

Efectos de la citrulina malato en la biomecánica de rodilla y la fatiga en mujeres corredoras



Universidad Zaragoza

Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

AUTOR:

Alvaro de Francia López

DIRECTOR:

Alejandro Gómez Bruton

Área de educación Física y Deportiva

FECHA DE LA DEFENSA: 4/6/2022

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INDICE DE ABREVIATURAS	5
INTRODUCCIÓN	6
IMPORTANCIA DE LA BIOMECANICA DE RODILLA.....	6
SUPLEMENTACIÓN CON CITRULINA.....	7
MUJERES E INVESTIGACIÓN.....	8
OBJETIVOS E HIPOTESIS	10
MATERIAL Y METODOS	11
COMITÉ DE ÉTICA	11
MUESTRA.....	12
INTERVENCIÓN	13
ANÁLISIS DE VARIABLES	21
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
RESULTADOS	23
DISCUSIÓN	26
LIMITACIONES	29
CONCLUSIONES	30
ANEXO	31
BIBLIOGRAFÍA	37

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La Citrulina Malato (CM) es un suplemento potenciador del Óxido nítrico (ON) y por lo tanto podría ser una posible ayuda ergogénica para disminuir los efectos negativos de la fatiga. Consecuentemente, podría tener transferencia en la biomecánica de la articulación de rodilla.

Existen estudios que muestren los efectos de la CM en atletas masculinos, pero muy pocos que lo estudien en atletas femeninas.

OBJETIVO PRINCIPAL: El objetivo del presente estudio es determinar si puede haber efectos positivos tanto en la fatiga como en la biomecánica de la articulación de la rodilla a nivel de valgo/varo en el plano sagital con la suplementación de Citrulina Malato en dosis de 8g consumida 45min antes de realizar las pruebas pertinentes explicadas más adelante.

MÉTODOS: Se trata de un estudio controlado, aleatorizado, doble ciego y cruzado. En este estudio participaron 10 mujeres sanas acostumbradas al ejercicio físico de entre 18-30 años, Se hicieron 2 sesiones de pruebas con cada una de ellas en las que en una de ellas tomaban CM y en otra placebo. Se hicieron 6min (10km/h), 6min 12km/h, una 5k y pruebas de salto tras cada prueba de carrera. Se registraron datos biomecánicos de carrera en el tapiz y en las pruebas de salto.

RESULTADOS: El análisis realizado muestra que no se encontraron diferencias significativas para las variables: rango de esfuerzo percibido (RPE), altura de salto (CMJ), o valgo/varo en el salto, entre la condición de Citrulina Malato (CM) y placebo (PLA)

CONCLUSIONES: La suplementación con Citrulina Malato (CM) en mujeres acostumbradas al ejercicio no tuvo ningún efecto positivo en las pruebas realizadas, siendo necesarios más estudios y una muestra mayor para aclarar sus efectos.

PALABRAS CLAVE: Citrulina Malato, Biomecánica de rodilla, Mujeres

ABSTRACT

INTRODUCTION: Citrulline Malate (CM) is a nitric oxide (NO) enhancer supplement and therefore could be a possible ergogenic aid to decrease the negative effects of fatigue. Consequently, it could have a transfer on the biomechanics of the knee joint.

There are studies that show the effects of CM in male athletes, but very few that study it in female athletes.

MAIN OBJECTIVE: The aim of the present study is to determine if there may be positive effects on both fatigue and biomechanics of the knee joint at the valgus/varus level in the sagittal plane with Citrulline Malate supplementation at a dose of 8g consumed 45min prior to performing the relevant tests explained below.

METHODS: This is a controlled, randomized, double-blind, crossover study. This study involved 10 healthy women used to physical exercise aged between 18-30 years, 2 test sessions were done with each of them in which in one of them they took CM and in another placebo. They did 6min (10km/h), 6min 12km/h, a 5k and jumping tests after each running test. Biomechanical running data were recorded on the running mat and in the jumping tests.

RESULTS: The analysis performed shows that no significant differences were found for the variables: range of perceived exertion (RPE), jump height (CMJ), or valgus/varus in the jump, between Citrulline Malate (CM) and placebo (PLA) conditioning.

CONCLUSIONS: Supplementation with Citrulline Malate (CM) in women accustomed to exercise had no positive effect in the tests performed, being necessary more studies and a larger sample to clarify its effects.

KEY WORDS: Citrulline Malate, Knee biomechanics, Women.

INDICE DE ABREVIATURAS

ATP – Adenosín Trifosfato

CM - Citrulina Malato

ON – Óxido Nítrico

HC – Hidratos de Carbono

CMJ – Contra Movement Jump

RPE – Rango de esfuerzo percibido

EIAS – Espina iliaca antero-superior

PLA - Placebo

LCA – Ligamento cruzado anterior

VAR – Varo de rodilla

VAL – Valgo de rodilla

DCHA – Derecha

IZDA - Izquierda

INTRODUCCIÓN

IMPORTANCIA DE LA BIOMECÁNICA DE RODILLA

La articulación de la rodilla siempre ha sido un punto crítico o un punto digno de observación en muchos de los deportes de equipo de elite debido a la gran prevalencia de lesiones que acaban con las carreras de los jugadores profesionales, ya que este tipo de lesiones condicionan un tiempo de baja deportiva de entre 6-9 meses (Javier Yanguas et al, 2011). A menudo, estas lesiones son de naturaleza sin contacto y la gran mayoría de ellas involucran un momento de valgo de la rodilla. Se trata de un patrón de movimiento disfuncional donde el fémur distal se aduce excesivamente y la tibia proximal se abduce excesivamente. Cuanto mayor es el valgo de rodilla, mayor es la fuerza de lateralización sobre la rótula, lo que aumenta la presión retropatelar entre la faceta lateral de la rótula y el cóndilo femoral, lo que puede causar síndrome de dolor patelofemoral (Gabriel. P, 2016)

Las atletas adolescentes que participan en deportes de pivote y salto sufren lesiones del LCA en una proporción de 4 a 6 veces mayor que los adolescentes varones que practican los mismos deportes (Hewett TE, 2005). Los investigadores encontraron que el valgo excesivo de la rodilla predijo una lesión del LCA con una sensibilidad del 73 % y un 78 % especificidad. (Arendt et al, 1995).

En la actualidad no se dispone de un método satisfactorio para detectar e identificar a los deportistas con mayor riesgo de sufrir una lesión del LCA. Sin embargo, el salto CMJ puede ser un muy buen reflejo de lo que está sucediendo en esa articulación en concreto. Este salto se ha utilizado en muchas de las investigaciones debido a la transferencia que tiene en la mayoría de los deportes con relación a las aceleraciones y

los cambios de dirección, acciones que suelen ser la causa de gran parte de las lesiones de LCA. (Fort Vanmeerhaeghe A, 2013)

Existen muchos factores que predisponen a una lesión de LCA, no obstante, uno de los factores clave que se cree que predisponen a la lesión de LCA es la fatiga, ya que puede provocar una alteración en la biomecánica de aterrizaje en las extremidades inferiores. (Santamaria LJ, 2010). Es por eso que resulta interesante para los deportistas de elite la medición, monitorización y corrección de estos ángulos de rodilla en el plano sagital en acciones con fatiga.

