo de fútbol profesional (*Injury incidence in the academy of a professional soccer team during a complete season*)

Estudio 4. Título: Efectos de un programa de prevención de lesiones sobre las lesiones musculares en un equipo de fútbol de élite U-19 (*Effects of an injury prevention program on muscle injuries in U-19 elite soccer team*)

2.6. Bibliografía

1. ÁRNASON, Á., ENGBRETSSEN, L., & BAHR, R. No effect of a video-based awareness program on the rate of soccer injuries. *Am J Sports Med.* 33(1):77-84, 2005.
2. ASKLING, C., KARLSSON, J., & THORSTENSSON, A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.* 13(4):244-250, 2003.
3. BARNES, K.R., HOPKINS, W.G., MCGUIGAN, M.R., & KILDING, A.E. Warm-up with a weighted vest improves running performance via leg stiffness and running economy. *J Sci Med Sport.* 18(1):103-108, 2015.
4. BARR, M.J., GABBETT, T.J., NEWTON, R.U., & SHEPPARD, J.M. Effect of 8 days of a hypergravity condition on the sprinting speed and lower-body power of elite rugby players. *J Strength Cond Res.* 29(3):722-729, 2015.

5. BROCKETT, C.L., MORGAN, D.L., & PROSKE, U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc.* 33(5):783-790, 2001.
6. BROCKETT, C.L., MORGAN, D.L., & PROSKE, U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 36(3):379-387, 2004.
7. BUCHHEIT, M., MENDEZ-VILLANUEVA, A., DELHOMEL, G., BRUGHELLI, M., & AHMAIDI, S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res.* 24(10):2715-2722, 2010b.
8. CASÁIS, L. Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts Med Esport.* 43:30-40, 2008.
9. CHELLY, M.S., GHENEM, M.A., ABID, K., HERMASSI, S., TABKA, Z., & SHEPHARD, R.J. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(10):2670-2676, 2010.
10. CROISIER, J.L., GANTEAUME, S., BINET, J., GENTY, M., & FERRET, J.M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med.* 36(8):1469-1475, 2008.
11. CRONIN, J., HANSEN, K., KAWAMORI, N., & MCNAIR, P. Effects of weighted vests and sled towing on sprint kinematics. *Sports Biomech.* 7(2):160-172, 2008.
12. DE HOYO, M., DE LA TORRE, A., PRADAS, F., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., MATEO-CORTES, J., DOMÍNGUEZ-COBO, S., FERNANDES, O., & GONZALO-SKOK, O. Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *Int J Sports Med.* 36(4):308-314, 2014.
13. DE HOYO, M., POZZO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., GONZALO-SKOK, O., DOMÍNGUEZ-COBO, S., & MORÁN-CAMACHO, E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 10(1):46-52, 2015a.
14. DE HOYO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., DOMÍNGUEZ-COBO, S., MATEO-CORTES, J., CADENAS-SÁNCHEZ, M.M., & NIMPHIUS, S. Effects of Traditional Versus Horizontal Inertial Flywheel Power Training on Common Sport-Related Tasks. *J Hum Kinet.* 47:155-167, 2015b.

15. DRAWER, S., & FULLER, C.W. Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process. *Br J Sports Med.* 36(6):446-451, 2002.
16. EKSTRAND, J., HÄGGLUND, M., & WALDÉN, M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 39(6):1226-1232, 2011.
17. EKSTRAND, J., WALDÉN, M., & HÄGGLUND, M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med.* 50(12):731-737, 2016.
18. FULLER, C., EKSTRAND, J., JUNGE, A., ANDERSEN, T., BAHR, B., DVORAK, J., HÄGGLUND, M., MCCRORY, P., & MEEUWISSE, W. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scand J Med Sci Sports.* 16(2):83-92, 2006.
19. GERHARDT, M. The "MLS Groin Injury Prevention Protocol", *Training & Conditioning.* 17, 2007.
20. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., & EKSTRAND, J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 40(9):767-772, 2006.
21. HORTOBÁGYI, T., HOUMARD, J., FRASER, D., DUDEK, R., LAMBERT, J., & TRACY, J. Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *J Appl Physiol.* 84(2):492-498, 1998.
22. JUNGE, A., & DVORAK, J. Soccer injuries: a review on incidence and prevention. *Sports Med.* 34(13):929-938, 2004.
23. IMPELLIZZERI, F.M., MARCORÀ, S.M., CASTAGNA, C., REILLY, T., SASSI, A., IAIA, F.M., & RAMPININI, E. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med.* 27(6):483-492, 2006.
24. LLANA, S., PÉREZ, P., & LLEDÓ, E. La epidemiología del fútbol: una revisión sistemática. *Rev Int Med Cienc Ac.* 10(37): 22-40, 2010.
25. MALLO, J., GONZÁLEZ, P., VEIGA, S., & NAVARRO, E. Injury incidence in a spanish sub-elite professional football team: a prospective study during four consecutive seasons. *J Sports Sci Med.* 10(4):731-736, 2011.
26. MICHAÏLIDIS, Y., FATOUROS, I.G., PRIMPA, E., MICHAÏLIDIS, C., AVLONITI, A., CHATZINIKOLAOU, A., BARBERO-ÁLVAREZ, J.C.,

- TSOUKAS, D., DOUROUDOS, I.I., DRAGANIDIS, D., LEONTSINI, D., MARGONIS, K., BERBERIDOU, F., & KAMBAS, A. Plyometrics' trainability in pre-adolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res.* 27(1):38–49, 2013.
27. NEWTON, R.U., ROGERS, R.A., VOLEK, J.S., HÄKKINEN, K., & KRAEMER, W.J. Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *J Strength Cond Res.* 20(4):955-961, 2006.
28. NOYA, J., & SILLERO, M. Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Med Esport.* 47:115-123, 2012.
29. OWEN, A., WONG, P., DELLAL, A., PAUL, D.J., ORHANT, E., & COLLIE, S. Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. *J Strength Cond Res.* 27(12):3275-3285, 2013.
30. PROSKE, U., & MORGAN, D.L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol.* 537:333-345, 2001.
31. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., MEYLAN, C.M., ÁLVAREZ-LEPÍN, C., HENRIQUEZ-OLGUÍN, C., MARTINEZ, C., ANDRADE, D.C., CASTRO-SEPÚLVEDA, M., BURGOS, C., BÁEZ, E.I., & IZQUIERDO, M. The effects of interday rest on adaptation to 6 weeks of plyometric training in young soccer players. *J Strength Cond Res.* 29(4):972-979, 2013.
32. RAMIREZ-CAMPILLO, R., ANDRADE, D.C., ÁLVAREZ, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., MARTÍNEZ, C., BÁEZ-SANMARTÍN, E., SILVA-URRA, J., BURGOS, C., & IZQUIERDO, M. The effects of intersset rest on adaptation to 7 weeks of explosive training in young soccer players. *J Sports Sci Med.* 13(2):287-296, 2014a.
33. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., MEYLAN, C., ALVAREZ, C., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., MARTÍNEZ, C., CAÑAS-JAMETT, R., ANDRADE, D.C., & IZQUIERDO, M. Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 28(5):1335-1342, 2014b.
34. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., BURGOS, C.H., HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C., ANDRADE, D.C., MARTÍNEZ, C., ÁLVAREZ, C., CASTRO-SEPÚLVEDA, M., MARQUES, M.C., & IZQUIERDO, M. Effect of unilateral, bilateral, and combined

- plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 29(5):1317-1328, 2015a.
35. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., GALLARDO, F., HENRIQUEZ-OLGUÍN, C., MEYLAN, C.M., MARTÍNEZ, C., ÁLVAREZ, C., CANIUQUEO, A., CADORE, E.L., & IZQUIERDO, M. Effect of Vertical, Horizontal, and Combined Plyometric Training on Explosive, Balance, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 29(7):1784-1795, 2015b.
36. TOUS-FAJARDO, J., GONZALO-SKOK, O., ARJOL-SERRANO, J.L., & TESCH, P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *Int J Sports Physiol Perform.* 11(1):66-73, 2016.
37. VAN BEIJSTERVELDT, A.M., VAN DER HORST, N., VAN DE PORT, I.G., & BACKX, F.J. How effective are exercise-based injury prevention programmes for soccer players?: A systematic review. *Sports Med.* 43(4):257-265, 2013.
38. WALDÉN, M., HÄGGLUND, M., & EKSTRAND, J. Injuries in Swedish elite football-a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scand J Med Sci Sports.* 15(2):118-125, 2005.
39. WOODS, C., HAWKINS, R., HULSE, M., & HODSON, A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med.* 36(6):436-441, 2002.
40. WOODS, C., HAWKINS, R.D., MALTBY, S., HULSE, M., THOMAS, A., & HODSON, A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 38(1):36-41, 2004.

CAPÍTULO 3: Estudio 1. Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica en el rendimiento en jugadores de fútbol de élite U-16 (Short-term effects of an eccentric-overload training program on the performance on U-16 elite soccer players)

Estudio 1. Título: Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16.

Study 1. Title: Short-term effects of an eccentric-overload training program on the physical performance on U-16 elite soccer players.

3.1. Resumen

Objetivo: Analizar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica (squat lateral ejecutado en un dispositivo inercial) sobre el rendimiento en futbolistas junior de élite. **Métodos:** Dieciséis futbolistas de 14.7 ± 0.2 años de edad fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: grupo control (n=8, GC) y grupo de fuerza (n=8, GF). El GF complementó su entrenamiento habitual de fútbol con el programa específico de fuerza con sobrecarga excéntrica propuesto dos días a la semana durante seis semanas. Antes y después del periodo de intervención se midió la altura de salto vertical, el tiempo de sprint lineal y con cambio de dirección (COD) y la potencia del tren inferior. **Resultados:** Se obtuvieron mejoras sustanciales (probables a muy probables) en GF en salto con contramovimiento (CMJ) (TE: 0.46), en el porcentaje de pérdida de COD-I (TE: 1.39) y en la potencia media (TE: 0.73) y potencia máxima (TE: 0.65). El análisis inter-grupos mostró mejoras sustanciales mayores en GF respecto a GC en CMJ (TE: 0.79), en el porcentaje de pérdida de COD-D (TE: 1.14), en la potencia media (TE: 1.04) y en la potencia máxima (TE: 0.88). **Conclusiones:** Los resultados obtenidos sugieren que incluir un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica en la programación del entrenamiento de fútbol permite optimizar la condición física específica del futbolista.

Palabras clave: salto vertical, potencia máxima, sobrecarga-excéntrica, cambio de dirección, fútbol.

Abstract

Purpose: To analyse the effect of an eccentric-overload training program (i.e., lateral squat exercise using a flywheel device) in junior elite soccer players **Methods:** Sixteen junior soccer players (14.7 ± 0.2 years) were randomly assigned to 2 groups: control group ($n=8$, CG) and strength group ($n=8$, SG). The SG complemented the soccer training with a proposed eccentric-overload training program 2 days per weeks during 6 weeks. Before and after the training period jumping ability, linear and non-linear sprint and lower-limb power were measured. **Results:** Substantial improvements (likely to very likely) were found in the SG in CMJ (ES: 0.46), percent decrement of COD-L (ES: 1.39) and Mean Power (ES: 0.73) and Peak Power (ES: 0.65). Between-groups analysis showed greater substantial improvements in VG in relation to CG in CMJ (ES: 0.79), percent decrement of COD-R (ES: 1.14) and Mean Power (ES: 1.04) and Peak Power (ES: 0.88). **Conclusions:** The results suggest that the inclusion of an eccentric-overload training program in soccer training periodization allow the optimization of the specific physical condition of the soccer players.

Keywords: countermovement jump, maximal power output, eccentric-overload, change-of-direction, soccer.

3.2. Introducción

Los científicos del deporte han examinado los requerimientos físicos y fisiológicos del fútbol moderno (Sáez de Villarreal *et al.*, 2015) y han demostrado que se trata de un deporte de carácter intermitente (Di Salvo *et al.*, 2007) caracterizado por la presencia de gran cantidad de acciones de alta intensidad (Hoff *et al.*, 2002) tales como saltos, aceleraciones, cambios de dirección, sprints repetidos, etc. (Hoff *et al.*, 2004). Estas acciones de alta intensidad son factores determinantes para conseguir el éxito deportivo por lo que deben tenerse en cuenta a la hora de programar el entrenamiento de fútbol (Hoff *et al.*, 2004). En esta sentido hay que prestar gran atención a los programas de entrenamiento de fuerza, debido a la estrecha relación existente entre el tiempo de sprint lineal y con cambio de dirección (COD) y la capacidad de salto vertical con altos niveles de fuerza, potencia y ratio de producción de fuerza (Swinton *et al.*, 2014).

Con el fin mejorar estas acciones de alta intensidad y optimizar el rendimiento de los jugadores de fútbol se han utilizado diferentes programas de entrenamiento de fuerza constituidos por una gran cantidad de ejercicios diferentes, tales como ejercicios tradicionales (Gorostiaga *et al.*, 2004), ejercicios balísticos (Loturco *et al.*, 2015), ejercicios olímpicos (Hoffman *et al.*, 2004), ejercicios pliométricos (Michailidis *et al.*, 2013), ejercicios con sobrecarga excéntrica (Askling *et al.*, 2003) o la combinación de algunos de ellos en el método de contrastes (Brito *et al.*, 2014). Estos programas han mostrado efectos positivos en futbolistas sobre la capacidad de salto vertical (Chelly *et al.*, 2009), la reducción del tiempo de sprint en diferentes distancias (Chelly *et al.*, 2009; Wong *et al.*, 2010) y el aumento de fuerza y/o potencia del tren inferior (Sander *et al.*, 2013).

Debido a los efectos positivos del entrenamiento excéntrico, tales como la consecución de una óptima longitud muscular o la mejora de la coordinación del músculo (Vogt *et al.*, 2013), los programas de fuerza con sobrecarga excéntrica ejecutados en dispositivos inerciales están teniendo cada día más presencia en las periodizaciones de entrenamiento en fútbol. Se trata de una tecnología diseñada para el evitar el desentrenamiento y la atrofia muscular de los astronautas durante su estancia en el espacio (Berg *et al.*, 1994) que depende de un volante de inercia el cual produce una mayor activación en la fase excéntrica en comparación con los ejercicios tradicionales (Norrbrand *et al.*, 2008). En esta línea, Norrbrand *et al.* (2011) compararon la activación de la musculatura de los cuádriceps durante la ejecución de una sentadilla usando pesos libres y un dispositivo inercial. Los resultados obtenidos demostraron que la sentadilla realizada en el dispositivo inercial producía, en general, mayor actividad electromiográfica (EMG) en ambas fases del movimiento, concéntrica y excéntrica, en comparación con la sentadilla tradicional ejecutada con una barra olímpica.

Gracias a estudios previos conocemos que los programas de entrenamiento con sobrecarga excéntrica parecen producir una hipertrofia musculo-esquelética temprana (Keiner *et al.*, 2014; Seynnes *et al.*, 2007), mejoras en el salto vertical después de 90 días en cama (Rittweger *et al.*, 2007), una reducción de la incidencia de lesiones musculares (Tous-Fajardo *et al.*, 2006) y mejoras en diferentes variables relacionadas con el rendimiento en el fútbol, tales como el salto vertical y el tiempo de sprint lineal y COD (De Hoyo *et al.*, 2015a; Tous-Fajardo *et al.*, 2016). Respecto a la prevención de lesiones musculares y el rendimiento en fútbol, Askling *et al.* (2003) aplicaron un

programa de fuerza con sobrecarga excéntrica en dispositivo inercial (yoyo leg-curl) con jugadores suecos profesionales durante 10 semanas, obteniendo mejoras en el tiempo de sprint, además de reducir la incidencia lesional de la musculatura isquiotibial. En la misma línea, De Hoyo *et al.* (2015a) administraron un programa de entrenamiento con sobrecarga excéntrica en futbolistas jóvenes. Tras las diez semanas que duró la intervención, se mostraron como resultados más destacados la reducción de la severidad de las lesiones musculares así como diferentes mejoras en la capacidad de salto y el tiempo de sprint lineal.

Según nuestro conocimiento, hasta la fecha aún no existe ninguna investigación cuyo objetivo sea conocer los efectos de un programa de fuerza con sobrecarga excéntrica, ejecutado de manera unilateral, sobre la capacidad de salto, el tiempo de sprint lineal y COD y sobre la potencia del tren inferior en futbolistas jóvenes de alto nivel. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar los efectos de un programa de fuerza realizado en un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento en futbolistas junior de élite.

3.3. Metodología

3.3.1. Sujetos

Dieciséis jugadores de fútbol junior de élite (14.7 ± 0.2 años de edad, 169.1 ± 8.3 cm de altura, 56.6 ± 9.7 kg de masa corporal, y 20.1 ± 1.8 kg/m² de índice de masa corporal), aceptaron voluntariamente participar en este estudio. Los futbolistas pertenecían al mismo equipo de la cantera de un club de fútbol profesional de 2ª División de España, y fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos: grupo control (GC; n=8) y grupo de fuerza (GF; n=8). Ninguno de los participantes había usado previamente ningún dispositivo inercial de sobrecarga excéntrica. Antes de su participación en el estudio cada jugador completó un cuestionario sobre su historia médica e historial de lesiones. Los porteros fueron excluidos de la muestra de estudio, y los jugadores que no completaron al menos el 80% de las sesiones de entrenamiento fueron omitidos en el análisis estadístico posterior. Antes de iniciar el estudio, los participantes fueron completamente informados sobre el protocolo a seguir, y el consentimiento escrito e informado fue rellenado por los padres al ser los participantes menores de edad. Todos los participantes eran libres de abandonar el estudio en cualquier momento sin ninguna

penalización. Los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España) y de acuerdo con la Declaración de Helsinki (2013).

Tabla 15. Datos descriptivos de los participantes, Media \pm SD

	<i>Grupo Control</i>	<i>Grupo Fuerza</i>
Edad (años)	14.8 \pm 0.2	14.7 \pm 0.3
Altura (cm)	168.8 \pm 6.8	166.5 \pm 9.4
Peso (kg)	54.5 \pm 7.8	53.9 \pm 10.4
Índice de masa corporal (kg/m²)	20.9 \pm 1.8	19.2 \pm 1.9

3.3.2. Diseño del estudio y procedimientos

El estudio fue diseñado para conocer el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza realizado en un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica. Durante el periodo de intervención, los jugadores siguieron participando en su entrenamiento habitual de fútbol. La rutina semanal consistía en 3 sesiones por semana (martes, jueves y viernes) con los siguientes contenidos: desarrollo técnico-táctico, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, prevención de lesiones y trabajo de flexibilidad (70%, 10%, 8%, 5% y 7% del tiempo total de entrenamiento, respectivamente). Además, durante el tiempo que duró el diseño experimental, los jugadores disputaron nueve partidos de competición (domingo). La intervención duró nueve semanas (entre los meses de enero y febrero, correspondientes al periodo competitivo). La primera semana se destinó a la familiarización de los jugadores con el dispositivo inercial y los test a realizar, en la segunda semana los participantes llevaron a cabo las sesiones del pre-test y en la última semana las sesiones del post-test. En ambas jornadas los futbolistas fueron instruidos para realizar su última comida tres horas antes del comienzo de las pruebas, no tomar bebidas con cafeína, ni realizar ejercicio físico intenso el día de la toma de datos (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2016). Todos los test se realizaron a la misma hora, en el campo de hierba artificial donde el equipo realizaba su entrenamiento, con la indumentaria habitual y el calzado que normalmente usaba el jugador. Los tests fueron supervisados por los mismos técnicos especialistas en dos días diferentes, con 48 horas

de separación entre cada sesión. El primer día de evaluación, además de realizar el registro de las medidas antropométricas de todos los jugadores, se realizaron los tests de salto vertical y el test de potencia del tren inferior. En el segundo día se llevó a cabo el test de sprint lineal y sprint con COD. Antes de cada sesión se realizó un calentamiento estandarizado, que consistió en tres minutos de carrera continua a baja intensidad, ejercicios de movilidad articular y acciones de salto y sprint sobre distancias de 10 a 30 m. El programa de entrenamiento adicional de fuerza tuvo una duración de seis semanas, durante las cuales se llevaron a cabo dos sesiones semanales del mismo (martes y jueves). El entrenamiento del GF se realizó previamente a la sesión de entrenamiento de fútbol, y consistió en cuatro series de ocho repeticiones (4x8; las dos primeras se utilizaron para la aceleración del volante de inercia) del ejercicio squat lateral, ejecutado en un dispositivo inercial a la máxima intensidad posible. La recuperación entre series fue de 180 segundos. Todas las sesiones del entrenamiento de fuerza comenzaron de manera similar, con un calentamiento estandarizado que consistió en una parte general, basada en ejercicios aeróbicos y de movilidad, y una parte específica, en la que se incluyeron cinco repeticiones del ejercicio de ½ sentadilla ejecutado de manera bilateral, tres repeticiones del ejercicio de ½ sentadilla ejecutado de manera unilateral con cada pierna y cinco repeticiones del ejercicio de ½ sentadilla con salto.

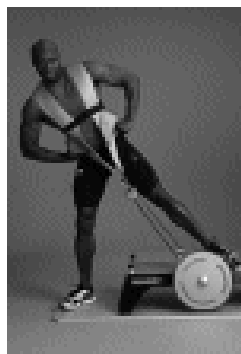


Figura 5: Ejecución del ejercicio Squat Lateral (SmartCoach Europe AB)

3.3.3. Tests y mediciones

Tests de salto vertical. Tras un calentamiento estandarizado, los futbolistas ejecutaron tres saltos con contramovimiento (CMJ), tres Abalakov (ABK) bilateral y tres ABK unilateral (3 derecha y 3 izquierda), utilizando para valorar la altura de cada uno de los saltos una plataforma de rayos infrarrojos (Optojump Next, Microgate®, Bolzano,

Italia). Durante toda la ejecución del CMJ las manos de los participantes debían estar colocadas en sus caderas, aunque durante la ejecución del ABK se permitió el movimiento de los brazos de manera coordinada y sincronizada con la acción de flexo-extensión de las piernas. Se recomendó a los participantes que realizaran la recepción de cada salto en una posición vertical y que flexionaran las rodillas después del aterrizaje (Sáez de Villarreal *et al.*, 2015). El mejor valor de cada test fue seleccionado para el posterior análisis estadístico y el tiempo de recuperación propuesto entre cada salto fue de 2 minutos.

Test de potencia del tren inferior. La potencia del tren inferior fue medida utilizando un dispositivo inercial (K-Box 3, Exxentric®, Stockholm, Suecia) por medio de un encoder rotatorio (SmartCoach™ Power Encoder, SmartCoach Europe AB, Stockholm, Suecia). Todos los jugadores ejecutaron 2 series de 6 repeticiones del ejercicio ½ sentadilla de manera bilateral (inercia 0.050 kg/m²) y 2 series de 6 repeticiones del ejercicio squat lateral con cada pierna (inercia 0.025 kg/m²), con un descanso de 4 minutos entre cada intento. Se midió la potencia total (concéntrica + excéntrica) y la potencia media y potencia pico (bilateral y unilateral), las cuales fueron usadas para el posterior análisis estadístico, usando el mejor resultado obtenido en cada test.

Test de Sprint lineal Para valorar los tiempos de sprint se emplearon fotocélulas eléctricas (Polifermo Light Radio, Microgate®, Bolzano, Italia). Todos los participantes realizaron dos sprints lineales midiendo el tiempo en las distancias de 20 y 30 m (Buchheit *et al.*, 2010). En el inicio de cada test el pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera fotocélula. Se eligió el mejor valor de cada test para el consiguiente análisis estadístico. El tiempo de descanso entre cada repetición fue de 3 minutos.

Test de sprint con Cambio de Dirección. Todos los participantes realizaron dos sprints de 20 m (10+10 m) con un COD de 90° (Figura 6) hacia la derecha (COD-D) y dos sprints con un COD de 90° hacia la izquierda (COD-I) (Hader *et al.*, 2015). En el inicio de cada test el pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera fotocélula (Polifermo Light Radio, Microgate®, Bolzano, Italia). Para el posterior análisis estadístico se eligió el mejor valor de cada test. Se estableció un tiempo de recuperación de 2 minutos entre repeticiones. El tiempo en el sprint lineal de 20 m de distancia fue usado con el tiempo

el GF se encontraron mejoras sustanciales (Tabla 17) en el CMJ (TE pequeño), en el porcentaje de pérdida en el cambio de dirección de 90° hacia la izquierda (%Pérdida-COD-I) (TE grande) y en todas las variables evaluadas relacionadas con la potencia (media y pico).

La comparación inter-grupos reflejó diferencias sustanciales (>75%) en diversas variables del rendimiento (Tabla 18). El GF manifestó mejoras sustancialmente mayores en el CMJ (TE moderado) y en el porcentaje de pérdida en el cambio de dirección de 90° hacia la derecha (%Pérdida-COD-D) (TE moderada) en comparación con el GC. En todas las variables estudiadas relacionadas con las potencia (potencia media y pico de potencia, bilateral y unilateral y relativas al peso) se encontraron mejoras sustancialmente mayores en GF respecto al GC en el post-test. El GC obtuvo mayores mejoras sustanciales en ABK-D (TE pequeño) en comparación con el GF.

Tabla 16. Cambios en el rendimiento después del entrenamiento en el grupo control, Media \pm SD

Variable	Pre-test	Post-test	% cambio	TE (90% CL)	Probabilidad	VC
CMJ (cm)	32.60 \pm 3.40	30.40 \pm 4.30	-5.91	-0.63 \pm 0.40	0/4/96%	Muy probable
Abalakov Bilateral (cm)	38.10 \pm 3.70	37.70 \pm 5.20	-0.92	-0.14 \pm 0.54	14/45/41%	Poco probable
Abalakov-D (cm)	24.30 \pm 3.80	25.50 \pm 2.50	4.94	0.31 \pm 0.28	76/23/0%	Probable
Abalakov-I (cm)	24.30 \pm 2.10	25 \pm 1.30	2.91	0.29 \pm 0.43	65/31/4%	Poco probable
20 m sprint (s)	3.10 \pm 0.10	3.10 \pm 0.10	0	0 \pm 0.53	25/50/25%	Poco probable
30 m sprint (s)	4.30 \pm 0.20	4.30 \pm 0.20	0	0.13 \pm 0.41	38/53/8%	Poco probable
COD-D (s)	4.10 \pm 0.10	3.70 \pm 0.10	-9.75	2.24 \pm 0.56	100/0/0%	Casi seguro
COD-I (s)	4.04 \pm 0.13	3.76 \pm 0.13	-6.93	1.91 \pm 0.61	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-D (s)	0.31 \pm 0.04	0.20 \pm 0.03	-35.5	3.16 \pm 0.99	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-I (s)	0.30 \pm 0.10	0.20 \pm 0.05	-33.3	1.75 \pm 0.78	100/0/0%	Casi seguro
Potencia Media (W)	492.80 \pm 117.20	490.70 \pm 143.50	-0.40	-0.03 \pm 0.71	28/39/33%	Posible
Potencia Media-D (W)	212.10 \pm 106.10	224.30 \pm 80	26	0.56 \pm 0.55	87/11/2%	Probable
Potencia Media-I (W)	257.40 \pm 102.40	296.80 \pm 117.50	15.31	0.49 \pm 0.50	84/14/2%	Probable
Potencia Pico (W)	790.50 \pm 257.70	724.10 \pm 199.10	-8.42	-0.19 \pm 0.50	9/42/49%	Posible
Potencia Pico-D (W)	383.50 \pm 158.40	491.70 \pm 146	28.21	0.57 \pm 0.54	88/10/2%	Probable
Potencia Pico-I (W)	472.80 \pm 172.30	506.80 \pm 132.80	7.20	0.25 \pm 0.57	57/35/9%	Posible

Nota: CL: límites de confianza; TE: tamaño del efecto; VC: evaluación cualitativa; CMJ: salto con contramovimiento; PM: potencia media; PP: potencia pico; Probabilidad: Porcentaje de cambios teniendo mejores/similares/peores valores.

Tabla 17. Cambios en el rendimiento después del entrenamiento con sobrecarga excéntrica, Media ± SD

Variable	Pre-test	Post-test	% cambio	TE (90% CL)	Probabilidad	VC
CMJ (cm)	31.90 ± 3	33.60 ± 4.80	5.33	0.46 ± 0.58	79/17/4%	Probable
Abalakov Bilateral (cm)	37.50 ± 4	38.50 ± 5.40	2.67	0.19 ± 0.53	48/41/11%	Poco probable
Abalakov-D (cm)	22.40 ± 3.80	21.70 ± 4.60	-3.12	-0.20 ± 0.5	9/42/50%	Poco probable
Abalakov-I (cm)	20.70 ± 4	22 ± 3.90	6.28	0.27 ± 0.25	70/29/1%	Poco probable
20 m sprint (s)	3.10 ± 0.10	3.20 ± 0.10	3.22	-0.36 ± 0.86	13/24/64%	Poco probable
30 m sprint (s)	4.40 ± 0.10	4.50 ± 0.10	2.27	-0.31 ± 0.73	11/28/61%	Poco probable
COD-D (s)	4.20 ± 0.10	3.80 ± 0.20	-9.52	3.21 ± 1.14	100/0/0%	Casi seguro
COD-I (s)	4.11 ± 0.17	3.85 ± 0.11	-6.33	1.37 ± 0.55	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-D (s)	0.31 ± 0.05	0.17 ± 0.05	-45.16	3.76 ± 1.45	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-I (s)	0.30 ± 0.10	0.20 ± 0.05	-33.31	1.39 ± 0.78	99/1/0%	Muy probable
Potencia Media (W)	321.90 ± 116.30	461.90 ± 113.60	43.51	0.73 ± 0.43	97/2/1%	Muy probable
Potencia Media-D (W)	189.90 ± 94.40	413.60 ± 119.20	117.75	1.46 ± 0.58	100/0/0%	Casi seguro
Potencia Media-I (W)	225.30 ± 111.30	430.70 ± 148.10	91.26	1.19 ± 0.80	97/2/1%	Muy probable
Potencia Pico (W)	601.90 ± 264.90	800.10 ± 219.80	32.92	0.65 ± 0.51	93/6/1%	Probable
Potencia Pico-D (W)	331.30 ± 167.90	685.60 ± 221.10	106.91	1.31 ± 0.63	99/1/0%	Casi seguro
Potencia Pico-I (W)	431.80 ± 234.50	684.30 ± 219.30	58.50	0.85 ± 0.73	93/6/1%	Probable

Nota: CL: límites de confianza; TE: tamaño del efecto; VC: evaluación cualitativa; CMJ: salto con contramovimiento; PM: potencia media; PP: potencia pico; Probabilidad: Porcentaje de cambios teniendo mejores/similares/peores valores.

Tabla 18. Comparación inter-grupos, Media ± SD

Variable	%GC	%GF	TE (90% CL)	Probabilidad	VC
CMJ (cm)	-5.91	5.33	0.79 ± 0.49	97/3/0%	Muy probable
Abalakov Bilateral (cm)	-0.92	2.67	0.29 ± 0.62	60/31/9%	Posible
Abalakov-D (cm)	4.94	-3.12	-0.54 ± 0.6	84/14/2%	Probable
Abalakov-I (cm)	2.90	6.28	0.19 ± 0.37	48/48/4%	Posible
20 m sprint (s)	0	3.22	0.33 ± 0.94	60/24/16%	Posible
30 m sprint (s)	0	2.27	0.15 ± 0.76	46/33/21%	Posible
COD-D (s)	-9.75	-9.52	0.35 ± 1.02	60/22/17%	Posible
COD-I (s)	-6.93	-6.33	0.15 ± 0.82	45/31/23%	Posible
%Pérdida-COD-D (s)	-35.50	-45.16	1.14 ± 1.89	81/8/11%	Probable
%Pérdida-COD-I (s)	-33.30	-33.30	0.25 ± 1.16	53/22/25%	Posible
Potencia Media (W)	-0.40	43.50	0.93 ± 0.60	97/2/0%	Muy probable
Potencia Media-D (W)	26.01	117.70	1.04 ± 0.72	97/3/0%	Muy probable
Potencia Media-I (W)	15.30	91.20	1.03 ± 1.04	91/6/3%	Probable
Potencia Pico (W)	-8.42	32.90	0.88 ± 0.64	97/2/0%	Muy probable
Potencia Pico-D (W)	28.20	106.90	0.79 ± 0.77	90/8/3%	Probable
Potencia Pico-I (W)	7.20	58.50	0.91 ± 0.95	93/6/1%	Probable

Nota: CL, intervalos de confianza; TE, tamaño del efecto; VC, evaluación cualitativa; CMJ, salto con contramovimiento;

Valores positivos de TE son diferencias en la dirección del grupo de fuerza; Valores negativos de TE son diferencias en la dirección del grupo control.

%GC, diferencias pre-post test en GC; %GF, diferencias pre-post test en GF

*Diferencias sustanciales (>75%) entre los dos grupos experimentales con mayores mejoras en ese grupo

Probabilidad: Porcentaje de posibilidad de tener mejores/similares/peores valores

3.6. Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de un programa de fuerza inercial con sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico de un grupo de futbolista de élite junior. Los resultados obtenidos muestran que, tras el periodo de intervención, los jugadores del GF incrementaron la altura de salto vertical medida a través del CMJ, así como la potencia media y pico (bilateral y unilateral) del tren inferior, además de reducir el porcentaje de pérdida en el COD-D.

Aunque las investigaciones cuyo objeto es conocer los efectos de los programas de entrenamiento basados en el uso de dispositivos inerciales con sobrecarga excéntrica se han incrementado de forma evidente en los últimos años, los estudios que se han ocupado de analizar las mejoras que producen estos dispositivos sobre el rendimiento en fútbol no son tan abundantes (De Hoyo *et al.*, 2016). Que los autores tengan conocimiento, no son muchos los trabajos que hayan utilizado un programa de fuerza con sobrecarga excéntrica realizado en un dispositivo inercial de manera unilateral para estudiar su incidencia sobre la condición física del futbolista.

En el presente estudio, los jugadores del GF mejoraron de manera sustancial sus resultados en el test de salto vertical CMJ (5.33%, TE = 0.46) tras la ejecución del programa de entrenamiento. Estos resultados parecen coincidir con los obtenidos previamente en trabajo similares, como el realizado por De Hoyo *et al.* (2015a), en el que tras la aplicación de un entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica utilizando diferentes dispositivos inerciales (*yoyo squat* y *yoyo leg-curl*) durante 10 semanas, los participantes consiguieron mejoras sustanciales (7.6%, TE = 0.58) en CMJ. Sin embargo, existe otro estudio que también utilizó dentro de su programa de entrenamiento un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica (Romero-Rodríguez *et al.*, 2011) cuyos resultados son contrarios a los encontrados en nuestro trabajo respecto al CMJ. Esta diferencia se puede deber a los diferentes objetivos perseguidos en cada uno de los trabajos (rendimiento vs tratamiento de tendinopatía rotuliana). El análisis inter-grupos mostró mejoras sustanciales mayores en el GF (TE = 0.79) en CMJ debido a que el GC no obtuvo mejoras sustanciales en este test.

Otro test de salto para valorar la fuerza explosiva del tren inferior es el test ABK, para el que no se encontraron mejoras sustanciales, ni en los saltos bilaterales ni unilaterales, en el GF. Esta diferencia entre los resultados de ambos tests de salto puede deberse a que el ABK requiere de una mayor coordinación de salto al emplear un contramovimiento de los brazos, a diferencia del CMJ, el cual está influenciado principalmente por la fuerza explosiva del tren inferior. Al contrario que en nuestro estudio, Jastrzebski *et al.* (2014) presentaron un incremento del rendimiento en ABK (TE = 1.1) después de la aplicación de un programa entrenamiento pliométrico orientado a la mejora de la potencia. Este resultado podría deberse a la muestra utilizada (jugadores de voleibol), y a la orientación prioritariamente vertical del entrenamiento aplicado; ya que se sabe que esta orientación de la fuerza tiene un efecto positivo sobre la componente vertical en ABK (De Hoyo *et al.*, 2015a). Se encontraron mejoras sustanciales en el test de ABK-D en CG, aunque este resultado podría ser simplemente una observación espuria.

Los resultados obtenidos tras el proceso de intervención no mostraron cambios sustanciales en los jugadores del GF en el tiempo de sprint en 20 y 30 m (TE = -0.36 y TE = -0.31 respectivamente). Estos resultados son similares a los encontrados en el trabajo de De Hoyo *et al.* (2015b), los cuales no obtuvieron mejoras significativas en la reducción del tiempo de sprint en 20 m ($p = 0.23$) tras administrar, durante seis semanas, un programa de fuerza con sobrecarga excéntrica en dispositivo inercial a futbolistas jóvenes de alto nivel. A pesar de esto, existen diversos estudios presentes en la literatura científica que han sugerido que el entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica ejecutado en un dispositivo inercial puede reducir el tiempo de sprint en jugadores de fútbol (Askling *et al.*, 2003; De Hoyo *et al.*, 2015a; Tous-Fajardo *et al.*, 2016). En esta línea, Askling *et al.* (2003) obtuvieron mejoras sustanciales (TE = 0.80) en el tiempo de sprint de 30 m después de un entrenamiento con sobrecarga excéntrica de la musculatura isquiotibial de 10 semanas de duración. Mientras que De Hoyo *et al.* (2015a) redujeron el tiempo de sprint de 20 m (TE = 0.32) en el grupo experimental el cual llevó a cabo un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica por medio de dispositivos inerciales durante 10 semanas. Esta diferencia de nuestro estudio respecto a otras investigaciones similares podría deberse a la duración del estímulo de entrenamiento (solamente 6 semanas y 12 sesiones de entrenamiento durante la temporada).

Al igual que en el test de sprint lineal y en base a nuestros resultados, el programa de entrenamiento del GF no produjo mejoras sustanciales en el test de sprint con COD, y el análisis entre-grupos no mostró diferencias sustanciales entre GC y GF, únicamente en el porcentaje de pérdida en COD-D ($TE = 1.14$). Los resultados obtenidos tras el periodo de intervención parecen contradecir a diferentes trabajos previos recogidos en la literatura científica sobre programas de entrenamiento de fuerza ejecutados en dispositivos inerciales por jugadores de fútbol (Tesch *et al.*, 2004; Tous-Fajardo *et al.*, 2016). Como ejemplo encontramos la investigación de Tous-Fajardo *et al.* (2016), en la que se combinaron ejercicios de sobrecarga excéntrica con diferentes ejercicios realizados sobre una plataforma vibratoria, obteniendo, tras 11 semanas de entrenamiento, mejoras sustanciales en COD (5.7%, $TE = 1.42$). Las diferencias respecto a las mejoras en el tiempo de sprint con COD pueden deberse tanto a la duración del programa de entrenamiento como al número y a la variedad de ejercicios utilizados en el trabajo de Tous-Fajardo *et al.* (2016), así como a la ausencia de ejercicios de orientación horizontal en nuestro programa de entrenamiento, los cuales parecen ser fundamentales para la mejora del tiempo de sprint con COD (Sáez de Villarreal *et al.*, 2015).

Tras la aplicación del programa de fuerza inercial con sobrecarga excéntrica el GF mejoró de manera sustancial sus valores del test de potencia bilateral, tanto en la potencia media como en la potencia pico, resultados que coinciden con trabajos similares previos (De Hoyo *et al.*, 2015b; Tous-Fajardo *et al.*, 2016). Respecto al test de potencia unilateral, el GF mejoró sustancialmente la potencia (media y pico) en ambas piernas. Las mejoras obtenidas en la potencia pueden ser atribuidas al hecho de utilizar ejercicios de sobrecarga excéntrica, los cuales se caracterizan por una ejecución más fuerte y rápida del ciclo estiramiento-acortamiento, lo que produce mejoras en la potencia y la fuerza máxima (Sáez de Villarreal *et al.*, 2014). Por otro lado, el GC presentó mejoras sustanciales en la potencia media (derecha e izquierda) y potencia pico (derecha), resultados que parecen deberse al efecto del aprendizaje en este grupo, así como a los diferentes estímulos neuromusculares propios del entrenamiento de fútbol (CODs, aceleraciones, desaceleraciones...), los cuales parecen haber ayudado a obtener dichas mejoras. Respecto al análisis inter-grupos, el GF obtuvo mejoras sustancialmente

mayores que el GC en todas las variables estudiadas relacionadas con la potencia (Tabla 18), debido principalmente a la variedad de estímulos neuromusculares administrados en dicho grupo gracias al programa de entrenamiento de fuerza inercial adicional.

Un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica ejecutado en un dispositivo inercial es efectivo en la mejora de la potencia muscular en jugadores de fútbol jóvenes de alto nivel. Además, produce mejoras en la capacidad de salto y en el porcentaje de pérdida de COD, las cuales son variables determinantes del rendimiento en el fútbol. A pesar de esto, debemos tener en cuenta que en este estudio se ha utilizado una muestra relativamente pequeña, debido a que los equipos de cantera estaban compuestos solamente por 18 jugadores de campo. Además, una posible limitación de este estudio podría ser las diferencias existentes entre GC y GF al inicio del estudio en algunas de las variables estudiadas relativas a la potencia.

3.7. Bibliografía

1. ASKLING, C., KARLSSON, J., & THORSTENSSON A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*. 13(4):244–250, 2003.
2. BERG, H.E., & TESCH, P.A. A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviat Space Environ Med*. 65(8):752-758, 1994.
3. BLACHE, Y., & MONTEIL, K. Contralateral strength imbalance between dominant and non-dominant lower limb in soccer players. *Sci Sports*. 27(3):1-8, 2012.
4. BRITO, J., VASCONCELLOS, F., OLIVEIRA, J., KRUSTRUP, P., & REBELO, A. Short-term performance effects of three different low-volume strength-training programmes in college male soccer players. *J Hum Kinet*. 40:121-129, 2014.
5. BUCHHEIT, M., MENDEZ-VILLANUEVA, A., DELHOMEL, G., BRUGHELLI, M., & AHMAIDI, S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprint vs explosive strength training. *J Strength Cond Res*. 24(10):2715-2722, 2010.
6. CHELLY, M., GHENEM, M., ABID, K., HERMASSI, S., TABKA, Z., & Shephard, R.J. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump-

- and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(10):2670-2676, 2010.
7. COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Ed. Hillsdale, NJ:* Lawrence Earlbaum Associates. Ed. 1988.
 8. DE HOYO, M., POZZO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., GONZALO-SKOK, O., DOMÍNGUEZ-COBO, S., & MORÁN-CAMACHO, E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 10(1):46-52, 2015a.
 9. DE HOYO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., DOMÍNGUEZ-COBO, S., MATEO-CORTES, J., CADENAS-SÁNCHEZ, M.M., & NIMPHIUS, S. Effects of traditional versus horizontal inertial flywheel power training on common sport-related tasks. *J Hum Kinet.* 47:155-167, 2015b.
 10. DE HOYO, M., GONZALO-SKOK, O., SAÑUDO, B., CARRASCAL, C., PLAZA-ARMAS, J.R., CAMACHO-CANDIL, F., & OTERO-ESQUINA, C. Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 30(2):368-377, 2016.
 11. DI SALVO, V., BARON, R., TSCHAN, H., CALDERON MONTERO, F. J., BACHL, N., & PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med.* 28(3): 222-227, 2007.
 12. GOROSTIAGA, E., IZQUIERDO, M., RUESTA, M., IRIBARREN, J., GONZÁLEZ-BADILLO, J.J., & IBÁÑEZ, J. Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 91(5):698–707, 2004.
 13. HADER, K.; PALAZZI, D., & BUCHHEIT, M. Change of direction speed in soccer: How much braking is enough? *Kinesiology.* 47(1):67-47, 2015.
 14. HOFF, J., WISLØFF, U., ENGEN, L.C., KEMI, O.J., & HELGERUD, J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med.* 36(3):218-221, 2002.
 15. HOFF, J., & HELGERUD, J. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med.* 34(3):165-80, 2004.

16. HOFFMAN, J.R., COOPER, J., WENDELL, M., & KANG, J. Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *J Strength Cond Res.* 18(1):129-135, 2004.
17. HOPKINS, W.G., MARSHALL, S.W., BATTERHAM, A.M., & HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 41(1):3-13, 2009.
18. JASTRZEBSKI, Z., WNOROWSKI, K., MIKOLAJEWSKI, R., JASKULSKA, E., & RADZIMINSKI, L. The effect of a 6-week plyometric training on explosive power in volleyball players. *Balt J Health Phys Act.* 6(2):79-89, 2014.
19. LOTURCO, I., NAKAMURA, F.Y., KOBAL, R., GIL, S., ABAD, C.C., CUNIYOCHI, R., PEREIRA, L.A., & ROSCHEL, H. Training for power and speed: effects of increasing or decreasing jump squat velocity in elite young soccer players. *J Strength Cond Res.* 29(10):2771-2779, 2015.
20. MICHAILIDIS, Y., FATOUROS, I.G., PRIMPA, E., MICHAILIDIS, C., AVLONITI, A., CHATZINIKOLAOU, A., BARBERO-ÁLVAREZ, J.C., TSOUKAS, D., DOUROUDOS, I.I., DRAGANIDIS, D., LEONTSINI, D., MARGONIS, K., BERBERIDOU, F., & KAMBAS, A. Plyometrics' trainability in pre-adolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res.* 27(1):38-49, 2013.
21. NORRBRAND, L., FLUCKEY, J.D., POZZO, M., & TESCH, P.A. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol.* 102(3):271-281, 2008.
22. NORRBRAND, L., TOUS-FAJARDO, J., VARGAS, R., & TESCH, P.A. Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviat Space Environ Med.* 82(1):13-19, 2011.
23. RITTWEGER, J., FELSEMBERG, D., MAGANARIS, C., & FERRETTI, J.L. Vertical jump performance after 90 days bed rest with and without flywheel resistive exercise, including a 180 days follow-up. *Eur J Appl Physiol.* 100(4):427-436, 2007.
24. ROMERO-RODRIGUEZ, D., GUAL, G., & TESCH, P.A. Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Phys Ther Sport.* 12(1):43-48, 2011.
25. SÁEZ DE VILLARREAL, E., SUAREZ-ARRONES, L., REQUENA, B., HAFF, G.G., & RAMOS-VELIZ, R. Effects of dry-land vs. in-water specific strength

- training on professional male water polo players' performance. *J Strength Cond Res.* 28(11):3179-3188, 2014.
26. SÁEZ DE VILLARREAL, E., SUAREZ-ARRONES, L., REQUENA, B., HAFF, G.G., & FERRETE, C. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *J Strength Cond Res.* 29(7):1894-1903, 2015.
27. SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, J.; HERNÁNDEZ, C.; MARCOS, V.; GONZÁLEZ, A., & CARRETERO, M. Efecto de un entrenamiento intermitente con y sin cambios de dirección, sobre el rendimiento físico de jóvenes futbolistas. *Retos, Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación.* 30:70-75, 2016.
28. SANDER, A., KEINER, M., WIRTH, K., & SCHMIDTBLEICHER, D. Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *Eur J Sport Sci.* 13(5):445-451, 2013.
29. SEYNNES, O.R., DE BOER, M., & NARICI, M.V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *J Appl Physiol.* 102(1):368–373, 2007.
30. SUAREZ-ARRONES, L.; TOUS-FAJARDO, J.; NÚÑEZ, J.; GONZALO-SKOK, O.; GÁLVEZ, J., & MÉNDEZ-VILLANUEVA, A. Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *Int J Sports Physiol Perform.* 9(4):667-673, 2014.
31. SWINTON, P., LLOYD, R., KEOGH, R., AGOURIS, I., & STEWART, A.D. Regression models of sprint, vertical jump, and change of direction performance. *J Strength Cond Res.* 28(7):1839–1848, 2014.
32. TESCH, P.A., EKBERG, A., LINDQUIST, D.M., & TRIESCHMANN, J.T. Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a nongravity-dependent exercise system. *Acta Physiol Scand.* 180(1):89–98, 2004.
33. TOUS-FAJARDO, J., MALDONADO, R., QUINTANA, J.M., POZZO, M., & TESCH, P.A. The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *Int J Sports Physiol Perform.* 1(3):293-299, 2006.
34. TOUS-FAJARDO, J., GONZALO-SKOK, O., ARJOL-SERRANO, J.L., & TESCH, P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *Int J Sports Physiol Perform.* 11(1):66-73, 2016.