SUPLEMENTACION CON CITRULINA

La citrulina malato (CM), actúa como precursora del Óxido Nítrico (ON), una molécula que según González y Trexler (2020) interviene en gran medida a la función cardiovascular mediante la vasodilatación. Otros autores creen que, a través de la potenciación de la síntesis de esta molécula, se puede conseguir un aumento considerable de la mejora de la función muscular, la fatiga durante el ejercicio y la recuperación después de este, desarrollando la hipótesis de que aumentando los niveles de ON a través de la suplementación, podría conseguirse un aumento significativo del rendimiento deportivo (Béscos et al, 2012)

Tras la base de esta hipótesis podemos encontrar el motivo de elección de CM, y es que la L-Citrulina es un aminoácido no esencial que tiene la propiedad de poder aumentar la síntesis de ON y por tanto sus niveles corporales. Esto, tiene como consecuencia una vasodilatación, lo que propiciara un aumento del suministro de oxígeno que llega a los músculos y por tanto un aumento del rendimiento. (Béscos et al 2012)

Después de comprobar que la L-Citrulina era capaz de aumentar los niveles de ON, durante estos últimos años, ha ganado popularidad en la comunidad científica y en el ámbito de la suplementación deportiva.

En el mundo de la suplementación, la L-Citrulina se puede encontrar normalmente mezclada con Malato; un aminoácido que según autores como Bécós et al (2012) puede mejorar la producción de energía mediante ATP. Es posible que la combinación de L-Citrulina con Malato, tenga efectos positivos en el rendimiento a nivel intramuscular (Wax et al, 2015), sin embargo, no existen muchas investigaciones que comparen el efecto en solitario de la L-Citrulina en contraposición al efecto de la combinación de L-Citrulina con Malato (CM) para ver si realmente el Malato aporta alguna mejora (Gough et al, 2021).

En la mayoría de las investigaciones y revisiones consultadas se concluye siempre con la falta de efectos relevantes y positivos de la suplementación a través de CM sobre el rendimiento deportivo general. Este hecho puede ser debido a la diferencia de protocolos entre las diferentes investigaciones, y es que la mayoría de los proyectos proponen y analizan el ejercicio anaeróbico y solo unos pocos el aeróbico ya que se tiene la hipótesis de que se pueden obtener mejores resultados de ese modo.

La escasez de estudios en los que se trate la suplementación con CM mediante protocolos de ejercicio aeróbico, además de la falta de estudios en mujeres ha propiciado la presente investigación.

MUJERES E INVESTIGACIÓN

A pesar de que existen grandes diferencias entre mujeres y hombres a nivel bioquímico, genético, celular y fisiológico, lo que puede parecer en un principio una oportunidad para ofrecer claridad sobre el sexo femenino en muchos campos de la ciencia, no existen

muchos estudios que valoren u opten por la inclusión de poblaciones femeninas en la investigación biomédica.

Esto pone en entredicho la validez externa de sus resultados, ya que dichos resultados únicamente se limitarían al sexo masculino debido a sus grandes diferencias. Muchos de estos estudios son difíciles de extrapolar de un sexo a otro, pues dichos parámetros exhiben comportamientos diferentes en mujeres y hombres.

Es cierto que las mujeres son una población de investigación un tanto compleja por la cantidad de factores extra que se deben tener en cuenta a la hora de abordar una investigación (periodo de menstruación y los cambios hormonales asociados entre otros). La literatura científica que evalúa el efecto de la suplementación en mujeres es mucho más escasa que en hombres, observándose un claro ejemplo en una de las recientes revisiones sistemáticas publicadas evaluando el efecto de la citrulina sobre el rendimiento del ejercicio en humanos (González AM, 2020) en el que solo 10 estudios de 27 incluían a muestra femenina. Siendo el total de hombres que incluía la revisión de 377, frente a 193 mujeres.

El suplemento que se estudia en esta investigación (CM) no se caracteriza por tener mucha evidencia científica, además la mayoría de la evidencia se ha sacado de investigaciones en las que únicamente participaban hombres. existen muy pocos estudios de este suplemento en mujeres, por lo que consideramos que este estudio puede ser de gran importancia e interesante a la hora de conocer los efectos de la CM en este colectivo.

La gran mayoría de las investigaciones sobre este suplemento, estudian sus efectos en pruebas de resistencia, no obstante, también existen estudios con protocolos de fuerza o potencia. Sea como sea parece ser que la ambigüedad obtenida en los resultados en la generalidad de los estudios pide que haya más investigaciones sobre este suplemento

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

OBJETIVOS:

- Comprobar el efecto ergogénico de la CM en mujeres en pruebas de resistencia aeróbica.
- Analizar el efecto ergogénico de la CM en la fatiga tras el ejercicio.
- Conocer el efecto ergogénico de la CM en la biomecánica de rodilla de las atletas.
- Estudiar si los ángulos de las articulaciones varían debido a la fatiga tanto en el salto como en la carrera en tapiz.

HIPÓTESIS:

Todas las hipótesis se basan en recientes estudios que han comprobado los efectos del suplemento CM en atletas de resistencia:

- La CM reducirá la fatiga provocada en la carrera tras el ejercicio
- La fatiga provocará un aumento en el valgo dinámico de rodilla
- La ingesta de CM reducirá el incremento del valgo dinámico de rodilla, producido por la fatiga.

MATERIAL Y MÉTODOS

COMITÉ DE ÉTICA

Este estudio ha sido previamente aprobado por el Comité de Ética de la Investigación en la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA).

Antes de presentar el proyecto al CEICA , se solicitó la a autorización para el estudio al gerente de la Universidad de Zaragoza, además, se entregó un documento en el que se explicaba de forma resumida los objetivos de la investigación aportando un breve resumen, un documento en el que se debía explicar cómo iba a ser la gestión de los datos de los participantes que se utilizasen en el estudio y el documento de información al participante y consentimiento informado (Anexo) que se les facilitó a cada uno de ellos antes de comenzar el estudio.

Cuando recibimos el visto bueno por parte del gerente de la Universidad de Zaragoza, comenzamos a elaborar la memoria del proyecto para el CEICA, en la cual teníamos que especificar detalladamente todos los aspectos del protocolo a realizar.

Este documento junto con el documento de información al participante y la autorización del gerente de Unizar se enviaron en tres ocasiones para conseguir la aprobación por parte del CEICA, que finalmente se consiguió el día 9 de mayo.

En línea con la participación en el estudio todas y cada una de las participantes fueron informadas de todos los aspectos del estudio, dando su consentimiento por escrito para participar.

MUESTRA

El reclutamiento de la totalidad de la muestra se hizo mediante el boca a boca en las diferentes facultades del campus universitarios de Huesca.

La muestra que se consiguió en un principio estaba compuesta de 10 mujeres sanas entrenadas de forma recreativa de un rango de edad de 18-30 años. Que hayan llevado a cabo entrenamientos de resistencia durante los últimos 6 meses y no sean fumadoras. En el momento de la prueba, ninguno de las participantes tenga cirugías o lesiones de rodilla/cadera recientes (últimos 6 meses), así como tampoco estén embarazadas.