35. VOGT, M., & HOPPELER, H. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *J Appl Physiol.* 116(11):1446–1454, 2014.
36. WONG, P.L., CHAMARI, K., & WISLØFF, U. Effects of 12-week on-field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(3):644-652, 2010.
37. YANCI, J., AZCARATE, U., & LOS ARCOS, A. Analysis of the repeated sprints ability with and without change of direction in professional soccer players. *SPORT TK- Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte.* 6(1):51-56, 2016.

CAPÍTULO 4: Estudio 2. 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. (Short-term physical performance effects of two different neuromuscular oriented training programs on U-17 elite soccer players)

Estudio 2. Título: 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.

Study 2. Title: Short-term physical performance effects of two different neuromuscular oriented training programs on U-17 elite soccer players.

4.1. Resumen

Objetivo: Comparar el efecto de dos programas de entrenamiento neuromuscular (orientación vertical vs horizontal), realizados durante 6 semanas, sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol. **Métodos:** Dieciséis futbolistas de $16,6 \pm 0,3$ años fueron asignados de manera aleatoria en dos grupos experimentales que complementaron su entrenamiento habitual de fútbol con un programa de entrenamiento neuromuscular dos días a la semana. El entrenamiento del grupo vertical (n=8, GV) consistió en los ejercicios $\frac{1}{2}$ sentadilla y squat lateral realizados en un dispositivo inercial, y salto vertical al cajón, y el entrenamiento del grupo horizontal (n=8, GH) estuvo basado en ejercicios resistidos de sprint lineal y con cambio de dirección (COD). Antes y después del periodo de intervención se midió la altura de salto vertical, el tiempo de sprint lineal y COD y la potencia del tren inferior. **Resultados:** Se obtuvieron mejoras sustanciales (probables a muy probables) en GV en salto con contramovimiento (CMJ) (TE: 0,49), test de Abalakov (ABK) (TE: 0,38) y velocidad media propulsiva (VMP) en todas las cargas utilizadas, además de empeorar el tiempo de sprint lineal y COD hacia la izquierda (COD-I). El GH mejoró sustancialmente el tiempo de sprint 10 m (TE: 0.63), COD hacia la derecha (COD-D) (TE: 0.36), COD-I (TE: 0.34) y VMP con 15-30-50 kg, además de una posible mejora en el tiempo de sprint en 20 y 30 m. El análisis inter-grupos mostró mejoras sustanciales mayores en GV en CMJ (TE: 0.39), y en GH en tiempo de sprint 10-20-30 m y COD-D (TE: 0,73). **Conclusiones:** Los resultados obtenidos sugieren que el entrenamiento del GH es más efectivo en la optimización de la condición física específica del futbolista.

Palabras clave: capacidad de salto, velocidad media propulsiva, sobrecarga excéntrica, sprint lineal, cambio de dirección.

Abstract

Purpose: To compare the effects of two different neuromuscular training program (vertical vs. horizontal orientation), conducted during 6 weeks, on the performance of soccer players in-season. **Methods:** Sixteen soccer players of 16.6 ± 0.3 years were randomly assigned to two equally large experimental groups, and both supplemented the soccer training with a specific neuromuscular training program 2 days/week. Vertical group's training ($n=8$, VG) was composed by half-squat using a flywheel device and vertical jump to box and horizontal group's training ($n=8$, HG) consisted on linear and non-linear resisted sprints. Before and after the training period jumping ability, linear and non-linear sprint and lower-limb power were measured. **Results:** Substantial improvements (likely to very likely) were found in the VG in countermovement jump (CMJ) (ES: 0.49), Abalakov test (ABK) (ES: 0.38) and Mean Propulsive Velocity (all load measured), in addition to decrease the performance in linear and non-linear sprint (COD-L). The HG improved substantially in 10 m sprint (Effect size [ES]: 0.63), COD-R (ES: 0.36), COD-L (ES: 0.34) and in Mean Propulsive Velocity in 15-30-50kg. Furthermore, a possible improvement in 20 and 30 m sprint was also reported in HG. Between-groups analysis showed greater substantial improvements in VG in CMJ (ES: 0.39), and in HG in 10-20-30 m sprint and COD-R. **Conclusions:** The results obtained suggest that horizontal group's training program could be more effective in order to optimize the specific physical condition of the soccer players.

Keywords: jumping ability, mean propulsive velocity, eccentric-overload, linear sprint, change-of-direction.

4.2. Introducción

El fútbol es un deporte intermitente (Di Salvo *et al.*, 2007) donde acciones de alta intensidad como sprints, saltos y cambios de dirección, pueden llegar a ser factores determinantes para conseguir el éxito deportivo, tanto en futbolistas adultos (Reilly *et al.*, 2000) como en jóvenes (Castagna *et al.*, 2003). Además, los desplazamientos a alta intensidad y este tipo de acciones durante la competición se han visto incrementadas en

los últimos años (Bush *et al.*, 2015), por lo que es esencial tenerlas en cuenta a la hora de programar el entrenamiento de fútbol (Hoff *et al.*, 2004).

Para mejorar la capacidad de realizar las acciones de alta intensidad que se suceden durante el juego, el entrenamiento de fuerza cobra un papel fundamental en la optimización del rendimiento (Cronin *et al.*, 2005). Con el fin de obtener estas mejoras en los futbolistas, se han aplicado principalmente programas de fuerza constituidos por ejercicios orientados prioritariamente en el plano vertical, los cuales han mostrado efectos positivos en jugadores de fútbol sobre la capacidad de salto vertical (Chelly *et al.*, 2009; Thomas *et al.*, 2009; Wong *et al.*, 2010), reducción del tiempo de sprint en diferentes distancias (Chelly *et al.*, 2009; Sander *et al.*, 2013; Wong *et al.*, 2010) y el aumento de fuerza y/o potencia del tren inferior (Chelly *et al.*, 2009; Sander *et al.*, 2013). Otras variables relacionadas con el rendimiento en fútbol como la agilidad (Thomas *et al.*, 2009), la velocidad del balón tras golpeo, la distancia recorrida en tests intermitentes, o la economía de carrera (Wong *et al.*, 2010) también se han visto mejoradas debido al efecto de este tipo de programas de fuerza. En esta línea, Thomas *et al.* (2009) utilizaron ejercicios pliométricos dos veces a la semana durante seis semanas como trabajo adicional al entrenamiento de fútbol, obteniendo mejoras significativas en la agilidad y capacidad de salto vertical. Sander *et al.* (2013) propusieron un entrenamiento de fuerza basado en ejercicios tradicionales (front squat y back squat) en jugadores jóvenes durante dos años, mejorando estos su fuerza dinámica máxima y el tiempo de sprint en 30 m. Por otro lado, Gorostiaga *et al.* (2004) combinaron en su trabajo ejercicios tradicionales y pliométricos, consiguiendo tras 11 semanas de entrenamiento mejoras significativas en la altura de salto con contramovimiento (CMJ) sin carga y con cargas de 20 y 30 kg, reduciendo además el tiempo de sprint en 5 m.

También se han utilizado, aunque en menor medida, programas de fuerza basados en ejercicios orientados prioritariamente en el plano horizontal. Meylan *et al.* (2009) llevaron a cabo un programa de fuerza con mayor orientación horizontal (ejercicios pliométricos) en jugadores jóvenes durante 8 semanas, obteniendo mejoras en el tiempo de sprint y agilidad, además de incrementar la capacidad de salto vertical. En la misma línea, Marques *et al.* (2013) administraron en futbolistas jóvenes un entrenamiento

pliométrico combinado con diferentes ejercicios de sprint. Tras las seis semanas que duró la intervención, se mejoró la capacidad de salto y el tiempo en sprint en los jugadores que participaron en el proceso de intervención. Por el contrario, Ronnestad *et al.* (2008) no encontraron mejoras en la capacidad de salto ni el tiempo de sprint tras la aplicación durante siete semanas de un programa de fuerza prioritariamente horizontal en futbolistas profesionales.

Gracias a estudios previos conocemos los efectos de diferentes programas de fuerza con mayor orientación vertical y/u horizontal sobre las capacidades de rendimiento de los jugadores de fútbol. En cambio, son muy pocas las investigaciones que comparan los efectos de ambos tipos de entrenamiento. Los Arcos *et al.* (2014) compararon los efectos de un programa de entrenamiento vertical con otro combinado (vertical + horizontal) demostrando como el programa combinado era más efectivo en la mejora de capacidad de salto y la potencia del tren inferior. Siguiendo esta línea, Ramírez-Campillo *et al.* (2015) aplicaron en futbolistas jóvenes un programa pliométrico de diferente orientación (vertical, horizontal o combinado) durante seis semanas, obteniendo mayores mejoras en la capacidad de salto y tiempo en sprint en los jugadores incluidos en el programa combinado. Hasta la fecha aún no se han comparado los efectos de dos programas de entrenamiento neuromuscular (sobrecarga excéntrica + pliometría vs sprint lineal y con cambio de dirección resistidos) sobre el rendimiento en salto, sprint lineal, sprint con cambio de dirección (COD) y potencia muscular del tren inferior en futbolistas jóvenes de alto nivel. Debido a que a ambos métodos de entrenamiento se le presuponen mejoras sobre el rendimiento físico en futbolistas, es necesario comparar sus efectos para obtener información relevante que facilite la posterior inclusión de los mismos en las programaciones de entrenamiento en fútbol.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto de dos programas de entrenamiento neuromuscular, con una mayor orientación vertical u horizontal, sobre el rendimiento físico en futbolistas junior de élite.

4.3. Metodología

4.3.1. Sujetos

Dieciséis futbolistas junior de élite (16.6 ± 0.3 años de edad, 176.3 ± 6.7 cm de altura, 67.1 ± 5.1 kg de masa corporal, y 21.7 ± 1.7 kg/ m² de índice de masa corporal), aceptaron voluntariamente participar en este estudio. Los jugadores de fútbol pertenecían al mismo equipo de la cantera de un club de fútbol profesional de 1ª División de España, y fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos: Grupo Vertical (GV; n=8) y Grupo Horizontal (GH; n=8). Antes de su participación en el estudio cada jugador completó un cuestionario sobre su historia médica e historial de lesiones. Los porteros fueron excluidos de la muestra de estudio, y los jugadores que no completaron al menos el 80% de las sesiones de entrenamiento fueron omitidos en el análisis estadístico posterior. Antes de iniciar el estudio, los participantes fueron completamente informados sobre el protocolo a seguir, y el consentimiento escrito e informado fue rellenado por los padres al ser los participantes menores de edad. Todos los participantes eran libres de abandonar el estudio en cualquier momento sin ninguna penalización. Los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España) y de acuerdo con la Declaración de Helsinki (2013).

Tabla 19. Datos descriptivos de los participantes, Media \pm SD

	<i>Grupo Vertical</i>	<i>Grupo Horizontal</i>
Edad (años)	16.7 \pm 0.3	16.5 \pm 0.3
Altura (cm)	177.1 \pm 6.5	176.9 \pm 7.3
Peso (kg)	65.9 \pm 5.4	66.4 \pm 4.8
Índice de masa corporal (kg/m²)	21.1 \pm 1.8	22.4 \pm 1.5

4.3.2. Diseño del estudio y procedimientos

El estudio fue diseñado para comparar el efecto de un programa de entrenamiento neuromuscular con mayor orientación vertical con otro protocolo de entrenamiento neuromuscular con mayor orientación horizontal. Durante el periodo de intervención, los jugadores siguieron participando en su entrenamiento habitual de fútbol. La rutina

semanal consistía en 4 sesiones por semana (martes, miércoles, jueves y viernes) con los siguientes contenidos: desarrollo técnico-táctico, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, prevención de lesiones y trabajo de flexibilidad (70%, 10%, 7%, 6% y 7% del tiempo total de entrenamiento, respectivamente). Además, durante el tiempo que duró el diseño experimental, los jugadores disputaron nueve partidos de competición (domingo). La intervención duró nueve semanas (entre los meses de enero, febrero y marzo, correspondientes al periodo competitivo). La primera semana se destinó a la familiarización de los jugadores con los dispositivos a utilizar y los test a realizar, en la segunda semana los participantes llevaron a cabo las sesiones del pre-test y en la última semana las sesiones del post-test. En ambas jornadas los futbolistas fueron instruidos para realizar su última comida tres horas antes del comienzo de las pruebas, no tomar bebidas con cafeína, ni realizar ejercicio físico intenso el día de la toma de datos (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2016). Todos los test se realizaron a la misma hora, entre un gimnasio y el campo de hierba artificial donde el equipo realizaba su entrenamiento, con la indumentaria habitual y el calzado que normalmente usaba el jugador. Los tests fueron supervisados por los mismos técnicos especialistas en dos días diferentes, con 48 horas de separación entre cada sesión. El primer día de evaluación, además de realizar el registro de las medidas antropométricas de todos los jugadores, se realizaron los tests de salto vertical y el test de media sentadilla. En el segundo día se llevó a cabo el test de sprint lineal y sprint con COD. Antes de cada sesión se realizó un calentamiento estandarizado, que consistió en tres minutos de carrera continua a baja intensidad, ejercicios de movilidad articular y acciones de salto y sprint sobre distancias de 10 a 30 metros. Los programas de entrenamiento tuvieron una duración de seis semanas y consistieron en dos sesiones semanales (martes y jueves), las cuales se realizaron previamente a la sesión de entrenamiento de fútbol. El entrenamiento del GV, consistió en la combinación de ejercicios realizados en un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica (media sentadilla y squat lateral) y ejercicios pliométricos (salto al cajón) (Tabla 20). El entrenamiento del GH, consistió en ejercicios de sprint lineal y COD de 90° (dos cambios de dirección en cada repetición, uno a derecha y otro a izquierda) (Figura 7) usando un chaleco lastrado con un incremento de peso progresivo en función del porcentaje del peso corporal de cada jugador (Tabla 21). Ambos programas de entrenamiento neuromuscular fueron administrados en base a parámetros similares de volumen e intensidad. Todos los jugadores realizaron un calentamiento

estandarizado previo a la sesión específica de entrenamiento neuromuscular, que consistió en una parte general basada en ejercicios aeróbicos y de movilidad, similar para ambos grupos, y una parte específica, en la que se propuso el ejercicio de ½ sentadilla bilateral, unilateral con cada pierna y bilateral con salto para el GV; y ejercicios de sprint y COD de 90° sobre distancias de 10-30 m para el GH.



Figura 7: Patrón de carrera en los ejercicios de velocidad no lineal

Tabla 20. Programa de entrenamiento neuromuscular con mayor orientación vertical.

Semana	Sesión	Ejercicio 1	Ejercicio 2	Intensidad	Recup. Series	Altura
1	1	½ Sentadilla 4x(2+6)	-	Máxima	3´	-
1	2	½ Sentadilla 4x(2+6)	-	Máxima	3´	-
2	3	½ Sentadilla 2x(2+8)	SL 2x(2+6)	Máxima	3´	-
2	4	½ Sentadilla 2x(2+8)	SL 2x(2+6)	Máxima	3´	-
3	5	Squat Lateral 4x(2+6)	-	Máxima	3´	-
3	6	SV a Caja 3x15 Bilateral	-	Máxima	2´	20 cm
4	7	SV a Caja 3x20 Bilateral	-	Máxima	2´	20 cm
4	8	SV a Caja 4x20 Bilateral	-	Máxima	2´	40 cm
5	9	SV a Caja 2x20 Unilateral	-	Máxima	2´	20 cm
5	10	SV a Caja 3x20 Unilateral	-	Máxima	2´	40 cm
6	11	SV a Caja 2x20 Unilateral	-	Máxima	2´	40 cm
6	12	SV a Caja 3x20 Bilateral	-	Máxima	2´	60 cm

SV: Salto Vertical; SL: Squat Lateral

Tabla 21. Programa de entrenamiento neuromuscular con mayor orientación horizontal.

<i>Semana</i>	<i>Sesión</i>	<i>Ejercicio 1</i>	<i>Series/Reps</i>	<i>Distancia</i>	<i>Recup. Series</i>	<i>Peso</i>
1	1	COD 15+15+15	2x3	45 m	2'30''	0 kg
1	2	Sprint Lineal	2x3	40 m	3'	0 kg
2	3	COD 15+15+15	2x4	45 m	2'30''	2.5 kg
2	4	Sprint Lineal	2x4	40 m	3'	2.5 kg
3	5	COD 10+10+10	2x5	30 m	2'30''	5 kg
3	6	Sprint Lineal	3x3	30 m	3'	5 kg
4	7	COD 10+10+10	2x5	30 m	2'30''	7.5 kg
4	8	Sprint Lineal	3x3	30 m	3'	7.5 kg
5	9	COD 5+5+5	3x3	15 m	2'30''	10 kg
5	10	Sprint Lineal	4x3	20 m	3'	10 kg
6	11	COD 5+5+5	2x3	15 m	2'30''	5 kg
6	12	Sprint Lineal	2x3	20 m	3'	5 kg

Abreviaturas: COD, Cambio de dirección

4.3.3. Tests y mediciones

Antropometría. La altura se midió utilizando un estadímetro de pared (222 Seca; Seca, Nueva York, EE.UU) con una precisión de 2mm y un rango de medición de 130-210cm. La masa corporal se midió utilizando una báscula médica, con una precisión de 0.2kg y un rango de medición de 2-130kg (Tanita BC-418 MA; Tanita, Tokyo, Japan).

Tests de salto vertical. Tras un calentamiento estandarizado, los futbolistas ejecutaron tres saltos con contramovimiento (CMJ) y 3 Abalakov (ABK), utilizando para valorar la altura de cada uno de los saltos una plataforma de rayos infrarrojos (Optojump Next, Microgate®, Bolzano, Italia). Durante toda la ejecución del CMJ las manos de los participantes debían estar colocadas en sus caderas, aunque durante la ejecución del ABK se permitió el movimiento de los brazos de manera coordinada y sincronizada con la acción de flexo-extensión de las piernas. Se recomendó a los participantes que realizaran la recepción de cada salto en una posición vertical y que flexionaran las

rodillas después del aterrizaje (Sáez de Villarreal *et al.*, 2015). El mejor valor de cada test fue seleccionado para el posterior análisis estadístico y el tiempo de recuperación propuesto entre cada salto fue de 2 minutos.

Test de Media Sentadilla. Para el tren inferior se determinó la velocidad media propulsiva (VMP) en un test incremental de cargas en el ejercicio de ½ sentadilla (López-Segovia *et al.*, 2010). Los participantes ejecutaron la ½ sentadilla desde una posición de inicio completamente extendidos con la barra en contacto con los hombros. A la señal, los participantes ejecutaron la fase excéntrica de manera controlada, seguido y sin pausa, de una extensión de las piernas lo más rápido posible para volver a la posición inicial tras finalizar la fase concéntrica. El tronco debía mantenerse lo más derecho posible, y un experto en entrenamiento de fuerza guio el desarrollo de este test y ayudó a que los participantes realizaran la técnica de manera correcta. Los tests fueron realizados con una barra guiada (Máquina Smith®; Modelo Adan-Sport, Granada, España) la cual permitía solo movimientos verticales. Se analizó la velocidad media propulsiva gracias a un encoder lineal fijado en la barra. Por medio de su software informático específico se registraron y filtraron los valores obtenidos (T-Force System®; Ergotech, Murcia, Spain). Se realizó un calentamiento previo que consistió en una serie de 10 repeticiones con una carga de 15 kg. El test se inició con un peso de 15 kg en la primera serie y acabó con un peso 60 kg en la última serie, con pesos de 30 kg, 40 kg y 50 kg para las series intermedias. En cada serie los participantes ejecutaron 4 repeticiones, y se estableció una recuperación de 5 minutos entre cada serie. Para el posterior análisis estadístico, se seleccionó el mejor valor obtenido en base a la VMP en cada una de las cargas utilizadas.

Test de Sprint lineal Para valorar los tiempos de sprint se emplearon fotocélulas eléctricas (Polifermo Light Radio, Microgate®, Bolzano, Italia). Todos los participantes realizaron dos sprints lineales midiendo el tiempo en las distancias de 20 y 30 m (Buchheit *et al.*, 2010). En el inicio de cada test el pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera fotocélula. Se eligió el mejor valor de cada test para el consiguiente análisis estadístico. El tiempo de descanso entre cada repetición fue de 3 minutos.

Test de sprint con Cambio de Dirección. Todos los participantes realizaron dos sprints de 20 m (10+10 m) con un COD de 90° (Figura 6) hacia la derecha (COD-D) y dos sprints con un COD de 90° hacia la izquierda (COD-I) (Hader *et al.*, 2015). En el inicio de cada test el pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera fotocélula (Polifermo Light Radio, Microgate®, Bolzano, Italia). Para el posterior análisis estadístico se eligió el mejor valor de cada test. Se estableció un tiempo de recuperación de 2 minutos entre repeticiones. El tiempo en el sprint lineal de 20 m de distancia fue usado con el tiempo en el sprint con cambio de dirección de 20 m para el cálculo del porcentaje de pérdida de COD (Yanci *et al.*, 2016).

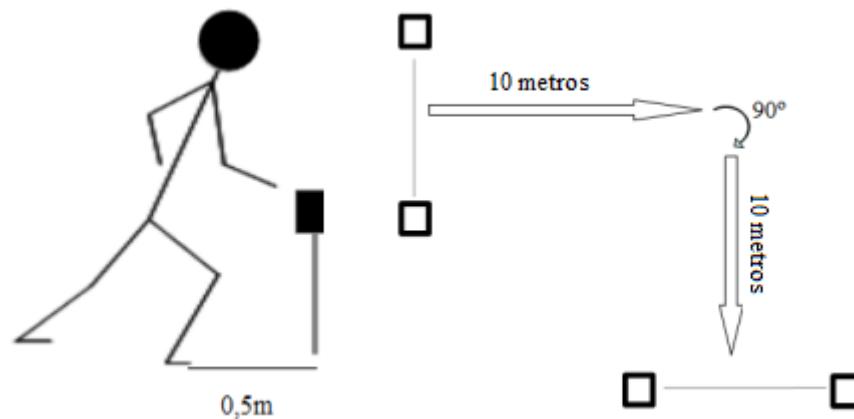


Figura 6. Representación esquemática de la posición de salida y de los cambios de dirección de 90°

4.4. Análisis estadístico

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar (DE). Todas las variables objeto de estudio presentaron una distribución normal (test Shapiro-Wilk). El tamaño del efecto [TE, límite de confianza (LC) 90%] según la propuesta de Cohen (1988) y adaptada por Hopkins *et al.* (2009) fue calculado para comparar la magnitud de las diferencias entre el pre-test y el post-test dentro de cada grupo, al igual que para la comparación entre grupos. Los rangos establecidos para los valores del TE fueron $> 0,2$ (pequeño), $> 0,6$ (moderado), y $> 1,2$ (grande) (Hopkins *et al.*, 2009). Las diferencias cuantitativas fueron valoradas de manera cualitativa (VC) (Hopkins *et al.*, 2009) estableciendo las siguientes probabilidades: $< 1\%$, casi seguro que no; 1% a 5%, muy poco probable; 5% a 25%, poco probable; 25% a 75%, posible; 75% a 95%, probable; 95% a 99%, muy probable; y $> 99\%$, casi seguro. Se determinó un efecto sustancial a

diferencias con una probabilidad >75% al igual que en previos estudios (Suárez-Arrones *et al.*, 2014).

4.5. Resultados

No existieron diferencias inter-grupos en ninguna de las variables de rendimiento evaluadas durante el pre-test. El análisis estadístico intra-grupo mostró en el GV mejoras sustanciales en el CMJ (TE pequeño), ABK (TE pequeño) y en la VMP con todas las cargas evaluadas en ½ sentadilla. También se produjo en este grupo una reducción en el rendimiento en el tiempo de sprint lineal en 10 m (TE moderado), 20 m (TE moderado), 30 m (TE pequeño) y en el tiempo de sprint con cambio de dirección de 90° hacia la izquierda (COD-I) (TE pequeño). Además, en el GV tuvo lugar un aumento sustancial de la masa corporal (TE pequeño) y del índice de masa corporal (TE pequeño). Se encontraron mejoras sustanciales en el GH en el tiempo de sprint en 10 m (TE moderado), en el tiempo de sprint con cambio de dirección de 90° hacia la derecha (COD-D) (TE pequeño), en el COD-I (TE pequeño) y en la VMP en algunas de las cargas utilizadas en ½ sentadilla. El GH no presentó cambios sustanciales en ninguna de las variables antropométricas estudiadas.