En cuanto a la vestimenta deben llevar calzado deportivo estándar (el que utilicen habitualmente para correr siempre y cuando no sea ni maximalista ni minimalista), además la ropa deberá ser deportiva y el pantalón deberá ser corto para poder colocar los puntos de referencia de manera más sencilla. Los participantes no podrán ingerir cafeína durante ninguno de los dos días en los que se lleva a cabo el estudio, además, deberán hacer una dieta similar (rica en hidratos de carbono), tratando de respetar las horas de ingesta, para evitar que los resultados del estudio se vean influenciados por estas variables.

La muestra final se componía de un total de 9 de las diez participantes ya que una de ellas no logró terminar el protocolo adecuadamente,

INTERVENCIÓN

En total la investigación completa tuvo una duración de 26 días comprendidos entre el miércoles 18 de Mayo y el Martes 14 de Junio de 2022. La intervención para cada atleta duro un total de dos días en los que todos ellos realizaron las mismas pruebas y bajo las condiciones más similares posibles tanto para ellos entre los dos días que asistieron como para las demás atletas en sus respectivos días de medición.

En cuanto a las condiciones de los días previos a las intervenciones, las dietas de las participantes no podían variar excesivamente, procurando tener una preferencia por las dietas con bastante proporción de hidratos de carbono (HC). Además, estas no podrían ingerir cafeína en las 24 horas previas a la intervención.

Cada participante asistió dos días separados por un tiempo mínimo de 48h para evitar no realice las pruebas con cansancio acumulado por la prueba anterior. Tras firmar el consentimiento informado la atleta comenzaba a consumir la bebida; una botella de 50cl de agua mineral la cual podría contener una dosis de CM de 8g con una pastilla de Isostar Hydrate & Perform sabor limón (Valores nutricionales en la Figura 1) para camuflar el sabor que pudiese llegar a tener la citrulina, o por el contrario únicamente la pastilla de Isostar sabor limón si era placebo. La bebida se preparaba 15 minutos antes de que la atleta llegase al laboratorio.

	Valor Nutricional por cada 100g	% Valores de Referencia de Nutrientes (VRN) por cada 100g	Valor Nutricional por unidad	% Valores de Referencia de Nutrientes (VRN) por unidad
Valor energético (kcal)	358		86	
Valor energético (kJ)	1525		367	
Hidratos de carbono de los cuales (g)	79		19	
Azúcares (g)	75		18	
Sal (g)	3.4		0.82	
Vitamina C (mg)	78	98	19	24
Vitamina E (mg)	14	117	3.4	28
Vitamina B1 (Tiamina) (mg)	1.1	100	0.26	24
Potasio (mg)	383	19	92	5
Calcio (mg)	340	43	82	10
Magnesio (mg)	156	42	37	10

VRN = Valores de Referencia Nutricionales
 *Aporte nutricional diario para un adulto (8400 kJ/2000kcal)
 Una porción equivale a 24 g

Figura 1: Valores nutricionales Isostar Hydrate & Perform Limón

La decisión de que tomaba cada sujeto en cada prueba se hizo mediante la aplicación de Randomizer.org, además solamente el encargado de preparar las bebidas (persona externa a esta investigación) sabía lo que la atleta tomaba en cada momento.

PROCEDIMIENTO ANTES DE LAS PRUEBAS:

Tras darle la botella con la bebida, se indicaba a la atleta que tenía 5 minutos para terminarla. Antes de comenzar la ingesta, se procedía a tallar y pesar a la atleta (Báscula de plataforma SECA 635), tras esto se comenzaba a medir la talla de pie, tomar la temperatura del Laboratorio (Termómetro ambiental Acofar de infrarrojos sin contacto). En el momento que terminarse la bebida el cronometro (Tremblay CT) empezaba a contar. En este momento se realizaba un cuestionario IPAQ (Anexo), hacerle unas preguntas iniciales:

¿Sueles salir a correr habitualmente? (Distancia o tiempo)
¿Tienes marca en 5k o 10k?
¿Has corrido alguna carrera en el último año? (distancia y tiempo)
¿Estas acostumbrada a correr en tapiz?
¿Estas actualmente con el período menstrual?
¿Has tomado cafeína?
¿Qué has comido hoy? (desayuno, almuerzo, comida, merienda)
¿Practicas algún deporte? ¿Cual?
Frecuencia de entrenamiento
¿Has sufrido algún tipo de lesión en el último año?
¿Eres alérgica a algún tipo de sustancia a tener en cuenta?
¿Estas tomando algún medicamento?

Figura 2: Preguntas Iniciales

Tras las preguntas se procedía a explicarle el recorrido que debía realizar en la última prueba en la que tenía que recorrer 1,5 vueltas al circuito establecido en la Figura 3 para completar 1500m, explicar la técnica de salto (CMJ) que utilizaríamos en la plataforma y finalmente para ponerle el pulsómetro (Polar A300) y su respectiva banda pectoral de la misma marca.

COMIENZO DE LAS PRUEBAS:



Figura 3: Esquema del recorrido

En el minuto 13 la atleta se subía al tapiz rodante para colocarle la máscara de gases y conectarla al analizador. Un minuto después, en el minuto 14 comenzaba el calentamiento en el tapiz rodante, este estaba compuesto de dos periodos de 6 minutos; El primer periodo sería andar a una velocidad de 6km/h, seguido de un periodo de trote a 8km/h, En cada uno de estos periodos, en el minuto 4 y durante 30 segundos, comenzábamos a registrar variables biomecánicas como: Stride angle, tiempo de contacto, amplitud de zancada, y otras como la frecuencia cardiaca (Variables no utilizadas en presente TFG). Tras acabar ambas velocidades, la atleta nos indicaba que percepción de esfuerzo tenía tras esa velocidad a través de la escala de Borg (1-10). Este calentamiento en tapiz terminaría en el minuto 27 del protocolo. Tras finalizar el calentamiento en tapiz rodante, tendríamos 7 minutos para hacer un calentamiento basado en ejercicios y estiramientos dinámicos, enfocado hacia la mejora del rendimiento en salto

El calentamiento que utilizamos para el protocolo estaba compuesto de un total de siete ejercicios. Este calentamiento se comparó con otros tipos de calentamiento en un estudio previo y este fue con el que más rendimiento se obtuvo en el rendimiento en el salto CMJ (Jeffrey C, 2012)

EJERCICIOS DE ESTIRAMIENTOS DINAMICOS	
Marcha con piernas rectas	X2
Talones al glúteo	
Carioca	
Skipping	
Zancada hacia atrás con rotación de tronco	
Pasos laterales	
Avance con sentadilla	

Figura 4: Ejercicios del Calentamiento adaptado de (Jeffrey C, 2012)

Este calentamiento se llevó a cabo de manera que se hacían 20 segundos de trabajo y 10 de descanso para cada ejercicio, pasando después al siguiente ejercicio. Estos siete ejercicios se realizaron durante un total de dos rondas.

En el minuto 34 comenzaría un descanso de 10 minutos en el que aprovecharíamos para colocar los marcadores necesarios para evaluar los ángulos articulares en el salto, estos se colocarían de dos formas; mediante rotulador (punto medio de la rótula, punto ilioespinal, en la espina iliaca antero-superior (EIAS) punto iliocostale y en un punto céntrico entre la unión lateral del fémur y la tibia a la altura del punto patellare) y mediante cinta adhesiva en el trocánter mayor del fémur, maléolo tibial y en la parte anterior del astrágalo que ubicábamos con los cordones de las zapatillas

A continuación, se pueden ver reflejados estos puntos anteriormente citados en las imágenes de las figuras:

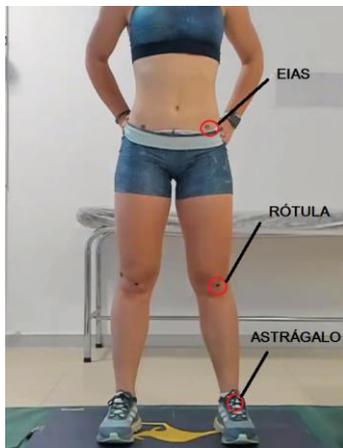


Figura 5: Puntos en el plano frontal.



Figura 6: Puntos en el plano sagital.



Figura 7: Punto del astrágalo

Con los marcadores puestos comenzábamos con los saltos CMJ. Estos se grababan en el plano sagital con un I Phone 13Pro sobre un trípode a una distancia de 1,50m y en el plano frontal con una cámara Logitech Brio 4K sobre otro trípode a otros 1,50m de distancia.

La atleta se colocaba en la plataforma con los pies en línea con la cadera, totalmente paralelos y con las manos en la cintura sin tapar los marcadores para realizar tres saltos cuya altura sería registrada por la plataforma ChronoJump.

Tras los 10 minutos, en el minuto 44 la atleta se subiría a la cinta para volver a colocarse la máscara de gases y prepararse para la primera prueba en tapiz rodante, esta sería una carrera de 6min a una velocidad de 10km/h. Como he mencionado anteriormente, en el minuto 4 de la prueba comenzaríamos a registrar variables biomecánicas con el Optogait durante 30 segundos, además de datos sobre el intercambio gaseoso a través del analizador de gases durante el minuto 4-5.

Tras acabar la prueba de 10km/h, nos indicaban el RPE a través de la escala de Borg (1-10), la atleta se quitaba la máscara de gases, se le ayudaba a bajar de la cinta e iba directamente a la plataforma de saltos a realizar los tres CMJ pasando entre el final de la carrera y el inicio del primer salto menos de 1 minuto.

El descanso tras los saltos debería acabar en el minuto 60, donde comenzaríamos a colocarle la máscara de nuevo para subir a la cinta para hacer la última prueba en tapiz de 6 minutos a 12km/h. Como he mencionado anteriormente, en el minuto 4 de la prueba comenzaríamos a registrar variables en el Optogait durante 30 segundos.

Tras acabar la carrera de 12km/h en el minuto 67, nos indicaba el RPE a través de la escala de Borg (1-10) la participante volvía a quitarse la máscara por última vez para posicionarse en la plataforma y realizar los saltos.

Como en la vez anterior, antes de ello nos asegurábamos de que los marcadores que utilizábamos para registrar los ángulos articulares en el salto estaban en buenas condiciones, y si no lo estaban los volvíamos a colocar en sus respectivos lugares.

Después de terminar los saltos en la plataforma y registrar el tercer test de saltos, la participante tenía hasta el minuto 77 del protocolo para tomar un descanso antes de iniciar la última prueba, en la que tendría que hacer una distancia de 1500m al máximo ritmo posible para ella.

Unos dos minutos antes de empezar la prueba, le acompañábamos hasta el inicio del recorrido que habíamos planteado para la prueba y una vez pasaba el tiempo de descanso, comenzaba la prueba.

Uno de nosotros acompañaba a la participante con la bicicleta durante todo el recorrido para evitar que se equivocase de camino y la prueba no fuese válida. Otro de nosotros se encargaba de tomar el tiempo con un cronómetro mientras que la participante llevaba un pulsómetro con GPS y cronómetro (Tremblay CT) para contrastar ambos tiempos y registrar esas variables.

La carrera de 1500m terminaría al lado del pabellón donde teníamos todo el material, por lo que una vez la participante había cruzado la meta le preguntábamos por última vez cuál era su estado en la escala de Borg y subíamos a la plataforma de saltos para realizar la última prueba del protocolo. Desde que termina la carrera hasta que esta subida en la plataforma para realizar los saltos establecimos un tiempo máximo de unos 2 minutos.

Una vez que la participante realizaba los tres CMJ sobre la plataforma de saltos y habíamos registrado todos ellos se daba por finalizado el protocolo. No sin antes

A continuación, se presenta una hoja esquema que se utilizó como guía para llevar a cabo el protocolo adecuadamente (Figura 8):

ACCIÓN	MINUTO DE COMIENZO	DURACIÓN	BLOQUES DE TIEMPO	OBSERVACIONES
-Explicar protocolo, leer y firmar. -Tallar y pesar. -Introducir datos de participantes en Optogait, analizador y plataforma.	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Dejar todo preparado antes de que tome la bebida.
Bebida con placebo/citrulina	Inicio crono	Máx 5 min	Inicio crono	Iniciar crono cuando acabe de tomar la bebida.
-IPAQ. -Preguntas iniciales. -Explicar Recorrido. -Explicar técnica de salto (prueba). -Explicar calentamiento guiado. -Colocar pulsómetro.	Minuto 0	13'	14'	
Subir cinta + colocar máscara	Minuto 13	1'		Importante que en el 13' esté subida en cinta colocando máscara.
Calentamiento andar a 6 km/h	Minuto 14	6'	12'	
Calentamiento trote a 8 km/h	Minuto 20	6'		
Calentamiento guiado	Minuto 27	7'		
Colocar marcadores + 1º test de saltos	Minuto 34	10'	18'	Dentro de este bloque de tiempo debemos realizar todas las tareas, aunque no se cumplan los tiempos del bloque. Hay descanso para hacer el 1º test de saltos sin fatiga.
Subir cinta + colocar máscara	Minuto 44	1'		Importante que en el 44' esté subida en cinta colocando máscara.
Carrera por debajo de umbral a 10 km/h	Minuto 45	6'		
Acaba carrera a 10 km/h	Minuto 51	20"		Transición de velocidad para no parar de golpe.
Transición plataforma	Minuto 51,20	1'		Aprovechar este minuto para remarcar los puntos marcadores para Kinovea.
2º test de saltos	Minuto 52,20	Indiferente	16'	
Subir cinta + colocar máscara	Minuto 60	1'		Importante que en el 60' esté subida en cinta colocando máscara.
Carrera por encima del umbral a 12 km/h	Minuto 61	6'		
Acaba carrera a 12 km/h	Minuto 67	20"		Transición de velocidad para no parar de golpe.
Transición plataforma	Minuto 67,20	1'		Aprovechar este minuto para remarcar los puntos marcadores para Kinovea.
3º test de saltos	Minuto 68,20	Indiferente	16'	
Carrera por exterior 1500 m.	Minuto 77	X'		
Acaba carrera de 1500 m.	Minuto X	X+2'	Indiferente	2' para subir al laboratorio y hacer último test de saltos.
4º test de saltos	Minuto X+2	Indiferente		

Figura 8: Guía del protocolo

ANÁLISIS DE VARIABLES

Tras completar con éxito el protocolo, muchas variables habían podido ser analizadas durante el propio transcurso de este, no obstante, muchas otras como los ángulos de valgo y varo o la flexión de cadera y rodillas en el CMJ en los planos sagital y frontal se analizaron fuera del transcurso del protocolo a través del software Kinovea.