La comparación inter-grupos reflejó diferencias sustanciales (>75%) en diversas variables del rendimiento (Tabla 22). El GV manifestó mejoras sustancialmente mayores respecto al GH en el CMJ (TE pequeño), mientras que el GH presentó unas mayores mejoras en el tiempo de sprint en 10 m (TE moderado), 20 m (TE moderado) y 30 m (TE pequeño), y en el tiempo de sprint con cambio de dirección de 90° hacia la derecha (COD-D) (TE moderado) en comparación con el VG. No existieron diferencias inter-grupos en la VMP en ninguna de las cargas utilizadas.

Tabla 22. Cambios en el rendimiento después del entrenamiento en ambos grupos, y diferencias entre grupos, Media ± SD

Variable	Grupo Vertical						Grupo Horizontal					
	Pre-test	Post-test	% cambio	TE (90% CL)	Probabilidad	VC	Pre-test	Post-test	% cambio	TE (90% CL)	Probabilidad	VC
CMJ (cm)	34.60 ± 3.50	36.56 ± 3.58*	5.66	0.49 ± 0.33	93/7/0%	Probable	35.97 ± 4.01	36.41 ± 3.82	1.22	0.10 ± 0.30	28/67/5%	Posible
Abalakov (cm)	41.30 ± 4.40	43.05 ± 3.22	4.24	0.38 ± 0.33	83/16/1%	Probable	41.88 ± 3.69	42.46 ± 3.68	1.38	0.14 ± 0.23	32/67/1%	Posible
10 m sprint (s)	1.79 ± 0.06	1.83 ± 0.03	2.23	-0.69 ± 0.65	2/8/90%	Probable	1.89 ± 0.08	1.84 ± 0.06*	-2.64	0.63 ± 0.31	98/2/0%	Muy probable
20 m sprint (s)	3.02 ± 0.07	3.09 ± 0.05	2.32	-0.86 ± 0.57	1/3/96%	Muy probable	3.16 ± 0.13	3.13 ± 0.10*	-0.95	0.17 ± 0.34	44/52/4%	Posible
30 m sprint (s)	4.20 ± 0.10	4.25 ± 0.07	1.20	-0.45 ± 0.58	4/18/78%	Probable	4.38 ± 0.18	4.33 ± 0.12*	-1.14	0.24 ± 0.39	58/38/4%	Posible
COD-D (s)	3.64 ± 0.14	3.69 ± 0.07	1.37	-0.33 ± 0.46	3/27/70%	Posible	3.69 ± 0.11	3.64 ± 0.07*	-1.37	0.36 ± 0.49	76/23/1%	Probable
COD-I (s)	3.59 ± 0.11	3.66 ± 0.05	1.95	-0.57 ± 0.40	0/6/94%	Probable	3.67 ± 0.13	3.62 ± 0.10	-1.36	0.34 ± 0.29	80/19/1%	Probable
%Pérdida- COD-D (s)	0.20 ± 0.03	0.19 ± 0.02	-5.01	0.22 ± 0.53	53/38/9%	Posible	0.17 ± 0.03	0.16 ± 0.02	-5.88	0.06 ± 0.58	33/45/22%	Posible
%Pérdida- COD-I (s)	0.19 ± 0.02	0.18 ± 0.03	-5.26	0.12 ± 0.45	37/52/11%	Posible	0.16 ± 0.04	0.15 ± 0.03	-6.25	0.10 ± 0.42	34/55/11%	Posible
VMP15	1.01 ± 0.14	1.12 ± 0.14	10.89	0.65 ± 0.67	88/10/2%	Probable	1.02 ± 0.08	1.06 ± 0.11	6.01	0.65 ± 0.68	87/10/3%	Probable
VMP30	0.96 ± 0.09	1.03 ± 0.11	7.29	0.68 ± 0.47	96/4/0%	Muy probable	0.89 ± 0.10	0.94 ± 0.10	5.62	0.46 ± 0.57	78/19/3%	Probable
VMP40	0.88 ± 0.09	0.96 ± 0.12	9.09	0.64 ± 0.60	90/9/1%	Probable	0.85 ± 0.10	0.87 ± 0.06	2.35	0.25 ± 0.49	58/36/6%	Posible
VMP50	0.84 ± 0.08	0.88 ± 0.09	4.76	0.43 ± 0.47	80/18/2%	Probable	0.77 ± 0.08	0.80 ± 0.06	3.90	0.44 ± 0.27	93/7/0%	Probable
VMP60	0.79 ± 0.07	0.81 ± 0.05	2.53	0.40 ± 0.37	82/17/1%	Probable	0.73 ± 0.08	0.74 ± 0.09	1.37	0.16 ± 0.31	40/57/3%	Posible

Abreviaturas: CL, intervalos de confianza; TE, tamaño del efecto; VC, evaluación cualitativa;

CMJ, salto con contramovimiento, VPM; velocidad propulsiva media.

*Diferencias sustanciales (>75%) entre los dos grupos experimentales con mayores mejoras en ese grupo.

4.6. Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de dos programas de entrenamiento neuromuscular, con una mayor orientación vertical u horizontal, en una muestra de jugadores de fútbol junior de élite. Los resultados obtenidos muestran que, tras el periodo de intervención, los jugadores del GV incrementaron su capacidad de salto vertical, medida a través de los test CMJ y ABK, y la VMP estimada mediante el test de ½ sentadilla, mientras que empeoraron sus resultados en el tiempo de sprint lineal y COD-I. Sin embargo, los jugadores del GH mejoraron su tiempo en sprint en 10 m, COD-I, COD-D así como la VMP con 15-30-50kg.

El CMJ ha ganado importancia en los últimos años por ser un test relevante en el rendimiento en fútbol y útil tanto en la selección de talentos, como para discriminar el nivel competitivo de los futbolistas (Comfort *et al.*, 2014), siendo también considerado como uno de los tests más fiable para la detección de la fatiga en futbolistas (Gathercole *et al.*, 2015). Los resultados del presente estudio mostraron como el GV presentó mejoras sustanciales en el CMJ (5.66%, TE = 0.49). Este resultado parece coincidir con la mayoría de los estudios publicados previamente en los que se examina esta capacidad utilizando programas de entrenamiento similares (Chelly *et al.*, 2010; De Hoyo *et al.*, 2015; Ramírez-Campillo *et al.*, 2015). Sin embargo, también hay que tener en cuenta otra investigación similar aunque con resultados contradictorios (Los Arcos *et al.*, 2014). Estas diferencias entre estudios podrían deberse a la edad de los participantes (jóvenes *vs* sénior), debido a que el potencial de entrenabilidad de los participantes jóvenes parece influir de manera positiva sobre las mejoras en el rendimiento (Michailidis *et al.*, 2013).

Otro test de salto para valorar la fuerza explosiva del tren inferior es el test ABK, para el que se encontraron también cambios sustanciales (4,24%, TE = 0,38) en GV tras el proceso de entrenamiento. Al igual que en nuestro estudio, Wong *et al.* (2010) encontraron mejoras sustanciales (3,3%, TE = 0,39) en ABK en jugadores de fútbol junior de élite durante la pretemporada tras un proceso de entrenamiento de fuerza de 12 semanas de duración que incluía una fase de entrenamiento de fuerza compuesta por ejercicios tradicionales y una fase de entrenamiento de potencia en la que se incluyeron

ejercicios olímpicos. En el GH no se encontraron mejoras sustanciales respecto a la capacidad de salto vertical, resultados que coinciden con los obtenidos por Campos-Vázquez *et al.* (2015) tras la aplicación de un programa de entrenamiento neuromuscular similar. Por lo tanto, en la comparación inter-grupos el GV obtuvo sustancialmente mejores resultados que el GH en CMJ (TE = 0.39). El hecho de que en el programa de entrenamiento propuesto para el GV se hayan incluido ejercicios cuyo patrón de movimiento es similar al que se lleva a cabo en el CMJ, parece ser que ha influido positivamente en los resultados obtenidos por los componentes del GV en este test (De Hoyo *et al.*, 2015).

Diversos estudios presentes en la literatura científica con programas de entrenamiento basados en la aplicación de fuerza vertical presentaron mejoras en el tiempo de sprint (Chelly *et al.*, 2009; Sander *et al.*, 2013). Por el contrario y en base a nuestros resultados, el GV empeoró sustancialmente sus resultados en el tiempo de sprint lineal y con COD-I. Se conoce que el rendimiento en sprint es el producto de la velocidad de zancada y la longitud de zancada, además de numerosos componentes que influyen en esta fórmula aparentemente simple. Debido a que ambos elementos están claramente influenciados por las características antropométricas (Ross *et al.*, 2001), una de las principales explicaciones para la pérdida del rendimiento en el tiempo en sprint observado en el GV podría ser los cambios antropométricos encontrados en los sujetos que componían el GV durante el proceso de entrenamiento. De hecho, tras el post-test el GV aumentó sustancialmente su masa corporal (1.27%, TE = 0.14) y su índice de masa corporal (1.28%, TE = 0.14) con respecto al pre-test. Por otra parte, tradicionalmente se cree que el rendimiento en las pruebas de sprint dependen en gran medida de factores genéticos, obteniéndose solamente mejoras relativamente pequeñas gracias al efecto del entrenamiento (Ross *et al.*, 2001). Además, para conseguir mejoras en el tiempo de sprint se debe buscar la especificidad en el programa de entrenamiento (Sáez de Villarreal *et al.*, 2014). Es por esto que el GH sí que presentó, tras el proceso de entrenamiento, mejoras sustanciales en el tiempo de sprint lineal en 10 m (-2.64% ES = 0.63) así como en el COD [Derecha (-1.37% TE = 0.36) Izquierda (-1.36% TE = 0.34)], además de posibles mejoras en el tiempo de sprint en 20 y 30 m. Estos resultados parecen coincidir con los obtenidos en el trabajo de Clark *et al.* (2010) en el que tras aplicar un programa de entrenamiento de 7 semanas de duración en el que se llevaron a

cabo 13 sesiones de sprints resistidos con chaleco lastrado, obtuvieron mejoras significativas en el tiempo en sprint en el intervalo de distancia de 18.3 a 54.9 m (-1.20% TE = 0.25). También existen investigaciones con resultados diferentes, especialmente en distancias más largas (Bachero-Mena *et al.*, 2014; Iaia *et al.*, 2015; Luteberget *et al.*, 2015), diferencias que podrían deberse al dispositivo utilizado, ya que en estos estudios se utilizó un trineo y en nuestro estudio utilizamos un chaleco lastrado como medio para aplicar la resistencia al sprint. Debido a que el GV no presentó mejoras en el tiempo de sprint lineal y COD el GH obtuvo, en el análisis inter-grupos, mejoras sustanciales mayores en el tiempo de sprint en 10 m (TE = 0.68), 20 m (TE = 0.72) y 30 m (TE = 0.57) así como en el COD-D (TE = 0.73). Estas diferencias inter-grupos parecen estar influenciadas por el aumento sustancial de la masa corporal de los jugadores que formaron parte del GV durante el proceso de intervención (Ross *et al.*, 2001).

En relación con la potencia del tren inferior, nuestros resultados reflejaron mejoras sustanciales en la VMP en el ejercicio de ½ sentadilla en ambos grupos. En el GV se obtuvieron mejoras sustanciales respecto al pre-test en todas las cargas utilizadas, un hecho que se podría esperar debido al elevado volumen de ejercicios con orientación vertical y con sobrecarga excéntrica incluidos en la rutina semanal de entrenamiento para este grupo. Estos ejercicios de fuerza con sobrecarga excéntrica se caracterizan por una ejecución más fuerte y rápida del ciclo estiramiento-acortamiento, lo que produce mejoras en la potencia y la fuerza máxima (Sáez de Villarreal *et al.*, 2014). Por otro lado, el GH mejoró sustancialmente en el test de media sentadilla en las cargas de 15-30-50kg (Tabla 22), a pesar de que no se incluyeron ejercicios de orientación vertical en su rutina de entrenamiento. Estos resultados no fueron esperados, y podrían demostrar que es posible mejorar la VMP en el ejercicio de ½ sentadilla a través de otros ejercicios, aspecto que se fundamenta con los resultados similares encontrados en el trabajo de Campos-Vázquez *et al.* (2015), y que permite descartar que estas mejoras fueran producidas por el efecto del aprendizaje. A pesar de que el porcentaje de mejora para cada carga utilizada en el test de media sentadilla fue mayor en el GV el análisis inter-grupos no mostró diferencias sustanciales para esta variable en ninguna de las cargas analizadas.

La realización de un entrenamiento neuromuscular con mayor orientación vertical (sobrecarga excéntrica y pliometría) produce mejoras en la potencia muscular del tren inferior y en la capacidad de salto, así como una reducción del rendimiento en el tiempo de sprint en 10-20-30 m y COD-I; mientras que un entrenamiento neuromuscular con mayor orientación horizontal utilizando un chaleco lastrado mejora el tiempo de sprint lineal y COD y la VMP en futbolistas jóvenes de élite. Además, el análisis inter-grupos demuestra que los efectos producidos por el programa de entrenamiento del GH son superiores al GV en el tiempo de sprint lineal en 10-20-30 m y COD-I. Por el contrario, el GV solamente obtuvo mejores resultados respecto al GH en CMJ. A pesar de esto, debemos tener en cuenta que en este estudio se ha utilizado una muestra relativamente pequeña, debido a que los equipos de fútbol de cantera estaban compuestos solamente por 18 jugadores de campo. En vista de los resultados obtenidos, se recomienda para futuras investigaciones realizadas con jugadores jóvenes de fútbol llevar a cabo un control del estado antropométrico de los jugadores en intervalos cortos de tiempo.

Según los resultados obtenidos en el presente estudio, el programa de entrenamiento del GH parece ser más efectivo para la optimización del rendimiento físico en jugadores de fútbol jóvenes de alto nivel. Sin embargo, es imprescindible conocer los efectos y limitaciones de cada programa de entrenamiento para así poder elegir el más adecuado a las necesidades de cada deportista con el fin de optimizar su rendimiento físico-deportivo.

4.7. Bibliografía

1. BACHERO-MENA, B., & GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. Effects of resisted sprint training on acceleration with three different loads accounting for 5, 12.5, and 20% of body mass. *J Strength Cond Res.* 28(10):2954-2960, 2014
2. BUCHHEIT, M., MENDEZ-VILLANUEVA, A., DELHOMEL, G., BRUGHELLI, M., & AHMAIDI, S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprint vs explosive strength training. *J Strength Cond Res.* 24(10):2715-2722, 2010.
3. BUSH, M., BARNES, C., ARCHER, D.T., HOGG, B., & BRADLEY, P.S. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci.* 39:1-11, 2015.

4. CAMPOS-VAZQUEZ, M.A., ROMERO-BOZA, S., TOSCANO-BENDALA, F.J., LEON-PRADOS, J.A., SUAREZ-ARRONES, L.J., & GONZALEZ-JURADO, J.A. Comparison of the effect of repeated-sprint training combined with two different methods of strength training on young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29(3):744-751, 2015.
5. CASTAGNA, C., D'OTTAVIO, S., & ABT, G. Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res*. 17(4):775–780, 2003.
6. CHELLY, M.S., FATHLOUN, M., CHERIF, N., BEN AMAR, M., TABKA, Z., & VAN PRAAGH, E. Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res*. 23(8):2241-2249, 2009.
7. CHELLY, M.S., GHENEM, M.A., ABID, K., HERMASSI, S., TABKA, Z., & SHEPHARD, R.J. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res*. 24(10):2670-2676, 2010.
8. CLARK, K.P., STEARNE, D.J., WALTS, C.T., & MILLER, A.D. The longitudinal effects of resisted sprint training using weighted sleds vs. weighted vests. *J Strength Cond Res*. 24(12):3287-3295, 2010.
9. COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Ed. Hillsdale, NJ*: Lawrence Earlbaum Associates. Ed. 1988.
10. COMFORT, P., STEWART, A., BLOOM, L., & CLARKSON, B. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 28(1):173-177, 2014.
11. CRONIN, J. B., & HANSEN, K. T. Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res*. 19(2), 349–357, 2005.
12. DE HOYO, M., POZZO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., GONZALO-SKOK, O., DOMÍNGUEZ-COBO, S., & MORÁN-CAMACHO, E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 10(1):46-52, 2015.
13. DI SALVO, V., BARON, R., TSCHAN, H., CALDERON MONTERO, F. J., BACHL, N., & PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*. 28(3): 222-227, 2007.

14. GOROSTIAGA, E., IZQUIERDO, M., RUESTA, M., IRIBARREN, J., GONZÁLEZ-BADILLO, J.J., & IBÁÑEZ, J. Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 91(5):698–707, 2004.
15. GATHERCOLE, R.J., SPORER, B.C., STELLINGWERFF, T., & SLEIVERT, G.G. Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue. *J Strength Cond Res.* 29(9):2522-2531, 2015.
16. HADER, K., PALAZZI, D., & BUCHHEIT, M. Change of direction speed in soccer: How much braking is enough? *Kinesiology.* 47(1):67-47, 2015.
17. HOFF, J., & HELGERUD, J. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med.* 34(3):165-80, 2004.
18. HOPKINS, W.G., MARSHALL, S.W., BATTERHAM, A.M., & HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 41(1):3–13, 2009.
19. IAIA, F.M., FIORENZA, M., PERRI, E., ALBERTI, G., MILLET, G.P., & BANGSBO, J. The Effect of Two Speed Endurance Training Regimes on Performance of Soccer Players. *PLoS One.* 10(9):e0138096, 2015.
20. LÓPEZ-SEGOVIA, M.; PALAO, J.M., & GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *J Strength Cond Res.* 19(10):2705-2714, 2010.
21. LOS ARCOS, A., YANCI, J., MENDIGUCHIA, J., SALINERO, J.J., BRUGHELLI, M., & CASTAGNA, C. Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 9(3):480-488, 2014.
22. LUTEBERGET, L.S., RAASTAD, T., SEYNNES, O., & SPENCER, M. Effect of traditional and resisted sprint training in highly trained female team handball players. *Int J Sports Physiol Perform.* 10(5):642-647, 2015.
23. MARQUES, M.C., PEREIRA, A., REIS, I.G., & VAN DEN TILLAAR, R. Does an in-season 6-week combined sprint and jump training program improve strength-speed abilities and kicking performance in young soccer players? *J Hum Kinet.* 31(39):157-166, 2013.
24. MAULDER, P., & CRONIN, J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Phys Ther Sport.* 6(2):74-82, 2005.

25. MEYLAN, C., & MALATESTA, D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res.* 23(9):2605-2613, 2009.
26. MICHAILIDIS, Y., FATOUROS, I.G., PRIMPA, E., MICHAILIDIS, C., AVLONITI, A., CHATZINIKOLAOU, A., BARBERO-ÁLVAREZ, J.C., TSOUKAS, D., DOUROUDOS, I.I., DRAGANIDIS, D., LEONTSINI, D., MARGONIS, K., BERBERIDOU, F., & KAMBAS, A. Plyometrics' trainability in pre-adolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res.* 27(1):38-49, 2013.
27. RAMÍREZ-CAMPILLO, R., GALLARDO, F., HENRIQUEZ-OLGUÍN, C., MEYLAN, C.M., MARTÍNEZ, C., ÁLVAREZ, C., CANIUQUEO, A., CADORE, E.L., & IZQUIERDO, M. Effect of Vertical, Horizontal, and Combined Plyometric Training on Explosive, Balance, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 29(7):1784-1795, 2015.
28. REILLY, T., BANGSBO, J., & FRANKS, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci.* 18(9):669-683, 2000.
29. RONNESTAD, B.R., KVAMME, N.H., SUNDE, A., & RAASTAD, T. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 22(3):773-780, 2008.
30. ROSS, A., LEVERITT, M., & RIEK, S. Neural influences on sprint running. Training adaptations and acute responses. *Sports Med.* 31(6):409-425, 2001.
31. SÁEZ DE VILLARREAL, E., SUAREZ-ARRONES, L., REQUENA, B., HAFF, G.G., & RAMOS-VELIZ, R. Effects of dry-land vs. in-water specific strength training on professional male water polo players' performance. *J Strength Cond Res.* 28(11):3179-3188, 2014.
32. SÁEZ DE VILLARREAL, E., SUAREZ-ARRONES, L., REQUENA, B., HAFF, G.G., & FERRETE, C. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *J Strength Cond Res.* 29(7):1894-1903, 2015.
33. SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, J.; HERNÁNDEZ, C.; MARCOS, V.; GONZÁLEZ, A., Y CARRETERO, M. Efecto de un entrenamiento intermitente con y sin cambios de dirección, sobre el rendimiento físico de jóvenes futbolistas. *Retos, Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación.* 30:70-75, 2016.

34. SANDER, A., KEINER, M., WIRTH, K., & SCHMIDTBLEICHER, D. Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *Eur J Sport Sci.* 13(5):445-451, 2013.
35. SUAREZ-ARRONES, L.; TOUS-FAJARDO, J.; NÚÑEZ, J.; GONZALO-SKOK, O.; GÁLVEZ, J., & MÉNDEZ-VILLANUEVA, A. Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *Int J Sports Physiol Perform.* 9(4):667-673, 2014.
36. THOMAS, K.; FRENCH, D., & HAYES, P.R. The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *J Strength Cond Res.* 23(1):332-335, 2009.
37. WONG, P.L., CHAMARI, K., & WISLØFF, U. Effects of 12-week on-field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(3):644-652, 2010.
38. YANCI, J., AZCARATE, U., & LOS ARCOS, A. Analysis of the repeated sprints ability with and without change of direction in professional soccer players. *SPORT TK- Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte.* 2016. 6(1):51-56, 2016.

CAPÍTULO 5: Estudio 3. Incidencia lesional a lo largo de una temporada completa en la cantera de un equipo de fútbol profesional (Injury incidence in the academy of a professional soccer team during a complete season)

Estudio 3. Título: Incidencia lesional a lo largo de una temporada completa en la cantera de un equipo de fútbol profesional.

Study 3. Title: Injury incidence in the academy of a professional soccer team during a complete season.

5.1. Resumen

Objetivo: Analizar la incidencia lesional y las características de las lesiones de la cantera de un equipo de fútbol profesional (Primera división española) durante una temporada completa (2014/2015). **Métodos:** Ciento treinta y nueve jugadores de fútbol (N=139; 15.6 ± 3.1 años de edad) participaron en el estudio. Un total de 118 lesiones fueron registradas durante la temporada. En general, la incidencia lesional fue de 3.05 lesiones/1000 horas de exposición, siendo la incidencia lesional en competición significativamente mayor que en entrenamientos (1.87 lesiones/1000 horas de entrenamiento y 13.19 lesiones/1000 horas de partido). Centrocampista fue la posición que presentó una mayor incidencia lesional (4.36 lesiones/1000 horas, $p < 0.01$) en este estudio. El muslo fue la zona con mayor porcentaje de lesiones (24.58%) y las lesiones musculares fueron las más frecuentes ($p < 0.001$). Además, las lesiones de severidad moderada (8-28 días) fueron las más comunes (1.52 lesiones/1000 horas de exposición) y agosto (13.56%) y octubre (12.71%) fueron los meses con mayor cantidad de lesiones. **Conclusiones:** Los resultados de este estudio muestran que la incidencia lesional fue significativamente mayor en competición que en entrenamiento en todos los niveles estudiados, a pesar de que la incidencia lesional en esta cantera es aproximadamente la mitad que la incidencia lesional en un equipo de fútbol profesional.

Palabras clave: epidemiología, deportes de equipo, salud, jóvenes.

Abstract

Purpose: To analyse the rate and characteristics of injuries in an academy of a Spanish professional soccer team (Spanish first division) during a complete competitive season (2014-2015) in a prospective cohort design. **Methods:** One-hundred and thirty-nine ($N=139$; 15.59 ± 3.12 yrs.) elite young soccer players participated in this study. **Results:** A total of 118 time-loss injuries were observed during the season. Overall injury incidence was 3.05 injuries/1000 hours, with the incidence during matches being significantly higher than during training ($p<0.001$; 1.87 injuries/1000 training hours and 13.19 injuries/1000 match hours). Centre-midfield was the position with highest injury incidence (4.36 injuries/1000hours, $p<0.01$). The thigh was the most commonly injured area (24.58%) and muscle injuries were the most frequent type of injury ($p<0.001$). Regarding the severity of injuries, it was observed that moderate injuries (8-28 days) (1.52 injuries/1000hours) were most frequent that slight injuries (1-3 days), and August (13.56%) and October (12.71%) were the months with a greater number of injuries. **Conclusions:** The results of this study showed that the rate of injuries was significantly higher during matches than during training at all levels of performance, although this incidence is approximately the half of that previously reported in professional soccer.

Keywords: epidemiology, team-sports, health, youth.

5.2. Introducción

El fútbol es uno de los deportes de equipo con más riesgo de lesión como revela el alto número de lesiones en comparación con otras actividades como voleibol o baloncesto (Van Winckel *et al.*, 2014), de hecho, los investigadores han demostrado que el riesgo de lesión en futbolistas profesionales es incluso más elevado (1000 veces mayor) que en profesiones industriales de alto riesgo (Drawer *et al.*, 2002). Específicamente, los estudios epidemiológicos previos han mostrado un ratio de prevalencia de las lesiones en el fútbol cercano al 15% por temporada, afectando al 65-95% del total de los jugadores (Hägglund *et al.*, 2006).

La mayoría de los estudios epidemiológicos han sido llevados a cabo con jugadores profesionales (Dvorak *et al.*, 2011; Ekstrand *et al.*, 2004; Ekstrand, 2008; Häggglund *et al.*, 2005a; Hawkins *et al.*, 1999; Waldén *et al.*, 2005), o con futbolistas semi-profesionales (Mallo *et al.*, 2011), aunque los estudios epidemiológicos con jugadores jóvenes están altamente restringidos (McCarroll *et al.*, 1984; Nilsson *et al.*, 1978; Price *et al.*, 2004). Además, la metodología y clasificación de las lesiones en estos estudios con jugadores jóvenes es muy heterogénea, dificultando las comparaciones.

La incidencia lesional ha sido cuantificada de manera general como el número de lesiones por 1000 horas de exposición (Mallo *et al.*, 2011), y ha sido utilizada tanto en entrenamiento como en competición (Häggglund *et al.*, 2005b). Complementariamente, los días de baja, el ratio medio de lesión por jugador durante la temporada, y la localización y tipología podrían ser herramientas importantes en la comprensión de la etiología de las lesiones en el fútbol. Se han realizado diversos estudios con el objetivo de conocer las demandas específicas del fútbol (Mohr *et al.*, 2003; Vigne *et al.*, 2010), los cuales han mostrado diferentes requerimientos entre competiciones y posiciones en el campo (Carling *et al.*, 2008; Di Salvo *et al.*, 2007) así como que los calendarios congestionados afectan a la incidencia lesional (Bengtsson *et al.*, 2013; Dellal *et al.*, 2015).

A pesar de la gran cantidad de estudios epidemiológicos realizados en fútbol, solo una pequeña cantidad de ellos está realizado con jugadores españoles (Mallo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2014a; Noya *et al.*, 2014b). Además, y según el conocimiento de los autores, hasta la fecha aún no se ha estudiado la epidemiología lesional de la cantera de un club de fútbol profesional de España. Debido al elevado número de practicantes de fútbol en este país, sería relevante conocer las características epidemiológicas de la cantera de un equipo de fútbol de España, para así poder mejorar las estrategias preventivas y reducir la incidencia lesional en esta población.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la incidencia lesional y las características de las lesiones en la cantera de un equipo de fútbol profesional durante una temporada completa.

5.3. Metodología

5.3.1. Sujetos y diseño del estudio

Un estudio prospectivo de cohortes fue llevado a cabo en la cantera de un equipo de profesional de fútbol (Primera división española) durante la temporada 2014-2015. 139 jugadores masculinos, cuyos datos antropométricos se muestran en la Tabla 23, formaban la cantera durante la temporada del estudio, los cuales estaban repartidos en 7 equipos. Específicamente fueron agrupados por categorías (Sénior, U-19, U-16 y U-14). Dentro de esta muestra había 14 porteros (PT), 28 defensas centrales (LT), 27 defensas laterales (DF), 28 centrocampistas (CC), 27 centrocampistas de banda (CB) y 15 delanteros (DC).

	Senior	U-19	U-16	U-14
Edad (años)	21.7 \pm 1.8	17.5 \pm 1.1	14.4 \pm 1.9	12.77 \pm 1.5
Altura (cm)	181.7 \pm 0.1	177.2 \pm 6.1	172.5 \pm 3.9	165.9 \pm 4.1
Peso (kg)	78.2 \pm 6.3	70.1 \pm 5.8	61.2 \pm 5.5	49.3 \pm 3.7
Índice de masa corporal (kg/m²)	22.05 \pm 1.8	22.32 \pm 2.1	20.57 \pm 1.7	17.91 \pm 1.5

Antes de participar en el estudio, los participantes fueron completamente informados sobre el protocolo a seguir, y el consentimiento escrito e informado fue rellenado por los padres cuyos hijos eran menores de edad. Los sujetos mayores de edad firmaron su consentimiento informado. Todos los participantes eran libres de abandonar el estudio en cualquier momento sin ninguna penalización. Los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España) y de acuerdo con la Declaración de Helsinki (2013).

5.3.2. Definiciones

Este estudio fue realizado siguiendo la línea UEFA para estudios epidemiológicos. La definición de *lesión* usada fue la siguiente: “una lesión que ocurre durante una sesión de entrenamiento o partido y que produce una ausencia en la siguiente sesión de entrenamiento o partido” (Hägglund *et al.*, 2005b). Una *recaída* se define como una

lesión que ocurre después de una lesión inicial con la misma tipología y localización (Hägglund *et al.*, 2005b). Se considera *tiempo de exposición* como el tiempo de práctica deportiva, tanto entrenamiento como competición, durante el cual el futbolista se encuentra en disposición de sufrir una lesión, e *incidencia lesional* hace referencia a las lesiones producidas durante esta práctica, en entrenamiento y en competición, cada 1000 horas de exposición (Mechelen *et al.*, 1992). Para calcular el tiempo de exposición en competición se tuvo en cuenta los partidos jugados contra equipos de diferentes clubes y se consideraron como sesiones de entrenamiento aquellas en las que la actividad estaba dirigida por un entrenador y se realizaba con todo el equipo. Se consideraba que un futbolista estaba plenamente recuperado después de una lesión cuando el staff médico indicó que estaba en disposición de participar plenamente en la siguiente sesión de entrenamiento o partido.

5.3.3. Registro de lesiones

El preparador físico de cada equipo fue el responsable de la recogida de los datos de su equipo, tanto en entrenamientos como en partidos, durante todo el tiempo que duró el estudio. Todos los datos fueron supervisados por el coordinador de los preparadores físicos del club. Las lesiones fueron registradas mediante un cuestionario estandarizado e informatizado basado en los criterios UEFA para estudios epidemiológicos (Hägglund *et al.*, 2005b), en el cual se recogió información sobre la fecha de lesión y alta, tipología, localización, severidad, días de baja, mecanismo de lesión, diagnóstico y si la lesión se produjo durante un entrenamiento o durante la competición. Se clasificaron las lesiones según la severidad en ligera (1-3 días de baja), leve (4-7 días), moderada (8-28 días) y grave (>28 días), y los tipos de lesiones fueron divididos en siete categorías diferentes: esguince, rotura, contusión, fractura, dislocación, otras y sobrecarga.

5.4. Análisis estadístico

Los datos descriptivos se presentan como frecuencias, proporciones (%) e incidencia lesional (por 1000 h de exposición) presentada con 95% de intervalos de confianza. El número de lesiones por jugador y los días de baja se presentan como media \pm desviación estándar (SD). El test de significación χ^2 fue usado para investigar diferencias y si el

número, tipología, localización y severidad de las lesiones estaba distribuido de manera uniforme entre entrenamiento y competición y entre posiciones. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo usando el software SPSS para Windows Versión 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA), con $p < 0.05$ para diferencias estadísticamente significativas.

5.5. Resultados

Exposición e incidencia

La Tabla 24 y la Figura 8 muestran el número de lesiones y la incidencia lesional relativa a los diferentes puestos específicos. Durante la temporada en la que se realizó el estudio, la exposición total fue de 38714.54 horas, divididas entre horas de entrenamiento (34696.5 horas) y horas de partido (4018.08 horas). No hubo diferencias significativas, entre categorías, respecto al tiempo de exposición. El número total de lesiones registradas en el estudio fue de 118, con diferente número e incidencia en cada categoría (Tabla 24). Cada jugador tuvo, de media, 0.87 ± 1.01 lesiones en esta temporada, y el porcentaje de jugadores que sufrieron alguna lesión durante la temporada fue del 53.96% (75/139). La incidencia lesional total fue de 3.05 lesiones/1000 horas de exposición, siendo la incidencia lesional en competición mayor ($p < 0.05$) que en entrenamiento (Tabla 24). En lo referente a los puestos específicos (Figura 8), centrocampista (CC) fue la posición que presentó una mayor incidencia lesional, y portero (PT) y centrocampista de banda (CB) fueron las posiciones cuya incidencia lesional fue más baja ($p < 0.01$).

Tabla 24. Número de lesiones e incidencia lesional

Categoría	Entrenamiento		Partido		Total	
	Nº	Incidencia	Nº	Incidencia	Nº	Incidencia
Sénior	17	2.33	13	17.51*	30	3.73
U-19	20	1.73	15	20.20*	35	2.75
U-16	15	1.82	17	22.90*	32	3.41
U-14	13	1.67	8	10.77*	21	2.40
Total	65	1.87	53	13.19*	118	3.05

Incidencia (número de lesiones/1000 horas de exposición); * $p < 0.05$ diferencia con entrenamiento

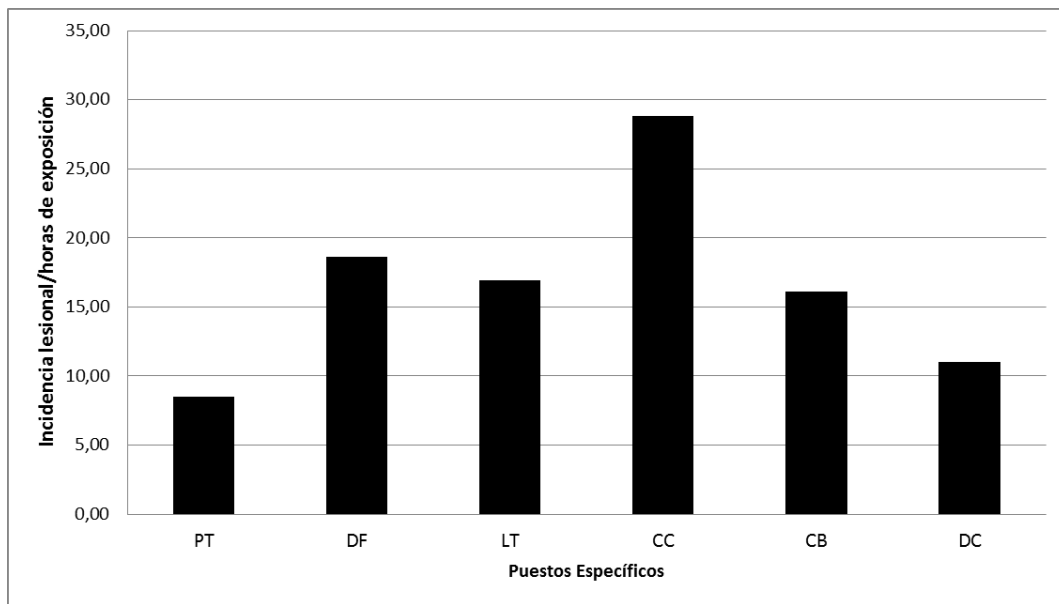


Figura 8: Incidencia lesional en función de los puestos específicos

Severidad y días de baja

Los días de baja durante la temporada y la severidad de las lesiones en relación a las diferentes categorías se recogen en la Tabla 25 y Tabla 26. Las lesiones registradas durante el presente estudio produjeron un total de 2353 días de baja. Específicamente, 1336 días de baja fueron causados por lesiones producidas en sesiones de entrenamiento y 1017 días de baja fueron el resultado de las lesiones que tuvieron lugar durante los partidos de competición. De media, cada lesión produjo 19.94 ± 27.7 días de baja, y cada jugador sufrió 16.93 ± 29.67 días de baja durante esta temporada. La Tabla 25 muestra las diferencias entre categorías respecto a los días de baja. Las recaídas registradas fueron el 8.47% (10/118) del total de las lesiones que se produjeron durante el estudio. Las lesiones moderadas fueron las más frecuentes (1.52 lesiones/1000 horas de exposición), y las lesiones ligeras fueron las menos comunes (0.39 lesiones/1000 horas de exposición) ($p < 0.001$). La Tabla 26 muestra como la severidad no se vio afectada significativamente en función de las categorías. Además, tampoco se vio influenciada por el tipo de exposición, entrenamiento o partido.

Tabla 25. Días de baja durante la temporada

Categoría	Entrenamiento		Partido		Total	
	Nº	Incidencia	Nº	Incidencia	Nº	Incidencia
Senior	134	18.38	174	234.4	308	38.34
U-19	630	54.55	359	302.19	989	77.64
U-16	270	32.73	330	294.12	600	64.02
U-14	302	38.72	154	159.49	456	52.02
Total	1336	38.51	1017	253.11	2353	2353

Incidencia (número de lesiones/1000 horas de exposición)

Tabla 26. Severidad en relación con las categorías

Severidad	Ligera		Leve		Moderada		Grave		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Senior	7	23.33	5	16.67	17	56.67	1	3.33	30	100
U-19	3	8.57	5	14.29	17	48.57	10	28.57	35	100
U-16	4	12.5	8	25.00	13	40.63	7	21.88	32	100
U-14	1	4.76	4	19.05	12	57.14	4	19.05	21	100
Total	15	12.71	22	18.64	59	50	22	18.64	118	100

Localización y tipología

La mayoría de las lesiones tuvieron lugar en los miembros inferiores (96.6%), siendo el muslo la zona más afectada (24.58%), aspecto similar en todas las categorías, excepto en U-14, en la cual el área con mayor número de lesiones fue cadera/ingle (Tabla 27). Las lesiones musculares (51.7%) fueron las más comunes en todas las categorías ($p < 0.001$) excepto en el grupo de U-16, en el cual los esguinces fueron más frecuentes ($p < 0.05$). Las lesiones musculares se dividieron a su vez en roturas (31.35%) y lesiones por sobrecarga, y no se distribuyeron uniformemente entre los 4 grupos musculares principales del tren inferior, ya que los isquiotibiales (20/62) presentaron mayor número de lesiones ($p < 0.001$) que el aductor (14/62), la pantorrilla (7/62) y los cuádriceps (6/62). En el análisis específico de las roturas musculares se puede comprobar que isquiotibiales (10/37) y aductores (9/37) fueron los grupos musculares que sufrieron

mayor número de roturas ($p < 0.05$). Las articulaciones del tobillo (21/36) y la rodilla (9/36) presentaron la mayor parte de los esguinces ($p < 0.005$) y constituyeron el 83.3% del total de los esguinces producidos. La tipología lesional no se vio afectada significativamente por el puesto específico, y el mecanismo de lesión causante de un mayor número de lesiones ($p < 0.001$), tanto en entrenamiento como en partido, fue el mecanismo de lesión por no-contacto (80/118).

Tabla 27. Localización y tipología

		Senior		U-19		U-16		U-14		Total	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Localización	Cabeza/cara/cuello	1	3.33	1	2.86	2	6.25	2	9.52	6	5.08
	Espalda/tronco	1	3.33	1	2.86	1	3.13	0	0	3	2.54
	Cadera/ingle	7	23.33	3	8.57	3	9.38	7	33.33	20	16.95
	Muslo	8	26.67	11	31.43	9	28.13	1	4.76	29	24.58
	Rodilla	4	13.33	5	14.29	5	15.63	3	14.29	17	14.41
	Pantorrilla	6	20	2	5.71	2	6.25	2	9.52	12	10.17
	Tobillo	3	10	8	22.86	9	28.13	3	14.29	23	19.49
	Pie	0	0	1	2.86	1	3.13	1	4.76	3	2.54
	Tren superior	0	0	3	8.57	0	0	2	9.52	5	4.24
	Total	30	100	35	100	32	100	21	100	118	100
Tipología	Esguince	6	20	9	25.71	16	50	5	23.81	36	30.51
	Rotura	11	36.67	10	28.57	8	25	8	38.10	37	31.36*
	Contusión	1	3.33	1	2.86	2	6.25	4	19.05	8	6.78
	Fractura	1	3.33	6	17.14	0	0	2	9.52	9	7.63
	Dislocación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Otra	0	0	1	2.86	1	3.13	1	4.76	3	2.54
	Sobrecarga	11	36.67	8	22.86	5	15.63	1	4.76	25	21.19
	Total	30	100	35	100	32	100	21	100	118	100

* Tipología más frecuente ($p < 0.001$); Porcentajes totales pueden estar sujetos a errores de redondeo asociados a componentes individuales.

Distribución temporal

La Figura 9 y la Figura 10 muestran la distribución de las lesiones a lo largo de la temporada y partidos. Las 118 lesiones registradas a lo largo de la temporada se distribuyeron de la siguiente manera: 23 en la pretemporada, 50 a lo largo de la primera mitad y 45 durante la segunda mitad de la temporada. Agosto fue el mes con mayor número de lesiones (16/118) y julio (7/118) y febrero (7/118) los meses con menor número de lesiones (Figura 8). Además, octubre fue el mes en el que tuvieron lugar mayor cantidad de lesiones en entrenamiento (9/65) y en agosto se produjeron el mayor número de lesiones en competición (8/53). Esta distribución temporal de las lesiones es similar en todas las categorías analizadas. Las lesiones producidas en entrenamiento se dividieron en calentamiento (8/65), parte principal (57/65) y vuelta a la calma (0/65). La Figura 10 resume el momento del partido en el que ocurrieron las lesiones durante la competición. La parte final de cada mitad presentó los valores más altos de lesiones ($p < 0.05$; 18.87% en la primera mitad y 35.85% en la segunda) de todas las franjas temporales seleccionadas para este estudio.

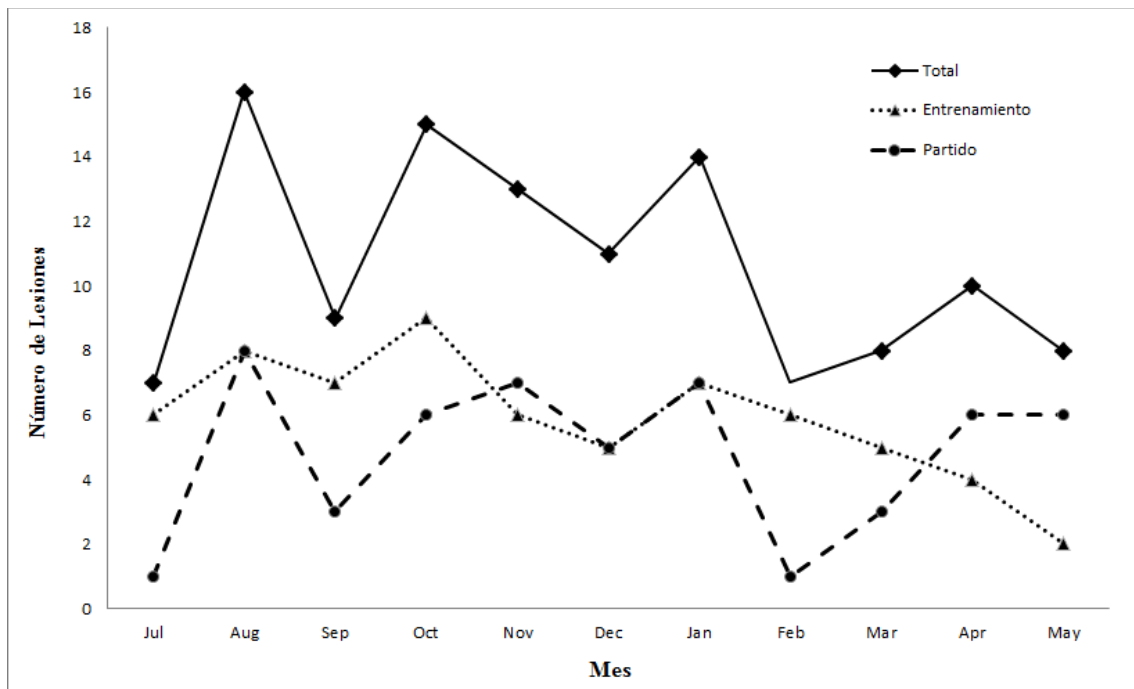


Figura 9: Número de lesiones por mes en entrenamientos y partidos

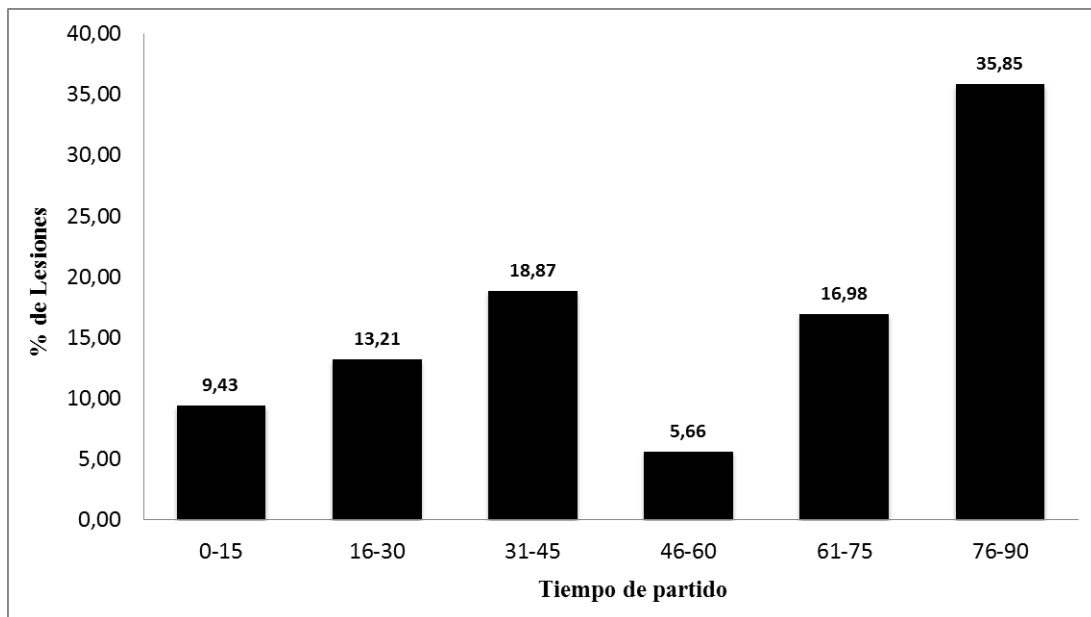


Figura 10: Distribución temporal de las lesiones a lo largo del partido

5.6. Discusión

El objetivo principal de este estudio fue analizar la incidencia lesional en la cantera de un equipo de fútbol profesional durante una temporada completa. Nuestros resultados mostraron que, a) la incidencia lesional durante los partidos es mayor que durante los entrenamientos, b) las lesiones moderadas fueron más comunes que el resto de lesiones, c) las lesiones musculares fueron más frecuentes que otros tipos de lesiones, d) agosto y octubre presentaron los valores de incidencia lesional más elevados y e) los jugadores más viejos sufrieron un mayor incidencia lesional.