Finalmente nos decidimos por analizar únicamente los ángulos correspondientes al plano coronal (valgo y varo de rodilla), siendo estos los que creímos más importantes para el objetivo de la investigación.

El valgo y el varo de rodilla se determinó en función de su valor como el cruce entre dos líneas:

1. Línea formada por el punto EIAS y el punto céntrico en la rótula (Figura 5).
2. Línea formada del punto céntrico de la rótula hasta el punto anterior del astrágalo colocado en la zapatilla (Figura 7)

Al evaluar los ángulos provocados por estas líneas hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Si el ángulo en la pierna derecha es positivo (+) se tratará de valgo
- Si el ángulo en la pierna derecha es negativo (-) se tratará de varo
- Si el ángulo en la pierna izquierda es positivo (+) se tratará de varo

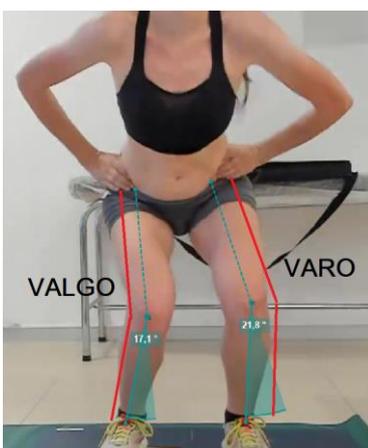


Figura 9: Ejemplo de valgo y varo de rodilla

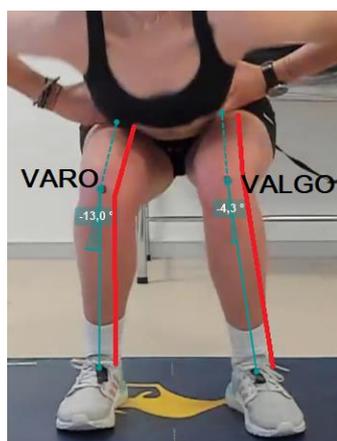


Figura 10: Ejemplo de varo y valgo de rodilla

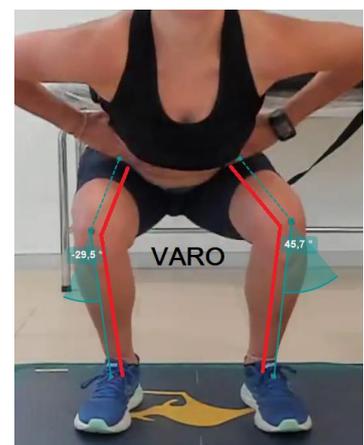


Figura 11: Varo en ambas piernas

- Si el ángulo en la pierna izquierda es negativo (-) se tratará de valgo

Una vez que se determinaba como Valgo o Varo, se establece de forma que el Valgo se representase en positivo (+) y el Varo en negativo (-)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa Jamovi® para realizar el análisis estadístico. La normalidad se comprobó mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk para todas las variables cinemáticas. Los datos cuantitativos, referidos a los valores angulares de los valgos y varos de rodillas y flexión de cadera y rodillas, para los planos sagital y frontal, fueron analizados por el mismo examinador, estableciéndose un coeficiente de variación de 2,3 para el plano frontal.

Para comparar las condiciones (CM y placebo) se utilizó la prueba t-student para muestras relacionadas. Además, se realizó un test de medidas repetidas para cada una de las condiciones con el objetivo de ver los posibles efectos que provocaba la fatiga sobre las variables de interés (Valgo/varo de rodilla, RPE, Altura de salto Máxima, Media de altura de salto).

RESULTADOS

En esta primera tabla se puede ver resumida algunas de las características de la muestra utilizada para el estudio, estas variables son IMC, peso (kg), talla (cm), y la edad de los participantes.

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
IMC	22.4	2.35	19.6	25.8
PESO (KG)	59.9	6.48	51.5	70.4
TALLA (CM)	163	6.12	151	171
EDAD	22.0	1.87	19	26

Tabla 1

En la tabla 2 se muestra la calidad del cegado del estudio, observando que los aciertos y los errores componen un porcentaje similar en la muestra concluimos que el estudio estuvo cegado con éxito y realmente las atletas no eran capaces de distinguir lo que tomaban.

	Total	Aciertos	Errores	% Acierto	%Error
MUESTRA	9	5	4	55%	45%

Tabla 2

La tabla 3 muestra la comparativa de la variable RPE para las velocidades de 8km/h, 10km/h, 12km/h y la prueba de 1500m entre ambas condiciones de Placebo y Citrulina. No se encontraron diferencias significativas para ninguna de las pruebas, por lo que a priori la CM no tendría ningún efecto en el rango de esfuerzo percibido (RPE). No obstante, podemos observar que aumenta de manera significativa ejercicio tras ejercicio.

Condición	8KM/H		10KM/H		12KM/H		1500M	
	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA
Media (Escala Borg)	2.33 ^{o-^}	2.56 ^{o-^}	4.22 ^{*^}	4.44 ^{*^}	6.78 ^{*^o}	6.78 ^{*^o}	8.89 ^{*o-}	8.56 ^{*o-}
Diferencia de Medias	0.222		0.222		0.000		-0.333	
p	0.512		0.665		1.000		0.195	
Cohen	0.229		0.150		0.000		-0.471	

*P<0,05 para la comparativa frente a 8km/h dentro de la misma condición

°P<0,05 para la comparativa frente a 10km/h dentro de la misma condición

°°P<0,05 para la comparativa frente a 12km/h dentro de la misma condición

^P<0,05 para la comparativa frente a 1500m dentro de la misma condición

Tabla 3

En la tabla número 4 se muestra la comparativa de la variable Mejor salto de cada tanda de saltos entre ambas condiciones de Placebo y Citrulina. Al igual que en el ejemplo anterior, tampoco se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las tandas.

(Tabla 4)

Condición	MEJOR SALTO 1		MEJOR SALTO 2		MEJOR SALTO 3		MEJOR SALTO 4	
	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA
Media (cm)	26.4	26.6	26.4	27.0	26.8	27.0	27.9	27.2
Diferencia de Medias	0.160		0.646		0.181		0.750	
p	0.560		0.162		0.796		0.142	
Cohen	0.203		0.514		0.089		0.542	

Tabla 4

En la misma línea en cuanto a los saltos encontramos la tabla 5, la comparativa de la variable Media de salto de cada tanda de saltos entre ambas condiciones de Placebo y Citrulina. No se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las tandas. No obstante, hay diferencias significativas entre los saltos 1 y 2 para la condición de CM

(Tabla 5)

Trabajo de fin de Grado: Alvaro de Francia López

Condición	MEDIA SALTO 1		MEDIA SALTO 2		MEDIA SALTO 3		MEDIA SALTO 4	
	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA
Media (cm)	24.7 ^o	25.8	26.4*	26.0	26.0	25.8	26.3	26.9
Diferencia de Medias	1.036		-0.371		-0.241		0.506	
p	0.041		0.407		0.747		0.292	
Cohen	0.812		-0.292		-0.111		0.376	

*P<0,05 para la comparativa frente a MEDIA SALTO 1 dentro de la misma condición

^oP<0,05 para la comparativa frente a MEDIA SALTO 2 dentro de la misma condición

Tabla 5

Esta tabla 6 se muestra la comparativa de la variable máximo varo o valgo en el de salto tanto en la pierna izquierda como en la derecha en cada tanda de saltos entre ambas condiciones de Placebo y Citrulina. Igual que en las variables anteriores, no se encontraron diferencias significativas entre los valgos de ninguna de las piernas en ninguna de las tandas.

PIERNA DERECHA	MAX VALGO 1		MAX VALGO 2		MAX VALGO 3		MAX VALGO 4	
	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA
Condición	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA
Media (°)	-15.6	-14.7	-13.4	-15.1	-12.4	-21.3	-12.1	-15.7
Diferencia de Medias	0.944		-1.667		-8.933		-3.678	
p	0.803		0.787		0.075		0.238	
Cohen	0.0858		-0.0930		-0.6824		-0.4254	

PIERNA IZQUIERDA	MAX VALGO 1		MAX VALGO 2		MAX VALGO 3		MAX VALGO 4	
	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA
Condición	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA	CM	PLA
Media (°)	-26.2	-20.1	-23.0	-23.3	-20.5	-23.9	-20.6	-22.1
Diferencia de Medias	6.090		-0.322		-3.356		-1.433	
p	0.359		0.945		0.075		0.549	
Cohen	0.3242		-0.0239		-0.6830		-0.2087	

Tabla 6

DISCUSIÓN

Entre los objetivos que se querían abordar en este estudio, además de comprobar el efecto ergogénico que podía llegar a tener una dosis de 8g en mujeres acostumbradas al ejercicio físico en pruebas de resistencia, existían otros dos objetivos que también cobraban todavía más importancia en la investigación: El primero era el de detectar si la CM podía llegar a tener algún tipo de mejora en la fatiga durante estas pruebas, y en relación con esa fatiga, ver había algún cambio considerable en la biomecánica de rodilla.

Tras realizar el estudio y un análisis exhaustivo de los datos recogidos, en línea con la hipótesis de que la CM podría disminuir la fatiga en pruebas de resistencia para esta muestra, no encontramos diferencias significativas que probasen que la CM pueda aportar algún efecto positivo en la percepción de esfuerzo y de fatiga.

Estos resultados podrían coincidir con los de los estudios de Hickner RC (2006) en el que el tiempo hasta el agotamiento en la cinta rodante fue menor después de la ingesta de citrulina que durante los ensayos con placebo, que a su vez estuvo acompañado por una calificación más alta de esfuerzo percibido durante el ejercicio en el L-citrulina en comparación con la condición de placebo.

Encontramos otros estudios como los de Cufffine B (2016) y Cutrufello FT (2014) en los que se hacían protocolos de resistencia con cicloergómetro en los que se demostró que la suplementación aguda de 12 g de CM no brindaba beneficios ergogénicos en este caso en hombres bien entrenados.

También existen estudios en los que se mide la fatiga con protocolos de ejercicios de fuerza como el de Wax et al, 2015, donde se llevaba a cabo un protocolo con levantadores

de peso para el tren inferior donde tampoco se pudieron encontrar diferencias en las acumulaciones de lactato entre el CM y el placebo

Otros como Pérez Guisado (2010) por el contrario, en base a sus resultados en un protocolo similar de ejercicios de fuerza, pero en este caso para el tren superior puede conferir un beneficio de entrenamiento y/o rendimiento a los atletas que realizan ese tipo de ejercicios anaeróbicos de alta intensidad, como el entrenamiento de fuerza o sesiones de sprint que comprometen significativamente el metabolismo anaeróbico y que provocan un aumento del lactato.

En la misma línea, cabe mencionar que podemos encontrar otros suplementos mucho más estudiados como la cafeína, de los cuales si hay evidencias claras de que ayudan a la reducción de la fatiga y RPE. Meta-análisis como el de Doerthy M y Smith PM (2005)

En cuanto al análisis de la biomecánica de rodilla, se debe hacer hincapié en que el análisis de movimiento 2D es un método con buena fiabilidad para evaluar los valores angulares de las articulaciones de los miembros inferiores, tanto en el plano sagital como en el frontal, durante el aterrizaje de las atletas, incluso después de la aplicación del protocolo de agotamiento (Carvalho CAM, 2021). A pesar de ello, en cuanto a las variables Máximo valgo y media de Valgo en las diferentes tandas de saltos, tampoco logramos encontrar diferencias que puedan probar que la CM pueda causar algún efecto positivo en la biomecánica de rodilla como el de disminuir el ángulo de valgo. Lamentablemente en este caso no existen artículos que hayan investigado el efecto de la CM en estas variables biomecánicas por lo que únicamente podremos comparar los resultados obtenidos con investigaciones que se basen únicamente en la investigación de estas variables o con otros suplementos

En cuanto a la variable de Altura máxima de salto y media de salto entre todas las tandas, no se encontró ningún indicio de que la suplementación con CM tuviese algún efecto positivo en el CMJ tras el protocolo de carrera en tapiz en comparación con el PLA.

Como se ha comentado anteriormente, prácticamente no existen estudios que traten la suplementación con CM para un protocolo de saltos, no obstante se ha encontrado un artículo que asegura que en una muestra donde los voluntarios habían ingerido PLA se observó un descenso significativo de la altura del salto en el SJ y en el CMJ tras una media maratón, sin embargo las alturas de salto en los voluntarios que habían ingerido zumo de sandía enriquecido con L-Citrulina se mantuvieron tras la competición (Aguayo Giménez (2016)

A pesar de no haber artículos que relacionen la suplementación con cm y los saltos con contra movimiento, si hay estudios con cafeína como el de Gómez Bruton et al (2021) en el que se demuestra el efecto positivo de la cafeína en diversas acciones relacionadas con los deportes de equipo como el CMJ en mujeres atletas.

LIMITACIONES

En el presente estudio podemos destacar dos limitaciones principales, una de ellas era el tamaño de la muestra con la que se realizó el estudio. En total este se ejecuto con un total de 9 atletas. Seguramente los resultados obtenidos respecto a muchas de las variables tendrían mucha mas relevancia si la muestra fuera mayor.

Otra de las limitaciones mas grandes del estudio era que la gran mayoría de las atletas no estaban acostumbradas a realizar pruebas en tapiz, por lo que la calidad de los resultados podría haber sido mayor al tratar con una muestra homogénea que estuviese acostumbrada a correr en el tapiz.

Otras limitaciones que podemos destacar pueden ser la diferencia de temperatura tanto en el interior del laboratorio como en el exterior entre ambos días en cada sujeto.

CONCLUSIONES

Centrándonos en los principales hallazgos de este estudio, podemos concluir que la suplementación con CM no ha causado ningún efecto positivo en mujeres adaptadas al ejercicio físico en el RPE en pruebas de resistencia, tampoco ha causado ningún efecto en la biomecánica de rodilla en el plano sagital a nivel de mejora de valgo/varo de rodilla. Finalmente, tampoco se ha encontrado ningún efecto en la altura o mantenimiento de salto tras un protocolo de fatiga en tapiz.

Es necesaria más evidencia científica para comprobar los efectos de este suplemento en la biomecánica de aterrizaje con una muestra mayor haciendo hincapié en el colectivo femenino ya que no se ha encontrado ningún artículo o investigación que relacionase estos dos campos.