El ratio medio de lesión en los jugadores del presente estudio (3.05 lesiones/1000 horas exposición) fue bastante más bajo que en los estudios previos presentes en la literatura (Ekstrand, 2008; Ekstrand *et al.*, 2009; Mallo *et al.*, 2011; Waldén *et al.*, 2004). Tanto en la incidencia en entrenamiento como en competición, nuestros resultados fueron también menores (1.87 lesiones/1000 horas en entrenamiento y 13.19 lesiones/1000 horas en competición) que en otros estudios revisados, los cuales presentaron valores entre 3.4 y 5.9 lesiones/1000 horas de entrenamiento y 25.9 y 44.1 lesiones/1000 horas de competición (Árnason *et al.*, 1996; Hawkins *et al.*, 1999; Mallo *et al.*, 2011; Waldén *et al.*, 2004; Waldén *et al.*, 2005). Esto podría ser debido al alto nivel competitivo de los participantes (futbolistas profesionales con un calendario congestionado) en los estudios revisados. Es interesante comparar la incidencia lesional de nuestro equipo sénior con

los resultados de Mallo *et al.* (2011) ya que los jugadores que formaron parte en ese estudio participaron, durante el tiempo en que se realizó el estudio, en la misma categoría que nuestro equipo sénior (Segunda división “B” española), pero a pesar de ello, la incidencia lesional en nuestro equipo sénior fue menor que en la investigación de Mallo *et al.*, (3.73 lesiones/1000horas de exposición vs 10.9 lesiones/1000 horas de exposición) debido, quizás, a que los jugadores de nuestro estudio fueron más jóvenes que los otros jugadores, y la edad es un factor de riesgo intrínseco que afecta principalmente a las lesiones musculares (Freckleton *et al.*, 2013). Esta hipótesis se cumple en nuestro estudio, donde el equipo sénior tuvo la mayor incidencia (3.73 horas/1000 horas de exposición) y la categoría U-14 obtuvo los valores más bajos (2.4 horas/1000 horas de exposición), valores semejantes a los mostrados por Price *et al.* (2004). Centrocampista fue la posición con la incidencia lesional más alta en este estudio, a diferencia de otras investigaciones revisadas donde la posición de defensa lateral obtuvo los valores más altos de incidencia lesional (Fuller *et al.*, 2004; Mallo *et al.*, 2011).

En el fútbol profesional, es necesario conocer el impacto de las lesiones sobre la ausencia en competición y costes económicos. En una cantera, además, el impacto de una lesión debe ser tenido en cuenta desde el punto de vista del desarrollo del jugador. De media, cada lesión produjo 19.94 días de baja por temporada, resultados parecidos a los encontrados en el trabajo de Price *et al.* (2004) en el cual, cada jugador tuvo 21.9 días de baja por temporada. Sin embargo, en nuestro estudio, de media, cada jugador se lesionó 0.87 veces durante la temporada, un valor más alto que el mostrado en Price *et al.* (2004). El análisis de la severidad de las lesiones reveló un patrón similar a otra cantera estudiada (Price *et al.*, 2004), donde las lesiones moderadas fueron las lesiones más comunes, tal y como ocurrió en nuestro estudio. Un aspecto importante a tener en cuenta en los estudios epidemiológicos son las recaídas. El índice de recaída en este estudio fue prácticamente el mismo que en el trabajo de Mallo *et al.* (2011) en el cual se empleó la misma definición para las recaídas.

Alrededor del 96.6% de todas las lesiones registradas tuvieron lugar en el tren inferior, valores que coinciden con la mayoría de los estudios sobre lesiones revisados (Ekstrand, 2008; Ekstrand *et al.*, 2009; Hawkins *et al.*, 1999; Mallo *et al.*, 2011; Price *et al.*, 2004).

La localización con mayor incidencia lesional fue el muslo, al igual que podemos ver en otros trabajos revisados (Mallo *et al.*, 2011, Price *et al.*, 2004), aunque también encontramos valores elevados para la zona del tobillo y de la cadera/ingle. Es importante conocer esto para una adecuada selección de las estrategias de prevención, acorde a las necesidades reales. Las lesiones musculares fueron más frecuentes que el resto de tipos, y se vieron afectados los 4 grupos musculares principales de los miembros inferiores: isquiotibiales, adductor, pantorrilla y cuádriceps, con mayor incidencia en la musculatura isquiotibial (Ekstrand *et al.*, 2016; Mallo *et al.*, 2011; Woods *et al.*, 2004). La musculatura aductora también presentó una alta incidencia, debido principalmente al uso de dicha musculatura en futbolistas jóvenes como estabilizadores de la pelvis en oposición a la musculatura abdominal (Gibbons *et al.*, 2001). Tal y como revelaron otros estudios previamente publicados (Mallo *et al.*, 2011; Price *et al.*, 2004) los esguinces de tobillo fueron las lesiones ligamentosas más comunes, debido principalmente por el uso de césped artificial en todas las categorías incluidas en este estudio, para entrenamientos y partidos (Ekstrand *et al.*, 2006). La enfermedad de Osgood-Schlatter y de Sever son lesiones comunes al inicio y final de del crecimiento puberal en jóvenes masculinos. En el presente estudio, en la categoría U-14, estas enfermedades se correspondieron con el 9.5% de todas las lesiones, por lo que es importante por parte del club el empezar con un temprano y efectivo tratamiento o prevención de estas lesiones.

Agosto fue el mes con mayor número de lesiones, pero si separamos entrenamiento y competición, podemos ver como en octubre hubo una gran cantidad de lesiones durante el tiempo de exposición en entrenamiento. Es posible que agosto sea el mes con mayor incidencia lesional debido al incremento de carga de entrenamiento durante la pretemporada, y que el alto número de lesiones en octubre estuviera influenciado por la acumulación de partidos oficiales durante los meses de septiembre y octubre. Por todo esto es necesario un control de la carga de entrenamiento y competición para prevenir lesiones (Gabbett, 2016). Tal y como se mostró en varias investigaciones epidemiológicas previas (Price *et al.*, 2004; Woods *et al.*, 2004) la mayor parte de las lesiones que ocurren en competición tienen lugar cerca del final del partido (75-90').

Los resultados de nuestro estudio mostraron que a) los jugadores jóvenes sufrieron menos lesiones, b) la incidencia lesional durante la competición es mayor respecto a los entrenamientos, c) las lesiones musculares son el tipo de lesión más frecuente, d) agosto y octubre fueron los meses que presentaron una mayor incidencia lesional y e) centrocampista fue el puesto específico con mayor incidencia lesional seguido del delantero. Esta información puede ser de gran ayuda para los entrenadores y el staff médico, para el desarrollo de estrategias preventivas cuyo objetivo sea reducir la incidencia lesional en jugadores de fútbol españoles jóvenes de alto nivel.

5.7. Bibliografía

1. ÁRNASON, A., GUDMUNDSSON, A., DAHL, H.A., & JÓHANNSSON, E. Soccer injuries in Iceland. *Scand J Med Sci Sports*. 6(1):40–45, 1996.
2. BENGTSSON, H., EKSTRAND, J., & HÄGGLUND, M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med*. 47(12):743-750, 2013.
3. CARLING, C., BLOOMFIELD, J., NELSEN, L., & REILLY, T. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med*. 38(10):839-862, 2008.
4. DELLAL, A., LAGO-PEÑAS, C., REY, E., CHAMARI, K., & ORHANT, E. The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *Br J Sports Med*. 49(6):390-394, 2015.
5. DI SALVO, V., BARON, R., TSCHAN, H., CALDERON MONTERO, F. J., BACHL, N., & PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*. 28(3):222-227, 2007.
6. DRAWER, S., & FULLER, C.W. Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process. *Br J Sports Med*. 36(6):446-451, 2007.
7. DVORAK, J., JUNGE, A., DERMAN, W., & SCHWELLNUS, M. Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *Br J Sports Med*. 45(8):626-630, 2011.

8. EKSTRAND, J., TIMPKA, T., & HÄGGLUND M. Risk of injury in elite football played on artificial turf versus natural grass: a prospective two-cohort study. *Br J Sports Med.* 40(12):975-980, 2006.
9. EKSTRAND, J. Epidemiology of football injuries. *Sci Sports.* 23:73-77, 2008.
10. EKSTRAND, J., HÄGGLUND, M., & WALDÉN, M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 45(7):553-558, 2009.
11. EKSTRAND, J., LEE, J.C., & HEALY, J.C. MRI findings and return to play in football: a prospective analysis of 255 hamstring injuries in the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med.* 50(12):738-743, 2016.
12. FRECKLETON, G., & PIZZARI, T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 47(6):351-358, 2013.
13. FULLER, C.W., SMITH, G.L., JUNGE, A., & DVORAK, J. The influence of tackle parameters on the propensity for injury in international football. *Am J Sports Med.* 32(Suppl. 43):43-53, 2004.
14. GABBETT, T.J. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* 50(5):273-280, 2016.
15. GIBBONS, S.G.T., & COMERFORD, M.J. Strength versus stability. Part I. Concepts and terms. *ODR.* March / April:21-7, 2001.
16. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., & EKSTRAND, J. Injury incidence and distribution in elite football-a prospective study of the Danish and the Swedish top divisions. *Scand J Med Sci Sports.* 15(1), 21-28, 2005a.
17. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., BAHR, R., & EKSTRAND, J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: Developing the UEFA model. *Br J Sports Med.* 39(6):340-346, 2005b.
18. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., & EKSTRAND, J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 40(9):767-772, 2006.
19. HAWKINS, R.D., & FULLER, C.W. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med.* 33(3):196-203, 1999.

20. McCARROLL, J.R., MEANEY, C., & SIEBER, J.M. Profile of youth soccer injuries. *Phys Sportsmed.* 12:113–117, 1984.
21. MECHELEN, W.V., HLOBIL, H., & KEMPER H. Incidence, severity, etiology and prevention of sports injuries. *Sports Med.* 14:82–99, 1992.
22. MOHR, M., KRUSTRUP, P., & BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 21(7): 519-528, 2003.
23. NILSSON, S., ROAAS, A. Soccer injuries in adolescents. *Am J Sports Med.* 6(6):358–361, 1978.
24. NOYA, J., GÓMEZ-CARMONA, P.M., GRACIA-MARCO, L., MOLINER-URDIALES, D., & SILLERO-QUINTANA M. Epidemiology of injuries in First Division Spanish football. *J Sports Sci.* 32(13):1263-1270, 2014a.
25. NOYA, J., GÓMEZ-CARMONA, P.M., MOLINER-URDIALES, D., GRACIA-MARCO, L., & SILLERO-QUINTANA M. An examination of injuries in Spanish Professional Soccer League. *J Sports Med Phys Fitness.* 54(6): 765-771, 2014b.
26. PRICE, R.J., HAWKINS, R.D., HULSE, M.A., & HODSON, A. The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *Br J Sports Med.* 38(4):466-471, 2004.
27. VAN WINCKEL, J., HELSEN, W., MCMILLAN, K., TENNEY, D., MEERT, J.P., & BRADLEY, P. *Fitness in soccer: the science and practical application.* Leuven: Moveo Ergo Sum, 2014.
28. VIGNE, G., GAUDINO, C., ROGOWSKI, I., ALLOATTI, G., & HAUTIER, C. Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sport Med.* 31(5):304-310, 2010.
29. WALDÉN, M., HÄGGLUND, M., & EKSTRAND J. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *Br J Sports Med.* 39(8):542-546, 2004.
30. WALDÉN, M., HÄGGLUND, M., & EKSTRAND J. Injuries in Swedish elite football: a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scand J Med Sci Sports.* 15(2):118–125, 2005.
31. WOODS, C., HAWKINS, R.D., MALTBY, S., HULSE, M., THOMAS, A., & HODSON A. The Football Association Medical Research Programme: An audit to injuries in professional football – analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 38(1):36-41, 2004.

CAPÍTULO 6: Estudio 4. Efectos de un programa de prevención de lesiones sobre las lesiones musculares en un equipo de fútbol de élite U-19 (Effects of an injury prevention program on muscle injuries on U-19 elite soccer team)

Estudio 4. Título: Efectos de un programa de prevención de lesiones sobre las lesiones musculares en un equipo de fútbol de élite U-19

Study 4. Title: Effects of an injury prevention program on muscle injuries on U-19 elite soccer team.

6.1. Resumen

Objetivo: Examinar los efectos a corto y largo plazo de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la prevención de lesiones musculares en futbolistas de élite U-19. **Métodos:** Cuarenta y cuatro futbolistas jóvenes alto nivel (18.2 ± 0.1 años de edad) participaron en el estudio. Se registraron todas las lesiones producidas durante dos temporadas consecutivas, para lo que se utilizó un cuestionario estandarizado e informatizado basado en los criterios UEFA para estudios epidemiológicos. La primera temporada (2014/2015) sirvió de control, y en la segunda (2015/2016) se realizó la intervención, en la que se administró un programa preventivo dos veces a la semana y durante 10 semanas (pretemporada y temporada competitiva), el cual se basó en ejercicios de fuerza relativos al tren inferior. **Resultados:** Un total de 26 lesiones musculares fueron registradas (15 control vs 9 intervención). La incidencia lesional se redujo sustancialmente durante la temporada experimental y el número de lesiones de isquiotibiales (7 control vs 2 intervención) así como las recaídas (2 control vs 0 intervención) se redujeron durante la temporada experimental respecto a la temporada control. Además, se produjo un descenso de los días de baja por lesión (TE = 0.51, efecto moderado) y en el número de lesiones por jugador (TE = 0.44, efecto pequeño) durante la temporada experimental. **Conclusiones:** Los resultados de este estudio manifestaron que este programa de entrenamiento de fuerza produjo una reducción significativa en el número de lesiones musculares tras el proceso de intervención.

Palabras clave: entrenamiento de fuerza, prevención de lesiones, lesiones musculares

Abstract

Purpose: To examine the short and long-term effects of strength training on muscle injuries prevention on young elite soccer players (U-19). **Methods:** 44 elite young players (18.6 ± 0.1 years) participated in the study. The present study was conducted over 2 consecutive seasons, of which the first (2014–2015) being the control season and the second the intervention season (2015–2016). The preventive program was carried out 2 times a week for 10 weeks (preseason and competitive season), which was based on strength exercises on the lower-body. **Results:** A total of 26 muscle injuries were recorded (15 control vs. 9 intervention). The incidence was lower during the experimental season, and the number of hamstring injuries (7 control vs. 2 intervention) and re-injuries (2 control vs. 0 intervention) decreased during the experimental season with respect to the control season. In addition, there was a decline in absence days per injury ($ES = 0.51$, large effect) and the number of injuries per player ($ES = 0.44$, moderate effect), during the experimental season. **Conclusions:** The results of this study showed that this strength training program produced a significant reduction in the number of muscle injuries during the experimental season.

Keywords: Strength training, injury prevention, muscle injuries

6.2. Introducción

El fútbol está considerado como un deporte de contacto, basado en acciones de alta intensidad que tienen lugar de manera aleatoria a lo largo de un partido (Di Salvo *et al.*, 2007), durante el cual los jugadores están expuestos a altas demandas físicas, técnico-tácticas y psicológicas (Carling 2010; Dellal *et al.*, 2011, Owen *et al.*, 2011). Estas altas sollicitaciones unidas a las oscilaciones en la carga de entrenamiento (Gabbett, 2016) convierten a los futbolistas en los deportistas de equipo más susceptibles de sufrir lesiones durante la práctica deportiva (Van Winckel *et al.*, 2014). El hecho de padecer una lesión puede ser muy perjudicial para el jugador que la sufre, aunque también puede serlo para su equipo, principalmente en equipos que no pueden sustituir al futbolista lesionado por otro de nivel similar (Árnason *et al.*, 2008), sin olvidarnos de la repercusión económica que tiene la lesión en el club, ya que está establecido como coste medio para un jugador profesional de un equipo top que está lesionado durante un mes,

un gasto cercano a los 500.000 € entre tratamiento médico y salario (Ekstrand *et al.*, 2013). Por todo esto, los programas preventivos han sido incluidos en el día a día del entrenamiento de los futbolistas (Owen *et al.*, 2013).

En futbolistas profesionales, la incidencia lesional durante la competición oscila entre valores de 25.9 y 44.1 lesiones/1000 horas de competición, superior a la incidencia lesional en entrenamiento, que se establece entre 3.4 y 5.9 lesiones/1000 horas de entrenamiento (Hawkins *et al.*, 1999; Mallo *et al.*, 2011; 2004; Waldén *et al.*, 2005), siendo menor esta incidencia lesional en futbolistas jóvenes (Price *et al.*, 2004). Casi un tercio de las lesiones que se dan en el fútbol son lesiones musculares (Hawkins *et al.*, 2001; Mayo *et al.*, 2011; Noya *et al.*, 2014), las cuales tienen lugar en los principales grupos musculares del tren inferior, siendo la musculatura isquiotibial (40%) la más afectada (Hawkins *et al.*, 2001). Además, los isquiotibiales destacan por ser el grupo muscular que sufre un mayor número recaídas, tanto en jugadores top (22.7%) como de élite (15.7%) (Hägglund *et al.*, 2016). Estas recaídas, en muchas ocasiones, son causadas por la presión que se ejerce en los clubes de élite sobre los departamentos médicos para conseguir una rápida reincorporación del jugador lesionado a la rutina de entrenamiento del equipo, lo que conlleva una inadecuada readaptación físico-deportiva (Woods *et al.*, 2002).

Aunque las causas que producen una lesión no siempre se conocen, sí que debemos tener en cuenta que una lesión en fútbol es el resultado de un proceso multifactorial (Casáis, 2008), por lo que conocer los factores de riesgo presentes en los futbolistas será fundamental en el proceso de prevención de lesiones. En este sentido debemos destacar que si no existe buen balance muscular el riesgo de lesión aumenta (Casáis, 2008). Por ejemplo, si existe un desequilibrio de fuerza concéntrica a 60°s entre un isquiotibial y el isquiotibial de la pierna contraria el riesgo de lesión en esta musculatura se ve incrementado (Orchard *et al.*, 1997).

Los programas preventivos de fuerza tienen su principal justificación en la corrección de desequilibrios musculares y a su vez en la reducción de la incidencia lesional, debido a la función fijadora de la musculatura sobre las articulaciones de carga (Thacker *et al.*, 2003). Además, se ha demostrado que los futbolistas con mayores niveles de fuerza en

el tren inferior presentaron menores niveles de CK 48 horas después de participar en un partido de fútbol (Owen *et al.*, 2015), lo que reduce el daño muscular y el nivel de fatiga post-competición, lo que podrá derivar en una reducción de la incidencia lesional. Dentro de los programas de fuerza hay que considerar tanto aquel trabajo “de base” con contracciones concéntricas dirigido a la corrección de déficits y/o desequilibrios musculares como aquel trabajo dirigido a reproducir los mecanismos de juego donde se producen lesiones en situaciones de mayor tensión a través de acciones musculares excéntricas a altas velocidades (Brockett *et al.*, 2005). El entrenamiento de fuerza excéntrica se considera fundamental para la prevención de lesiones debido a que produce mayor nivel de hipertrofia muscular (Hortobágyi *et al.*, 1998), aumenta el número de sarcómeros en serie (Brockett *et al.*, 2001), facilita un efecto protector en los parámetros tensión/longitud (Proske *et al.*, 2001) y modifica el ángulo máximo de torsión en el ejercicio (Brockett *et al.*, 2005). Por todo ello el trabajo excéntrico es el método preventivo más utilizado por los equipos de fútbol UEFA (McCall *et al.*, 2016). La estabilidad de la zona del core se puede definir como la capacidad de controlar la posición y el movimiento del tronco sobre la pelvis para permitir una óptima producción, transferencia y control de la fuerza y el movimiento a los segmentos distales en la realización de movimientos deportivos (Borghuis *et al.*, 2011; Van Beijsterveldt *et al.*, 2008). La importancia del core radica en su eficiente función biomecánica necesaria para maximizar la generación de fuerzas y minimizar la carga sobre las articulaciones en diferentes gestos deportivos (Hibbs *et al.*, 2008). Para que el core pueda realizar sus funciones de manera efectiva debe ser más fuerte que los segmentos distales y no a la inversa, ya que esto sería un factor de riesgo de lesión (Willson *et al.*, 2005).

El objetivo principal de este estudio fue examinar los efectos a corto y largo plazo de un entrenamiento de fuerza en la prevención de lesiones musculares en futbolistas de élite U-19.

6.3. Metodología

6.3.1. Sujetos

Cuarenta y cuatro futbolistas junior de élite (U-19, 18.6 ± 0.1 años de edad, 179.1 ± 4.8 cm de altura, 70.7 ± 6.2 kg de masa corporal, 22.1 ± 1.6 kg/ m² de índice de masa corporal) aceptaron voluntariamente participar en este estudio. Los jugadores de fútbol pertenecían al equipo U-19 de un club de fútbol profesional de 2ª División de España. Antes de su participación en el estudio cada jugador completó un cuestionario sobre su historia médica e historial de lesiones. Previamente al inicio del estudio, los participantes fueron completamente informados sobre el protocolo a seguir, y el consentimiento escrito e informado fue rellenado por los padres cuyos hijos eran menores de edad. Los sujetos mayores de edad firmaron su consentimiento informado. Todos los participantes eran libres de abandonar el estudio en cualquier momento sin ninguna penalización. Además, ninguno de los jugadores presentaba lesión alguna en el momento del inicio del estudio. Los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España) y de acuerdo con la Declaración de Helsinki (2013).

Tabla 28. Datos descriptivos de los participantes, Media \pm SD

	<i>Temporada Control</i>	<i>Temporada Experimental</i>
Edad (años)	18.1 \pm 0.3	18.19 \pm 0.4
Altura (cm)	179.9 \pm 4.5	178.36 \pm 5.4
Peso (kg)	71.2 \pm 6.4	70.1 \pm 6.1
Índice de masa corporal (kg/m²)	21.9 \pm 1.6	22.04 \pm 1.6

6.3.2. Diseño del estudio y procedimientos

El estudio fue diseñado para conocer el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la prevención de lesiones musculares en jugadores de fútbol. Se llevó a cabo durante dos temporadas consecutivas (2014/2015 y 2015/2016), la primera temporada se utilizó como temporada control, y la segunda de ellas como temporada experimental. Durante el periodo de intervención, los jugadores siguieron participando en su entrenamiento habitual de fútbol. El proceso de intervención duró 10 semanas (5 semanas de pretemporada y 5 semanas de período competitivo) y consistió en un

programa de fuerza de carácter preventivo (Tablas 29 y 30), realizado 2 veces a la semana en días alternos, y ejecutándose siempre previamente al entrenamiento habitual de fútbol. En la temporada control el equipo llevó a cabo varias sesiones no estructuradas con carácter preventivo, principalmente durante la pretemporada, realizándose un total de 6 sesiones preventivas.

A lo largo de las dos temporadas registradas en el presente estudio, la estructura de las sesiones de entrenamiento de fútbol estuvo marcada por el departamento de metodología del club y se basó en la microestructuración y el juego de posición como rasgos característicos, siendo la estructura de cada sesión la siguiente: calentamiento general y específico, parte principal basada en juego de posición, trabajo táctico y juegos reducidos y una vuelta a la calma. A pesar de esto, los días pre y post partido se realizaban modificaciones en esta estructura en función de los objetivos deseados.

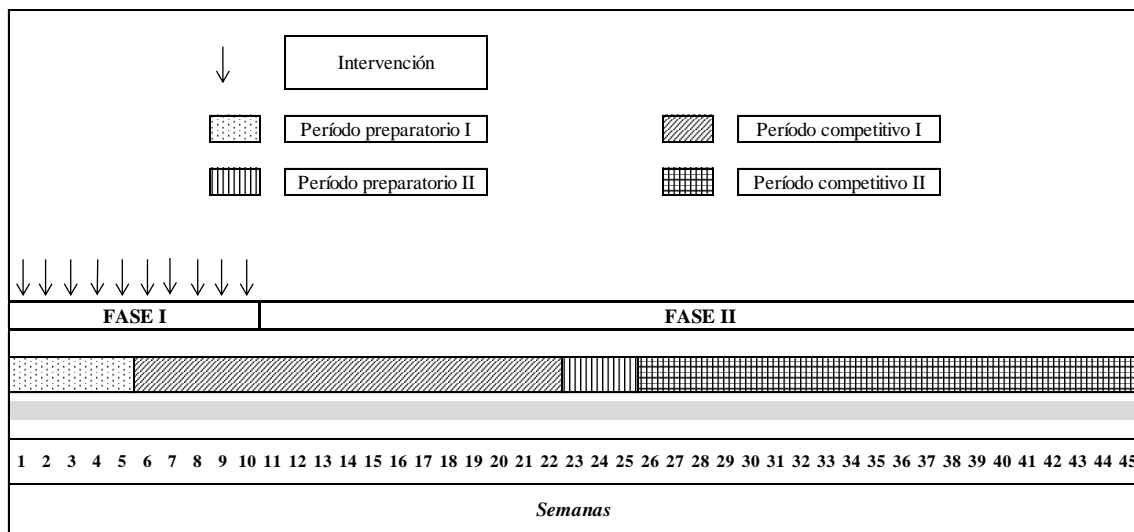


Figura 11. Programa anual de entrenamiento y competición. Distribución del programa preventivo de fuerza

6.3.3. Lesiones

Este estudio fue realizado siguiendo la línea UEFA para estudios epidemiológicos. La definición de *lesión* usada fue la siguiente: “una lesión que ocurre durante una sesión de entrenamiento o partido y que produce una ausencia en la siguiente sesión de entrenamiento o partido” (Hägglund *et al.*, 2005). Para el registro de las lesiones se utilizó un cuestionario estandarizado e informatizado también basado en los criterios UEFA para estudios epidemiológicos (Hägglund *et al.*, 2005), en el que se recogió

información sobre la fecha de lesión y alta, tipología, localización, severidad, días de baja, mecanismo de lesión, diagnóstico y si la lesión se produjo durante un entrenamiento o durante competición. Las lesiones se clasificaron según su severidad en ligera (1-3 días de baja), leve (4-7 días), moderada (8-28 días) y grave (>28 días), y los tipos de lesiones fueron divididos en siete categorías diferentes: esguince, rotura, contusión, fractura, dislocación, otras y sobrecarga.

6.3.4. Programa preventivo de fuerza

El programa preventivo de fuerza duró 10 semanas y consistió en 2 sesiones semanales durante toda la intervención, realizándose previamente a la sesión de entrenamiento de fútbol. El programa preventivo se planificó de manera que se pudiera incluir en la rutina de entrenamiento de un equipo de fútbol y que se realizara sin material alguno para facilitar su aplicación posterior en equipos de fútbol de cualquier nivel. Todas las sesiones fueron explicadas y supervisadas por los preparadores físicos del equipo, los cuales realizaron las indicaciones y correcciones adecuadas en cada momento. Este programa consistió en una serie de ejercicios de fuerza funcional y estabilidad de la zona del core, en los que se combinaron regímenes de contracción isométrica, concéntrica y excéntrica (Figura 12). Cada ejercicio tuvo una progresión de la carga específica (Tablas 29 y 30) en función de sus características.

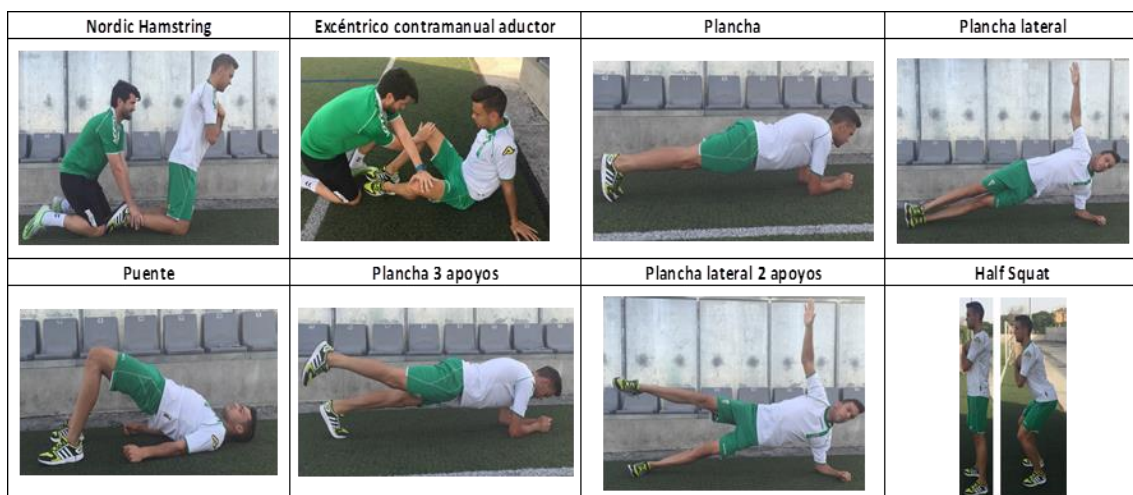


Figura 12. Ejercicios del programa preventivo de fuerza

Fuerza funcional: Los ejercicios utilizados en el programa preventivo que se incluyeron en este apartado son los siguientes:

1. *Nordic Hamstring:* ejercicio que se realiza por parejas en el que el sujeto que ejecuta intenta resistir un movimiento de caída hacia adelante usando sus isquiotibiales para maximizar la carga en la fase excéntrica mientras un compañero le sujeta los tobillos.
2. *Excéntrico contramanual de aductor:* los jugadores fueron instruidos para frenar el movimiento producido por su compañero, el cual ejercía fuerza con sus manos para separar las piernas del jugador ejecutante.
3. *Media sentadilla bilateral:* se pidió a los jugadores que realizaran el gesto lentamente y de manera correcta, vigilando la posición de las rodillas y espalda. El compañero ayudaba con las correcciones del gesto.
4. *Media sentadilla unilateral:* al ser ejecutado de manera unilateral se permitió al jugador que estaba realizando el ejercicio que se apoyara en el compañero para facilitar una buena ejecución técnica.

Tabla 29. Ejercicios de fuerza funcional, progresión de la carga

Ejercicio	Sesión																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nordic Hamstring	2x5	2x6	3x6	3x8	3x10										3x12-10-8					
Excéntrico Aductor	2x6		2x8	2x10	2x12	3x6	3x8	3x10									3x12			
Media Sentadilla Bilateral	2x5	2x6	2x8	2x10	3x6	3x8	3x10													
Media Sentadilla Unilateral												2x5	2x6	2x8	2x10					

Estabilidad de la zona del core: Los ejercicios incluidos en el programa preventivo relativos a este apartado se describen a continuación:

1. *Plancha:* se le pidió a los jugadores que se colocaran boca abajo apoyados sobre los antebrazos y dedos de los pies buscando que se mantuvieran rectos durante todo el ejercicio. Se les recomendó contraer la musculatura glútea durante la ejecución del ejercicio.

2. *Plancha lateral*: los jugadores debían mantener la postura de manera lateral, apoyados sobre el antebrazo y el lateral del pie. El otro brazo se debía colocar hacia arriba. Se les recomendó contraer la musculatura glútea durante la ejecución del ejercicio.
3. *Puente lumbar*: los jugadores se debían colocar acostados sobre su espalda con las rodillas dobladas y empujar con la planta de los pies para elevar la espalda baja, a pesar de que los glúteos estuvieran contraídos.
4. *Plancha con 3 apoyos*: similar al ejercicio 1 pero solo se apoya una pierna, la cual cambia dentro de cada repetición. Con esta variante se pretende conseguir una mayor activación de la musculatura glútea.
5. *Plancha lateral con 2 apoyos*: similar al ejercicio 2, pero la pierna que no apoya en el suelo se eleva para favorecer la activación de la musculatura glútea.

Tabla 30. Ejercicios de estabilidad de la zona del core, progresión de la carga

Ejercicio	Sesión																			
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Plancha	2x20''	2x25''	2x30''	3x20''	3x25''						3x30''									
Plancha Lateral	2x20''	2x25''	2x30''	3x20''	3x25''						3x30''									
Puente Lumbares	2x20''	2x25''	2x30''	3x20''	3x25''						3x30''									
Plancha 3 apoyos	2x20''	2x25''	2x30''	3x20''	3x25''						3x30''									
Plancha Lateral 2 apoyos	2x20''	2x25''	2x30''	3x20''	3x25''						3x30''									

6.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo usando el software SPSS para Windows Versión 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Los datos descriptivos se presentan como frecuencias, proporciones (%) e incidencia lesional (por 1000 h de exposición). El número de lesiones por jugador y los días de baja se presentan como media ± desviación estándar (SD). Todas las variables objeto de estudio presentaron una distribución normal (test Shapiro-Wilk). Se utilizó la prueba *T-student* para muestras independientes para examinar las diferencias entre la temporada control y la temporada

experimental (2014/2015 vs 2015/2016). Con el fin de comprobar las diferencias estadísticas entre las temporadas respecto al número de lesiones musculares se utilizó el test de significación χ^2 . En todos los casos, la diferencia entre resultados se consideró significativa cuando $p < 0.05$. Adicionalmente, la diferencia entre variables se valoró calculando el tamaño del efecto (TE) a través de la prueba d de Cohen (Cohen, 1988). La escala seleccionada para la interpretación de d fue la siguiente: >0.2 (pequeño), > 0.5 (moderado) y > 0.8 (grande).

6.5. Resultados

Durante las dos temporadas en las que se desarrolló este estudio se disputaron 76 partidos de competición (n=37 control vs n=39 experimental) que supusieron 1254 horas de exposición a la competición, y se realizaron 386 sesiones de entrenamiento (n=201 control vs n=185 experimental) las cuales produjeron un tiempo de exposición al entrenamiento de 11271 horas. No existieron diferencias significativas en el tiempo de exposición entre ambas temporadas ($p > 0.05$). Los resultados del estudio mostraron un mayor número de lesiones totales en la temporada control (n=25) respecto a la temporada experimental (n=17), al igual que respecto al número de lesiones musculares, produciéndose 15 lesiones musculares en la temporada control y 9 durante la temporada experimental ($p < 0.05$; TE = 0.42, efecto pequeño) (Tabla 31). Los resultados del análisis aislado de la fase I también mostraron diferencias significativas entre ambas temporadas respecto al número de lesiones musculares ($p < 0.05$; TE = 0.65, efecto moderado). Sin embargo, el número de lesiones musculares que tuvieron lugar durante la fase II fue el mismo en ambas temporadas.

Tabla 31. Número de lesiones musculares en las diferentes fases del estudio

Temporada	Entrenamiento			Competición			Total		
	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total
Control	6	5	11	1	3	4	7	8	15
Experimental	1*	5	6*	0	3	3	1*	8	9*

* $p < 0.05$ diferencias entre temporada experimental y temporada control

Respecto a la incidencia lesional (Tabla 32), también fue mayor en la temporada control (2.46 lesiones/1000h de exposición) respecto a la temporada experimental (1.4 lesiones/1000h de exposición), tanto en las Fase I como en el global del estudio.

Tabla 32. Incidencia lesional en las diferentes fases del estudio

Temporada	Entrenamiento			Competición			Total		
	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total
Control	4.55	1.20	2.01	5.51	7	6.55	4.67	1.74	2.46
Experimental	0.71*	1.14	1.04*	0	6.49	4.66	0.63*	1.64	1.40*

* p<0.05 diferencias entre temporada experimental y temporada control

Cada jugador sufrió, de media, 0.75 ± 0.85 lesiones musculares durante la temporada control y 0.41 ± 0.67 durante la temporada experimental (TE = 0.44, efecto pequeño); sufriendo alguna lesión muscular el 50% de los jugadores en la temporada control y el 31.82% de los futbolistas durante la temporada experimental. Las lesiones musculares presentaron un porcentaje elevado respecto a las lesiones totales durante las dos temporadas analizadas (Tabla 33), siendo mayor este porcentaje en la temporada experimental. En la temporada control, las lesiones de isquiotibiales fueron más comunes (n=7) que en la temporada experimental (n=2). Respecto a las recaídas, en la temporada control tuvieron lugar dos de ellas, sin embargo durante la temporada experimental no se dio ninguna recidiva.

Tabla 33. Lesiones musculares, lesiones de isquiotibiales y recaídas

Temporada	Nº Lesiones Musculares	% Total de Lesiones	Lesiones Isquiotibiales (%)	Nº Recaídas (%)
Control	15	60%	7 (46.67%)	2 (13.33%)
Exposición	9	52.94%	2 (22.22%)	0 (0%)

(%); hace referencia al tanto por ciento respecto al total de las lesiones musculares

Todas las lesiones musculares registradas durante el presente estudio produjeron un total de 291 días de baja, de los cuales 204 días de baja tuvieron lugar durante la temporada control y 87 días de baja se dieron en la temporada experimental (Tabla 34). Durante la temporada control se produjeron 33.51 días de baja/1000h de exposición respecto a los 13.52 días de baja/1000h de exposición que tuvieron lugar en la temporada experimental, y de media se produjeron 13.6 ± 9.82 días de baja por lesión

en la temporada control respecto a los 9.67 ± 4.79 días de baja por lesión que se produjeron en la temporada experimental (TE = 0.51, efecto moderado) (Tabla 35).

Tabla 34. Días de baja producidos por las lesiones musculares en las diferentes fases del estudio

Temporada	Entrenamiento			Competición			Total		
	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total
Control	77	63	140	14	50	64	91	113	204
Experimental	8	44	52	0	35	35	8	79	87

Tabla 35. Días de baja/1000h de exposición en las diferentes fases del estudio

Temporada	Entrenamiento			Competición			Total		
	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total	Fase 1	Fase 2	Total
Control	58.4	15.14	25.56	77.13	116.50	104.83	60.67	24.63	33.51
Experimental	5.67	10.04	8.98	0	75.75	54.30	5.02	16.31	13.52

Como se observa en la Tabla 36, la severidad de las lesiones musculares fue diferente en ambas temporadas, al igual que la distribución temporal de las mismas (Figura 13).

Tabla 36. Severidad de las lesiones musculares

Temporada	Ligera		Leve		Moderada		Grave		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Control	6	40.00	8	53.33	1	6.67	0	0	15	100
Experimental	4	44.44	1	11.11	4	44.44	0	0	9	100

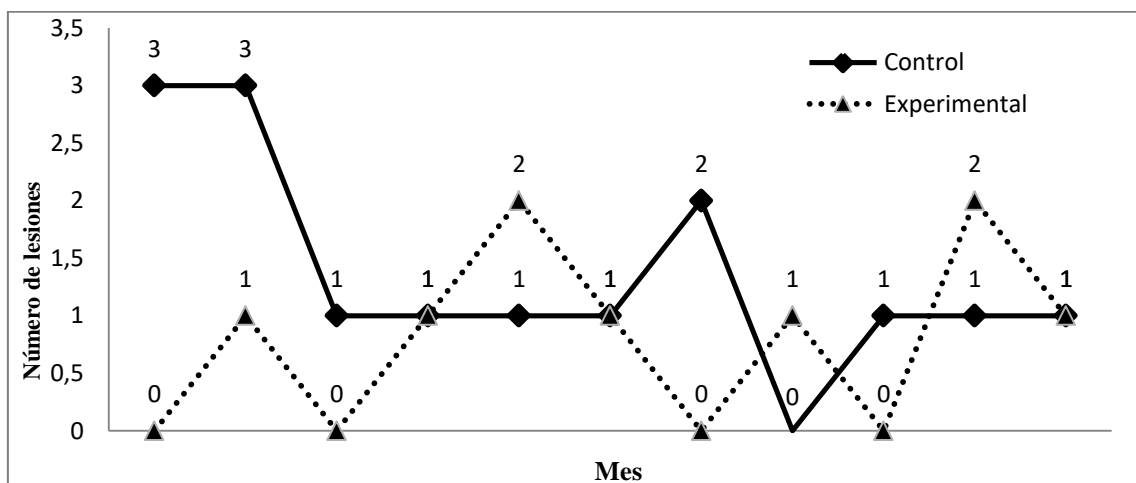


Figura 13. Distribución temporal de las lesiones en ambas temporadas

6.6. Discusión

El objetivo principal del presente estudio fue conocer el efecto de un programa de fuerza sobre la prevención de lesiones musculares en un equipo de fútbol de élite U-19. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que durante la temporada experimental se produjo una reducción estadísticamente significativa del número de lesiones musculares, así como una reducción de la incidencia lesional durante el período de intervención respecto a la temporada control.

Estudios previos han demostrado que las lesiones musculares son las más comunes dentro de los equipos de fútbol de diferentes niveles (Hawkins *et al.*, 2001; Noya *et al.*, 2012 Waldén *et al.*, 2005), resultados que coinciden con los de nuestro trabajo, tanto en la temporada control (52.94% del total) como en la temporada experimental (60% del total). Además, los estudios epidemiológicos realizados con futbolistas sugieren que la musculatura isquiotibial presenta mayor incidencia lesional que el resto de grupos musculares (Ekstrand *et al.*, 2011; Woods *et al.*, 2004). En el presente estudio, durante la temporada control, el número de lesiones de isquiotibiales fue de 7 (46.67% total lesiones musculares).

El primer descubrimiento destacable tras el análisis estadístico de los resultados es que a pesar del descenso del número de lesiones musculares en la temporada experimental, durante la Fase II no existió reducción alguna respecto a la temporada control. Sin embargo, durante la Fase I, en la cual se realizaron las 20 sesiones de fuerza que componían el protocolo de intervención, se redujo de manera significativa ($p < 0.05$; TE = 0.65, efecto moderado) el número de lesiones musculares, por lo que se puede extraer que el programa preventivo utilizado tiene efectos positivos en la prevención de lesiones musculares a corto plazo, si bien su efecto retardado no está del todo claro. En trabajos previos como el realizado por Askling *et al.* (2003) se puede observar una reducción del número de lesiones de la musculatura isquiotibial tras la aplicación de un trabajo de fuerza de sobrecarga excéntrica en dispositivo inercial durante 10 semanas. Por otro lado, Melegati *et al.* (2013) aplicaron un protocolo similar al presentado en nuestro estudio, con la diferencia de que se realizó a lo largo de toda la temporada, además de

incorporar varias sesiones preventivas individuales en jugadores con mayores déficits, lo cual dio lugar a resultados diferentes a los obtenidos en esta investigación.

Tras el análisis de los datos obtenidos en la temporada control se estableció como objetivo secundario para este estudio la reducción de las lesiones de isquiotibiales. Para intentar alcanzar este objetivo y debido a los efectos positivos del entrenamiento de fuerza en la reducción de las lesiones musculares (Askling *et al.*, 2003; De Hoyo *et al.*, 2015; Gerhardt *et al.* 2007) y a los resultados obtenidos durante la temporada control, se seleccionaron los diferentes ejercicios que componen el presente programa de fuerza, el cual estaba orientado a la prevención de lesiones musculares y principalmente a las lesiones de isquiotibiales. Además este programa tuvo que cumplir con dos requisitos iniciales; que se pudiera incluir en la rutina de entrenamiento diaria de un equipo de fútbol, y que no se utilizara ningún material externo, únicamente el propio peso corporal y la colaboración del compañero. Una vez analizados los datos se comprobó que el número de lesiones de isquiotibiales durante la temporada experimental (n=2; 46.67% total lesiones musculares) fue sustancialmente inferior al número de lesiones que se produjeron en la temporada control (n=7; 22.22% total lesiones musculares), por lo que se pudo comprobar que la selección de ejercicios fue efectiva en la reducción de lesiones de isquiotibiales en futbolistas U-19.

Son varios los estudios epidemiológicos realizados con futbolistas que demuestran que la incidencia lesional en competición es mayor que en entrenamiento (Mallo *et al.*, 2011; Waldén *et al.*, 2005). Este dato se cumple en nuestro estudio en ambas temporadas, si bien tras el período de intervención el grupo experimental redujo esta incidencia lesional en entrenamiento y en competición, así como en todas las fases analizadas (Tabla 32). Además es necesario destacar que incluso antes de la aplicación del programa preventivo los valores de incidencia lesional eran menores (2.01 lesiones/1000 horas en entrenamiento y 6.55 lesiones/1000 horas en competición) respecto a otros estudios previos, los cuales presentaron valores entre 3.4 y 5.9 lesiones/1000 horas de entrenamiento y 25.9 y 44.1 lesiones/1000horas de competición (Hawkins *et al.*, 1999; Mallo *et al.*, 2011; Waldén *et al.*, 2005). Esto podría ser debido al alto nivel competitivo de los participantes (profesionales y jugadores de alto nivel con un calendario congestionado) en la literatura revisada o a la edad de los futbolistas

estudiados, más jóvenes en nuestro estudio, ya la edad es un factor de riesgo intrínseco que afecta principalmente a las lesiones musculares (Freckleton *et al.*, 2013).

En relación a la severidad de las lesiones, se produjo una reducción de los días de baja por lesión, de los 13.6 ± 9.82 días en la temporada control a los 9.67 ± 4.79 días durante la temporada experimental (TE = 0.51, efecto moderado). Esto nos demuestra el efecto protector del entrenamiento de fuerza, no solo reduciendo el número de lesiones, sino que además favorece que los días de bajas que producen dichas lesiones sean menores; al igual que en el estudio de De Hoyo *et al.* (2015) donde la severidad se redujo de 5.9 ± 8.2 a 1.9 ± 1.8 días de baja por lesión.

En la actualidad son muchas las estrategias utilizadas en la prevención de lesiones, pero algunas veces debido a la no implementación de programas preventivos adecuados o porque los diferentes programas preventivos utilizados por los equipos de fútbol no son eficaces en la reducción de la incidencia lesional, los resultados obtenidos no son los esperados (Ekstrand *et al.*, 2016). Los resultados del presente estudio manifestaron que este programa de entrenamiento de fuerza disminuye de manera significativa el número de lesiones musculares y produce una reducción sustancial de la incidencia lesional durante su aplicación, aunque no están muy claros sus efectos retardados en la prevención de lesiones musculares en futbolistas jóvenes de élite. Además, este programa de entrenamiento produce un descenso de los días de baja producidos por las lesiones musculares así como el número de lesiones de isquiotibiales.

En términos prácticos, destacar que es muy importante conocer la epidemiología del deporte, categoría y equipo en el que estamos trabajando, así como los efectos y activación muscular que producen los ejercicios seleccionados dentro de un programa de prevención de lesiones, para que éstos puedan ser lo más efectivos posible, y reducir, en la medida de lo posible, la incidencia lesional. Además es necesario tener en cuenta que los jugadores de fútbol pueden responder de manera diferente a los efectos de un programa preventivo, por lo que sería muy interesante combinar los programas preventivos grupales con otros específicos a las necesidades de cada jugador, tras analizar sus posibles déficits y limitaciones, así como los factores de riesgo que pueden dar lugar a diferentes lesiones en los futbolistas. Los programas de prevención de

lesiones de corta duración pueden inducir cambios transitorios los cuales pueden remitir tras la suspensión del programa, por lo que como futura investigación se propone la aplicación del mismo programa preventivo de fuerza a lo largo de una temporada completa.

6.7. Bibliografía

1. ÁRNASON, A., ANDERSEN, T., HOLME, I., ENGBRETSSEN, L., & BAHR, R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*. 18(1):40-49. 2008.
2. ASKLING, C., KARLSSON, J., & THORSTENSSON, A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*. 13(4):244-250. 2003.
3. BORGHUIS, A.J., LEMMINK, K.A., & HOF, A.L. Core muscle response times and postural reactions in soccer players and non-players. *Med Sci Sports Exerc*. 43(1):108–114. 2011.
4. BROCKETT, C.L., MORGAN, D.L., & PROSKE, U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*. 33(5):783-790. 2001.
5. BROCKETT, C.L., MORGAN, D.L., & PROSKE, U. Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 36(3):379-387. 2004.
6. CARLING, C. Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *J Sports Sci*. 28(3): 319–326. 2010.
7. CASÁIS, L. Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts Med Esport*. 43:30-40. 2008.
8. DE HOYO, M., POZZO, M., SAÑUDO, B., CARRASCO, L., GONZALO-SKOK, O., DOMÍNGUEZ-COBO, S., & MORÁN-CAMACHO, E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 10(1):46-52. 2015.
9. DELLAL, A., CHAMARI, K., OWEN, A.L., WONG, D.P., LAGO-PENAS, C., & HILL-HAAS, S. Influence of technical instructions on the physiological and physical demands of small-sided soccer games. *Eur J Sport Sci*. 11(5):341–346. 2011.