ANEXO

CUESTIONARIO IPAQ:



CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FISICA

IPAQ: FORMATO CORTO AUTOADMINISTRADO DE LOS ULTIMOS 7 DIAS

PARA SER UTILIZADO CON ADULTOS (15- 69 años)

Las preguntas se referirán al tiempo que usted destinó a estar físicamente activo en los **últimos 7 días**. Por favor responda a cada pregunta aún si no se considera una persona activa. Por favor, piense acerca de las actividades que realiza en su trabajo, como parte de sus tareas en el hogar o en el jardín, moviéndose de un lugar a otro, o en su tiempo libre para la recreación, el ejercicio o el deporte.

*Piense en todas las actividades **intensas** que usted realizó en los últimos 7 días. Las actividades físicas **intensas** se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico intenso y que lo hacen respirar mucho más intensamente que lo normal. Piense solo en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.*

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos realizó actividades físicas **intensas** tales como levantar pesos pesados, cavar, hacer ejercicios aeróbicos o andar rápido en bicicleta?

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física intensa  **Vaya a la pregunta 3**

2. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **intensa** en uno de esos días?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro

*Piense en todas las actividades **moderadas** que usted realizó en los últimos 7 días. Las actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado que lo hace respirar algo más intensamente que lo normal. Piense solo en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.*

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos días hizo actividades físicas **moderadas** como transportar pesos livianos, andar en bicicleta a velocidad regular o jugar dobles de tenis? **No** incluya caminar.

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada  **Vaya a la pregunta 5**



4. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **moderada** en uno de esos días?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro

*Piense en el tiempo que usted dedicó a **caminar** en los **últimos 7 días**. Esto incluye caminar en el trabajo o en la casa, para trasladarse de un lugar a otro, o cualquier otra caminata que usted podría hacer solamente para la recreación, el deporte, el ejercicio o el ocio.*

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿En cuántos **camino** por lo menos **10 minutos** seguidos?

_____ días por semana

Ninguna caminata



Vaya a la pregunta 7

6. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro

*La última pregunta es acerca del tiempo que pasó usted **sentado** durante los días hábiles de los **últimos 7 días**. Esto incluye el tiempo dedicado al trabajo, en la casa, en una clase, y durante el tiempo libre. Puede incluir el tiempo que pasó sentado ante un escritorio, visitando amigos, leyendo, viajando en ómnibus, o sentado o recostado mirando la televisión.*

7. Durante los **últimos 7 días** ¿cuánto tiempo pasó **sentado** durante un **día hábil**?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro

CONSENTIMIENTO INFORMADO:

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA EL PARTICIPANTE

Título de la investigación: Efecto de la suplementación con citrulina malato sobre la economía de carrera y la cinemática en mujeres corredoras.

Investigador Principal/Director TFG: Alejandro Gómez Brutón Tfno: 876553755

mail: bruton@unizar.es

Autores TFG: Alvaro de Francia, David Quiñones y Javier Rico

1. Introducción:

Nos dirigimos a usted para solicitar su participación en un proyecto de investigación que estamos realizando en Universidad de Zaragoza. Su participación es absolutamente voluntaria, en ningún caso debe sentirse obligado a participar, pero es importante para obtener el conocimiento que necesitamos. Este proyecto ha sido aprobado por el Comité de Ética. Antes de tomar una decisión es necesario que:

- lea este documento entero
- entienda la información que contiene el documento
- haga todas las preguntas que considere necesarias
- tome una decisión meditada
- firme el consentimiento informado, si finalmente desea participar.

Si decide participar se le entregará una copia de esta hoja y del documento de consentimiento firmado. Por favor, consérvelo por si lo necesitara en un futuro.

2. ¿Por qué se le pide participar?

Se le solicita su colaboración porque se le va a someter a una prueba de actividad física en la que se medirán diferentes parámetros fisiológicos y biomecánicos. Siendo los participantes de esta prueba población femenina sana sin ninguna patología diagnosticada.

En total en el estudio participarán 10 mujeres sanas de estas características.

3. ¿Cuál es el objeto de este estudio?

El objeto de estudio es medir la influencia del suplemento deportivo "Citrulina Malato" en los diferentes parámetros de la carrera, como es la técnica o la fatiga percibida.

4. ¿Qué tengo que hacer si decido participar?

Si el participante decide participar, se le recogerán los siguientes datos:

Antes de la prueba:

- Datos personales
- Edad, Peso, Talla
- Años de entrenamiento, horas entrenadas/semana

Versión 3, de fecha 02/05/22

1

- Tipo de dieta
- Enfermedades/Lesiones

Después de la prueba:

- Rango de esfuerzo percibido

Las pruebas se realizarán en dos días para cada participante, repartiendo cada día de prueba en una semana diferente, y habiendo una semana de intervalo entre las semanas en las que se realiza la prueba. Por lo tanto, las pruebas serán 2 días, pero al repartirse, el estudio durará 3 semanas. Estas pruebas serán realizadas en el pabellón Río Isuela en Huesca. La mitad de los sujetos tomarán Citrulina Malato y la otra mitad tomen placebo.

Las pruebas se realizarán siempre por las tardes.

Ambos días se llevarán a cabo la misma prueba:

- Carrera en tapiz 6min (10 km/h)
- Carrera en tapiz 6min (14 km/h)
- Carrera 5K
- Drop Jump

Se dejarán 5min entre prueba y prueba y antes de empezar con las pruebas se realizará un calentamiento. Se medirán durante la prueba los siguientes parámetros; consumo de oxígeno junto a variables como amplitud de zancada, frecuencia de zancada, tiempo min/max de contacto, tiempo min/max de vuelo, espacio mínimo entre los pies, longitud mínima del pie... Además, se analizarán ángulos y velocidades de tobillo, rodilla y cadera. Por otra parte, se realizará un análisis de gases a los sujetos, además de realizar una estimación del consumo de oxígeno.

En los estudios de intervención como este, la decisión de a qué grupo pertenece usted no la toma su médico, sino que se decide al azar. Es la única forma de poder valorar la utilidad real de la intervención. En este caso, también al ser un estudio ciego el paciente no sabrá a que grupo pertenece hasta la finalización del estudio.

5. ¿Qué riesgos o molestias supone?

Este estudio no tiene riesgo ya que todas las mujeres están acostumbradas a realizar actividad física por encima de los valores establecidos en el estudio. No obstante, realizarán una actividad física vigorosa, lo que puede causar mareos, vómitos y en el caso más extremo podría conllevar una lesión o muerte súbita.

Por otra parte, como molestia supone el desplazamiento y la realización de las pruebas que incluye el estudio, las cuales se realizan en 2 días distintos, invirtiendo 1-2 horas para realizar las pruebas.

En cuanto a la dosis de citrulina (8g) (L-Citrulina Malato 300g marca Prozis), se trata de una dosis que no reporta efectos adversos. En algunos estudios con dosis más altas se han reportado algunos efectos como hinchazón y molestias de estómago.

6. ¿Obtendré algún beneficio por mi participación?

Al tratarse de un estudio de investigación orientado a generar conocimiento no es probable que obtenga ningún beneficio por su participación si bien usted contribuirá al avance científico y al beneficio social.

Usted no recibirá ninguna compensación económica por su participación.

7. ¿Cómo se van a tratar mis datos personales?

Información básica sobre protección de datos.

Responsable del tratamiento: Universidad de Zaragoza

Responsable interno del tratamiento: Alejandro Gómez Brutón

Encargados internos del tratamiento: Alvaro de Francia, David Quiñones y Javier Rico.

Finalidad: Tus datos personales serán tratados exclusivamente para el trabajo de investigación a los que hace referencia este documento.

Legitimación: El tratamiento de los datos de este estudio queda legitimado por su consentimiento a participar.

Destinatarios: No se cederán datos a terceros salvo obligación legal.

Duración: Los datos personales serán destruidos una vez se haya cumplido con la finalidad para la que se recabaron y para las posibles revisiones o determinación de responsabilidades. Los resultados objeto de explotación, completamente anonimizados y sin datos personales, podrán ser conservados para su posible reutilización en otros trabajos de investigación. A partir de los resultados de la investigación, se podrán elaborar comunicaciones científicas para ser presentadas en congresos o revistas científicas, pero se harán siempre con datos agrupados y nunca se divulgará nada que le pueda identificar.

Derechos: En relación con este proyecto, puedes ejercer tus derechos de acceso, rectificación, supresión y portabilidad de sus datos, de limitación y oposición a su tratamiento en materia de privacidad, directamente ante Google (puedes acceder al centro de Ayuda de privacidad pulsando [AQUÍ](#)) y, en caso de no verte satisfecho, podrás, si lo deseas, dirigirte al Investigador Principal (osma@unizar.es) o al Delegado/a de Protección de Datos de la Universidad de Zaragoza (dpd@unizar.es) y, en reclamación, a la Agencia Española de Protección de Datos (www.aepd.es) cuando consideres que no se han atendido debidamente tus derechos.

La Universidad de Zaragoza cuenta con una página donde ofrece amplia información respecto de este tratamiento y de su política de protección de datos, así como formularios para el ejercicio de sus derechos: <http://protecciondatos.unizar.es/>

El tratamiento de sus datos personales se realizará utilizando técnicas para mantener su anonimato mediante el uso de códigos aleatorios, con el fin de que su identidad personal quede completamente oculta durante el proceso de investigación.

8. ¿Quién financia el estudio?

Este proyecto no tiene financiación.

9. ¿Se me informará de los resultados del estudio?

Usted tiene derecho a conocer los resultados del presente estudio, tanto los resultados generales como los derivados de sus datos específicos. También tiene derecho a no conocer dichos resultados si así lo desea. Por este motivo en el documento de consentimiento informado le preguntaremos qué opción prefiere. En caso de que desee conocer los resultados, el investigador le hará llegar los resultados.

¿Puedo cambiar de opinión?

Su participación es totalmente voluntaria, puede decidir no participar o retirarse del estudio en cualquier momento sin tener que dar explicaciones. Basta con que le manifieste su intención al investigador principal del estudio. En caso de que decida retirarse del estudio puede solicitar la destrucción de los datos, muestras u otra información recogida sobre usted.

¿Qué pasa si me surge alguna duda durante mi participación?

En la primera página de este documento está recogido el nombre y el teléfono de contacto del investigador responsable del estudio. Puede dirigirse a él en caso de que le surja cualquier duda sobre su participación.

Muchas gracias por su atención, si finalmente desea participar le rogamos que firme el documento de consentimiento que se adjunta y le reiteramos nuestro agradecimiento por contribuir a generar conocimiento científico.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del PROYECTO: _____

Yo, (nombre y apellidos del participante)

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo. He hablado con: (nombre del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria. Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones
- 3) sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

Presto libremente mi consentimiento para participar en este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos conforme se estipula en la hoja de información que se me ha entregado.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: sí no (marque lo que

proceda) He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante: _____

Fecha: _____

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado Firma del Investigador:

Fecha: _____

BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida GP, Silva AP, França FJ, Magalhães MO, Burke TN, Marques AP. Q-angle in patellofemoral pain: relationship with dynamic knee valgus, hip abductor torque, pain and function. *Rev Bras Ortop.* 2016 Feb 9;51(2):181-6.
2. Arendt, E. y Dick, R. (1995). Patrones de lesiones de rodilla entre hombres y mujeres en baloncesto universitario y fútbol Datos de la NCAA y revisión de la literatura. *La revista americana de medicina deportiva* , 23 (6), 694-701
3. Bescós R, Sureda A, Tur JA, Pons A. The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. *Sports Med.* 2012 Feb 1;42(2):99-117
4. Carvalho CAM, Guirelli AR, Maria Dos Santos J, Felicio LR. Reliability of 2D kinematics during landing of volleyball athletes after exhaustion. *J Bodyw Mov Ther.* 2021 Jul;27:579-583.
5. Cunniffe B, Papageorgiou M, O'Brien B, Davies NA, Grimble GK, Cardinale M. Acute Citrulline-Malate Supplementation and High-Intensity Cycling Performance. *J Strength Cond Res.* 2016 Sep;30(9):2638-47
6. Cutrufello PT, Gadowski SJ, Zavorsky GS. The effect of l-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. *J Sports Sci.* 2015;33(14):1459-66.
7. Doherty M, Smith PM. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports.* 2005 Apr;15(2):69-78.
8. Fort Vanmeerhaeghe, Azahara; Romero Rodriguez, Daniel (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts. Medicina de l'Esport*,48(179),109-120.
9. Gomez-Bruton A, Marin-Puyalto J, Muñiz-Pardos B, Matute-Llorente A, Del Coso J, Gomez-Cabello A, Vicente-Rodriguez G, Casajus JA, Lozano-Berges G. Does Acute Caffeine Supplementation Improve Physical Performance in Female Team-Sport Athletes? Evidence from a Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2021 Oct 19;13(10):3663.

10. Gonzalez AM, Trexler ET. Effects of Citrulline Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Review of the Current Literature. *J Strength Cond Res*. 2020 May;34(5):1480-1495.
11. Gough LA, Sparks SA, McNaughton LR, Higgins MF, Newbury JW, Trexler E, Faghy MA, Bridge CA. A critical review of citrulline malate supplementation and exercise performance. *Eur J Appl Physiol*. 2021 Dec;121(12):3283-3295.
12. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*. 2005 Apr;33(4):492-501.
13. Hickner RC, Tanner CJ, Evans CA, Clark PD, Haddock A, Fortune C, Geddis H, Waugh W, McCammon M. L-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. *Med Sci Sports Exerc*. 2006 Apr;38(4):660-6.
14. Javier Yanguas Leyes, Lluís Til Pérez Cristina Cortés de Olano (2011). Lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino. Estudio epidemiológico de tres temporadas. 46(171) 137-143
15. Pagaduan JC, Pojskić H, Užičanin E, Babajić F. Effect of various warm-up protocols on jump performance in college football players. *J Hum Kinet*. 2012 Dec;35:127-32.
16. Pérez-Guisado J, Jakeman PM. Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. *J Strength Cond Res*. 2010 May;24(5):1215-22.
17. Santamaria LJ, Webster KE. The effect of fatigue on lower-limb biomechanics during single-limb landings: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010 Aug;40(8):464-73.
18. Wax B, Kavazis AN, Weldon K, and Sperlak J. Effects of supplemental citrulline malate ingestion during repeated bouts of lower-body exercise in advanced weightlifters. *J Strength Cond Res* 29: 786-792, 2015.