10. DI SALVO, V., BARON, R., TSCHAN, H., CALDERON MONTERO, F. J., BACHL, N., & PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med.* 28(3): 222-227, 2007.
11. EKSTRAND, J., HÄGGLUND, M., & WALDÉN, M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 39(6):1226-1232, 2011.
12. EKSTRAND, J. Keeping your top players on the pitch: the key to football medicine at a professional level. *Br J Sports Med.* 47(12):723-724, 2013.
13. EKSTRAND, J., WALDÉN, M., & HÄGGLUND, M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med.* 50(12):731-737, 2016.
14. FRECKLETON, G., & PIZZARI, T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 47(6):351-358, 2013.
15. GABBETT, T.J. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* 50(5):273-280, 2016.
16. GERHARDT, M. The “MLS Groin Injury Prevention Protocol”, *Training & Conditioning.*17, 2007.
17. HÄGGLUND, M., WALDÉN, M., BAHR, R., & EKSTRAND, J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *Br J Sports Med.* 39(6):340-346, 2005.
18. HAWKINS, R., & FULLER, C. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med.* 33(3):196-203, 1999.
19. HAWKINS, R., HULSE, M., WILKINSON, C., HODSON, A., & GIBSON, M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med.* 35(1):43-47, 2001.
20. HIBBS, A.E., THOMPSON, K.G., FRENCH, D., WRIGLEY, A., & SPEARS, I. Optimising performance by improving core stability and core strength. *Sports Med.* 38(12):995-1008, 2008.
21. HORTOBÁGYI, T., HOUMARD, J., FRASER, D., DUDEK, R., LAMBERT, J., & TRACY, J. Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *J Appl Physiol.* 84(2):492-498, 1998.

22. MALLO, J., GONZÁLEZ, P., VEIGA, S., & NAVARRO, E. Injury incidence in a spanish sub-elite professional football team: a prospective study during four consecutive seasons. *J Sports Sci Med.* 10(4):731-736, 2011.
23. McCALL, A., DUPONT, G., & EKSTRAND, J. Injury prevention strategies, coach compliance and player adherence of 33 of the UEFA Elite Club Injury Study teams: a survey of teams' head medical officers. *Br J Sports Med.* 50(12):725-730, 2016.
24. MELEGATI, G., TORNESE, D., GEVI, M., TRABATTONI, A., POZZI, G., SCHONHUBER, H., & VOLPI, P. Reducing muscle injuries and reinjuries in one italian professional male soccer team. *Muscles Ligaments Tendons J.* 3(4):324-330, 2014.
25. NOYA, J., & SILLERO, M. Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Med Esport.* 47:115-123, 2012.
26. ORCHARD, J., MARSDEN, J., LORD, S., & GARLICK, D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med.* 25(1):81-85, 1997.
27. OWEN, A., WONG, D.P., MCKENNA., M., & DELLAL, A. Heart rate responses and technical comparison between small- vs. large-sided games in elite professional soccer. *J Strength Cond Res.* 25(8):2104–2110, 2011.
28. OWEN, A., WONG, P., DELLAL, A., PAUL, D.J., ORHANT, E., & COLLIE, S. Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. *J Strength Cond Res.* 27(12):3275-3285, 2013.
29. OWEN, A., DUNLOP, G., ROUISSI, M., CHTARA, M., PAUL, D., ZOUHAL, H., & WONG, P. The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *J Sports Sci.* 33(20):2100-2105, 2015.
30. PROSKE, U., & MORGAN, D.L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol.* 537:333-545, 2001.
31. PRICE, R.J., HAWKINS, R.D., HULSE, M.A., & HODSON, A. The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *British Journal of Sports Medicine.* 38(4):466-471, 2004.

32. THACKER, S.B., STROUP, D.F., BRANCHE, C.M., GILCHRIST, J., GOODMAN, R.A., & PORTER-KELLING, E. Prevention of knee injuries in sports. A systematic review of the literature. *J Sports Med Phys Fitness*. 43(2):165-179, 2003.
33. VAN BEIJSTERVELDT, A.M., VAN DE PORT, I.G., KRIST, M.R., SCHMIKLI, S.L., STUBBE, J.H., FREDERIKS, J.E., & BACKX, F.J. Effectiveness of an injury prevention program for adult male amateur soccer players: A cluster randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 17(1):e2, 2008.
34. VAN WINCKEL, J., HELSEN, W., MCMILLAN, K., TENNEY, D., MEERT, J.P., & BRADLEY, P. *Fitness in soccer: the science and practical application*. Leuven: Moveo Ergo Sum, 2014.
35. WALDÉN, M., HÄGGLUND, M., & EKSTRAND, J. Injuries in Swedish elite football--a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scand J Med Sci Sports*. 15(2):118-125, 2005.
36. WILLSON, J.D., DOUGHERTY, C.P., IRELAND, M.L., & DAVIS, I.M. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg*. 13(5):316–325, 2005.
37. WOODS, C., HAWKINS, R., HULSE, M., & HODSON, A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med*. 36(6):436-441. 2002.
38. WOODS, C., HAWKINS, R.D., MALTBY, S., HULSE, M., THOMAS, A., & HODSON A. The Football Association Medical Research Programme: An audit to injuries in professional football – analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*. 38(1):36-41. 2004.

CAPÍTULO 7: Conclusiones generales.

Conclusiones generales

Los estudios que se han realizado nos han proporcionado información interesante sobre como el entrenamiento de fuerza puede ser beneficioso para los jugadores de fútbol, tanto para la mejora del rendimiento físico-deportivo como en la prevención de lesiones: hemos comprobado que la aplicación de un entrenamiento de fuerza utilizando un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica produce como resultado la mejora en diferentes variables relacionadas con el rendimiento en fútbol. La mejora de la potencia del tren inferior, tanto unilateral como bilateral, se ha visto reflejada en la capacidad de salto de los futbolistas, no así en el sprint lineal ni en los tiempos en COD. Solamente en el % de pérdida por cambiar de dirección hacia la derecha.

Por otro lado, y tras haber comparado los efectos de dos programas de entrenamiento neuromuscular (orientación vertical vs horizontal), hemos podido comprobar que cada uno de los protocolos tiene unos efectos diferentes sobre variables determinantes del rendimiento, en función de los patrones de movimiento utilizados, lo cual nos da una información muy útil para la programación del entrenamiento a lo largo de la temporada con futbolistas jóvenes, donde el entrenamiento neuromuscular de orientación horizontal parece ser más efectivo para la optimización de su rendimiento físico.

Respecto a la epidemiología lesional este trabajo nos ha permitido conocer la realidad lesional de una cantera de un equipo de fútbol profesional, diferenciando estos resultados en función cada categoría, lo que proporciona una información interesante para la posterior aplicación de protocolos preventivos, como el hecho de que a mayor categoría la incidencia lesional es más elevada, o que las lesiones musculares son las más comunes en todas las categorías estudiadas. Además hemos podido comprobar que los centrocampistas son los jugadores que más se lesionan seguidos de los delanteros, dato útil a la hora de confeccionar las diferentes plantillas.

Y, por último, hemos podido comprobar como la aplicación de un programa preventivo de fuerza tiene efectos positivos, a corto plazo, en la reducción de la incidencia lesional respecto a lesiones musculares, aunque no están muy claros sus efectos a largo plazo.

Con los resultados obtenidos en el *Estudio 1* se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Aplicar un protocolo de entrenamiento inercial con sobrecarga excéntrica durante 6 semanas (12 sesiones) produjo mejoras en diferentes variables relacionadas con el rendimiento en futbolistas jóvenes de élite (U-16).
2. La potencia media y potencia pico, tanto bilateral como unilateral, se mejoran sustancialmente tras la aplicación del programa de entrenamiento, en relación al grupo control.
3. El incremento de la potencia del tren inferior se traduce en una sustancial (5.33%, 1.7 cm) mejora en la altura de salto vertical obtenida en el test CMJ.
4. Esta mejora en la potencia no se vio reflejada en la velocidad de sprint lineal ni en los tiempos en COD, ya que solamente se obtuvieron mejoras sustanciales en el % de pérdida por cambiar de dirección hacia la izquierda (33.3%, 0.1 s).
5. Se obtuvieron mejoras en la potencia media (117.7%, 223.7 W) y potencia pico (106.9%, 354.3 W) en solo 6 semanas. Esto demuestra la eficacia del entrenamiento inercial con sobrecarga excéntrica en la reducción de déficits en la potencia del tren inferior.
6. Aunque las mejoras tras la aplicación del protocolo de entrenamiento son claras en el GE respecto al GC, es necesario que los jugadores adquieran experiencia en este tipo de entrenamiento para lograr mayores mejoras.

Del *Estudio 2* se desprenden las siguientes conclusiones por los resultados obtenidos:

1. La aplicación de un programa de entrenamiento neuromuscular adicional durante 6 semanas (12 sesiones), con orientación prioritariamente vertical y horizontal, en futbolistas jóvenes de élite (U-17) produjo mejoras sustanciales en

diferentes variables relacionadas con el rendimiento en fútbol, en función del protocolo utilizado.

2. La combinación de ejercicios con sobrecarga excéntrica por medio de un dispositivo inercial con ejercicios pliométricos dio como resultado mejoras sustanciales (5.66%, 1.96 cm) en la capacidad de salto vertical (CMJ), derivado de una mejora en la VMP en diferentes cargas, aunque produjo una reducción del rendimiento en variables relacionadas con la velocidad. Este empeoramiento se vio influenciado por el aumento de peso en el post test por parte de los jugadores.

3. Un protocolo de entrenamiento neuromuscular basado en ejercicios de sprint lineal y con cambio de dirección con chaleco lastrado mejoró sustancialmente el tiempo en sprint de 10 m y COD 10+10 m en jugadores de fútbol jóvenes de élite.

4. Debido a que las mejoras conseguidas con cada protocolo se produjeron en diferentes variables, sería necesario combinar programas de entrenamiento de fuerza y velocidad durante la temporada para así poder optimizar la preparación de los futbolistas para la competición.

5. Un control del estado antropométrico de los jugadores en intervalos cortos de tiempo se hace fundamental para futuras investigaciones con futbolistas jóvenes.

Las conclusiones alcanzadas con los resultados obtenidos en el *Estudio 3* son las siguientes:

1. La incidencia lesional en la cantera de un equipo de fútbol fue significativamente mayor durante la competición que durante los entrenamientos, independientemente de la categoría.

2. En futbolistas profesionales, la incidencia lesional fue casi el doble que en equipos de cantera. Además, dentro de la propia cantera, esta incidencia fue mayor

en las categorías superiores, debido tanto a la edad como al nivel de exigencia competitiva a la que se sometió a los futbolistas.

3. El puesto específico con una mayor incidencia lesional fue el de centrocampista, y portero y centrocampista de banda fueron las posiciones cuya incidencia lesional fue más baja.

4. Las lesiones de severidad moderada fueron las más frecuentes dentro de los jugadores que pertenecían a esta cantera, resultados diferentes a los obtenidos con jugadores semi-profesionales donde las lesiones leves fueron más comunes.

5. Más del 95% de las lesiones que se producen en la cantera de un equipo de fútbol profesional tienen lugar en el tren inferior, siendo el muslo la zona más afectada, seguido de tobillo y cadera/íngle. En cuanto a la tipología, las lesiones musculares fueron las más comunes y la musculatura isquiotibial fue la que más lesiones sufrió.

6. Agosto fue el mes con mayor incidencia lesional, debido principalmente al elevado número de entrenamientos y partidos que se acumularon durante la pretemporada, por lo que es de vital importancia un adecuado control de la carga para prevenir lesiones, no solo durante la pretemporada, sino a lo largo de toda la temporada competitiva.

Del *Estudio 4* se extraen las siguientes conclusiones derivadas de los resultados obtenidos:

1. La aplicación de un entrenamiento de fuerza de carácter preventivo durante 10 semanas (20 sesiones), produjo en futbolistas jóvenes de élite (U-19) una reducción del número de lesiones musculares respecto a los valores obtenidos en la temporada anterior.

2. La combinación de ejercicios isométricos, concéntricos y excéntricos relativos a la musculatura del tren inferior, con focalización en la musculatura isquiotibial, tuvo un efecto preventivo, a corto plazo, sobre las lesiones musculares.
3. A pesar de la reducción del número de lesiones musculares tras la aplicación del programa de entrenamiento, los efectos preventivos a largo plazo no están tan claros, ya que no se obtuvieron resultados positivos en la reducción del número de lesiones durante la Fase II del estudio.
4. La realización del entrenamiento preventivo de fuerza se tradujo en una reducción del número de lesiones de la musculatura isquiotibial así como en el descenso del número de recaídas en la temporada experimental respecto a la temporada control.
5. La realización de los ejercicios incluidos en el presente entrenamiento demuestra el efecto protector del entrenamiento de fuerza, reduciendo la severidad de las lesiones musculares, aspecto que se refleja en que los días de bajas que producen dichas lesiones sean menores.
6. Una mayor duración de la intervención con el programa de entrenamiento de fuerza podría derivar en la reducción significativa del número de lesiones musculares a lo largo de la temporada completa.

CAPÍTULO 8: Limitaciones de la Tesis.

Limitaciones de la Tesis

Los estudios desarrollados para esta Tesis Doctoral, aunque cumplen con el protocolo de investigación científica, no están exentos de limitaciones. El hecho de que los estudios sean diferentes metodológicamente hablando, hace que cada uno presente unas limitaciones específicas.

En los dos primeros estudios, ambos considerados como experimentales longitudinales, encontramos la misma limitación, la cual se produjo debido a que los equipos de cantera estaban compuestos solamente por 18 jugadores de campo, y a pesar de utilizar una muestra aceptable, hubiera sido ideal poder intervenir sobre una población mayor. Respecto al estudio 1, destacar que encontramos otras limitaciones, como fue la duración del periodo de intervención (6 semanas) la cual se puede considerar escasa, y que unida al alto nivel de los jugadores que participaron en el estudio, dio como resultado la ausencia de mejoras significativas en las variables estudiadas relativas a la velocidad. Además, en este primer estudio existieron diferencias en algunas de las variables estudiadas relacionadas con la potencia entre el GE y el GC durante el pre-test. En el estudio 2, el aumento sustancial de la masa corporal en el GV pudo haber influido negativamente en los resultados relacionados con el tiempo de sprint lineal y con COD.

En el estudio 3, descriptivo correlacional, se realizó un seguimiento de las lesiones de toda la cantera de un club de fútbol profesional durante una temporada completa, periodo considerado como válido para la realización de los estudios epidemiológicos, sin embargo, hubiera sido interesante poder estudiar 2 o 3 temporadas consecutivas.

Por último destacamos que la principal limitación del estudio 4, experimental longitudinal, fue el período de intervención, el cual se prolongó durante 10 semanas. El objetivo del estudio fue conocer los efectos a corto y largo plazo del programa de entrenamiento de fuerza, por lo que este período se consideró suficiente para cubrir el objetivo propuesto. Sin embargo, y a la vista de los resultados obtenidos, pensamos que si la aplicación del programa de fuerza se hubiera prolongado durante más tiempo, los resultados sobre la prevención de lesiones hubieran sido mayores a lo largo de toda la temporada.

CAPÍTULO 9: Aplicaciones prácticas.

El fin de los cuatro estudios que componen esta Tesis Doctoral es aportar información útil respecto a parámetros concretos que forman parte y determinan el rendimiento en fútbol.

Las conclusiones que se destacan sobre los hechos observados y estudiados tienen como fin la aplicación al propio proceso de entrenamiento, para así poder obtener mejores resultados en la competición. Llevar a la práctica los resultados obtenidos en estas investigaciones es un hecho en la actualidad. El entrenamiento de fuerza adicional al entrenamiento regular es aplicado por la gran mayoría de los equipos de fútbol, ya sea para mejorar el rendimiento o para prevenir lesiones, por lo que conocer los efectos de los diferentes programas de entrenamiento de fuerza permitirá una selección adecuada de métodos y ejercicios en función de los objetivos deseados.

Gracias a las conclusiones obtenidas en el presente trabajo las aplicaciones prácticas son numerosas y entre ellas destacan las siguientes:

1. Con este protocolo de entrenamiento con sobrecarga excéntrica se mejora la potencia del tren inferior, aspecto que se ve reflejado en un incremento en altura de salto vertical y el porcentaje de pérdida de COD en un periodo de seis semanas. Luego este entrenamiento puede aplicarse a cualquier modalidad deportiva y lograr beneficios de fuerza en un corto periodo de tiempo.
2. Las mejoras obtenidas en la potencia de piernas son mucho mayores en la pierna débil de los futbolistas, por lo que es un método de entrenamiento muy efectivo a la hora de reducir déficits y prevenir lesiones, así como para su uso en la readaptación físico-deportiva.
3. Combinar el entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica con entrenamiento pliométrico produce mejoras en el salto vertical con contramovimiento y balanceo de brazos, cuyo patrón de movimiento es más cercano a los saltos que se realizan en fútbol, por lo que su aplicación a la competición es muy interesante.

4. Con solo 6 semanas de entrenamiento con chaleco lastrado se mejora la capacidad de aceleración y el COD, habilidades genéricas habituales en los deportes, especialmente en los deportes colectivos de cooperación-oposición como el fútbol, en el cual, son habilidades determinantes del éxito.
5. El estudio epidemiológico de la cantera nos da información sobre las características de las lesiones sufridas por futbolistas jóvenes, diferenciando por categorías, lo que nos permite el diseño y aplicación de programas preventivos específicos a las necesidades de cada una de las categorías.
6. En línea con el punto anterior, este estudio nos permite conocer los meses con mayor incidencia lesional, para así poder ser cautelosos con la carga de entrenamiento aplicada en dichos periodos, y los puestos específicos que sufren más lesiones a lo largo de la temporada, información muy útil a la hora de diseñar las plantillas.
7. El programa preventivo de fuerza propuesto está desarrollado sin ningún material adicional, realizándose con el propio peso corporal y la ayuda del compañero, con el fin de que cualquier equipo lo pueda llevar a la práctica dentro de la planificación del entrenamiento en fútbol.
8. Este programa produce efectos positivos, a corto plazo, en la reducción de la incidencia lesional, así como la reducción del número de lesiones musculares, de isquiotibiales y de recaídas a lo largo de la temporada, tras 10 semanas de aplicación, por lo que su inclusión en los entrenamientos de fútbol está justificada.
9. Todos los programas de entrenamiento estudiados en la presente Tesis Doctoral, y debido a sus características, son fácilmente aplicables dentro del proceso de entrenamiento en fútbol.
10. A nivel psicológico, variar la metodología de entrenamiento puede suponer una liberación y reducción de la presión para los futbolistas, habituados al mismo tipo de trabajo.

CAPÍTULO 10: Futuras líneas de investigación.

Los trabajos iniciados en esta Tesis Doctoral no son más que un nuevo paso para avanzar en el camino que nos lleve a optimizar el rendimiento en fútbol, con el firme propósito de optimizar el proceso de entrenamiento en este deporte, con los objetivos de mejorar los resultados en la competición y preservar la salud de los futbolistas.

Por ello no debemos parar aquí. Los resultados obtenidos nos abren las puertas a posteriores trabajos que, siguiendo una tendencia continuista, supondrán avanzar hacia futuros conocimientos. Proponemos, por tanto, las siguientes líneas futuras de trabajo:

1. A pesar de obtener resultados positivos en el incremento de la potencia del tren inferior, estos resultados no se vieron reflejados en mejoras en las variables relacionadas con la velocidad, por lo que sería interesante aplicar durante un período más extenso el mismo protocolo de sobrecarga excéntrica utilizado en el Estudio 1 y analizar sus efectos sobre la velocidad y sobre la prevención de lesiones.
2. Comparar un programa de entrenamiento basado en ejercicios pliométricos con otro compuesto por ejercicios con sobrecarga excéntrica utilizando un dispositivo inercial. También sería interesante conocer los efectos de diferentes dispositivos inerciales (Yo-yo vs Versapulley).
3. Ya que con el protocolo con chaleco lastrado se consiguieron mejoras en la aceleración y COD proponemos comparar este programa de entrenamiento con otro protocolo en el que se use un trineo como medio para para oponer resistencia al sprint.
4. Como trabajo descriptivo, se recomienda realizar un estudio epidemiológico durante 2 o más temporadas consecutivas, así como analizar las lesiones ocurridas en dos canchas de equipos de fútbol diferentes.
5. Aplicar el protocolo preventivo de fuerza diseñado para el Estudio 4 durante una temporada completa y comprobar su efectividad en la prevención de lesiones y en la mejora del rendimiento.

ANEXOS

ANEXO I: Consentimiento informado de los sujetos experimentales (mod. Estudio 1)

TESIS DOCTORAL

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN: Examinar los efectos de un entrenamiento específico de fuerza del tren inferior utilizando un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica durante 6 semanas sobre la capacidad de salto, la potencia máxima y la velocidad lineal y con cambio de dirección en un equipo de fútbol de élite U-16.

Durante la presente investigación se van a realizar las siguientes pruebas:

1. Un test de velocidad, sobre una distancia de 30 m, y se medirá el tiempo en 20 y 30m
2. Una batería de test de saltos en superficie dura (CMJ y Abalakov)
3. Una prueba de potencia del tren inferior en un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica.

Se registrarán los siguientes parámetros:

1. Tiempo de sprint
2. Altura de salto
3. Potencia de piernas bilateral y unilateral

Para el correcto desarrollo de la investigación es necesaria la colaboración de todo el personal que participe, de una forma u otra, en la misma ya que cualquier incidencia puede alterar notablemente los resultados de este proyecto.

Los resultados de esta investigación y los datos personales, serán tratados de forma confidencial.

Siendo conocedor y habiendo entendido el objetivo de este estudio, deseo participar en el mismo de manera voluntaria, para lo cual firmo lo siguiente:

Que yo, D. _____,
con DNI nº _____, deseo participar de manera voluntaria y en
calidad de “sujeto experimental” en los test de pruebas físicas y posteriores
entrenamientos que D. *Javier Raya González* va a realizar en la localidad de
_____ durante los meses de Febrero y Marzo del 2014

Firmado:

D./D^a _____, con
DNI: _____ he sido informado/a de esta investigación que se va a llevar a cabo
y AUTORIZO a mi hijo, D _____, menor de
edad, a participar en la misma.

Firmado:

ANEXO II: Ficha de datos personales y lesiones previas

I. DATOS PERSONALES DEPORTIVOS

<i>NOMBRE:</i>	<i>EDAD:</i>
<i>FECHA NACIMIENTO:</i>	<i>PESO:</i>
<i>ALTURA:</i>	<i>POSICIÓN:</i>
<i>MÓVIL:</i>	<i>EMAIL:</i>

II. DATOS RELATIVOS A LAS LESIONES DEPORTIVAS

<i>Temporada</i>	<i>Lesión</i>	<i>Duración</i>

- Indique si en la actualidad se encuentra lesionado

En _____, a ___ de _____ de _____

Firmado: _____

ANEXO III: Hoja de registro de lesiones Estudio 3

<i>Código</i>	<i>Posición</i>	<i>Edad</i>	<i>Altura</i>	<i>Peso</i>	<i>Pierna Dominante</i>

1A Fecha de la Lesión: _____ 1B: Fecha de la vuelta a la competición: _____

2A Parte del cuerpo lesionada

Cabeza/cara/cuello	Muslo	Tobillo
Espalda/tronco	Rodilla	Pie
Cadera/ingle	Pierna	Extremidades superiores

2B Parte del cuerpo lesionada

Derecha	Izquierda	No especificable
---------	-----------	------------------

3 Tipo de Lesión

Esguince	Contusión	Dislocación	Sobrecarga
Rotura	Fractura	Otra	

4 Diagnóstico: _____

5: ¿Ha sufrido el jugador alguna lesión previa de la misma tipología y localización?

Si

No

En caso afirmativo, indicar fecha de vuelta a la competición de la lesión anterior: _____

6 ¿Se trata de una lesión traumática o por sobreuso? _____

7 ¿La lesión se produjo por una colisión o contacto?

No


Si, con otro jugador

Si, con el balón


Si, con otro objeto o persona


8 ¿Ocurrió en entrenamiento o en partido? _____


ANEXO IV: Entrenamiento preventivo Estudio 4





**PROGRAMA PREVENTIVO
CORDOBA C.F. - FÚTBOL 11**




















DEPARTAMENTO DE PREPARACIÓN FÍSICA