

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

LA EFECTIVIDAD DE UN PROTOCOLO DE CALENTAMIENTO CON FOAM ROLLER EN EL RENDIMIENTO DE DEPORTISTAS

Autor:

Daniel Casado Gómez

Directores:

Dr. D. Javier Reina Abellán

Dr. D. Iván Nácher Moltó

Murcia, Noviembre de 2024

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

LA EFECTIVIDAD DE UN PROTOCOLO DE CALENTAMIENTO CON FOAM ROLER EN EL RENDIMIENTO DE DEPORTISTAS

Autor:

Daniel Casado Gómez

Directores:

Dr. D. Javier Reina Abellán

Dr. D. Iván Nácher Moltó

Murcia, Noviembre de 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO

Yo, DANIEL CASADO GÓMEZ con DNI/Pasaporte 23812689F alumno inscrito en la Escuela Internacional de Doctorado, perteneciente a la Universidad Católica San Antonio de Murcia,

DECLARO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el título académico de Doctor, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un título académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, además, que el archivo PDF corresponde exactamente al texto impreso que presento junto al mismo.

Por último, declaro que soy conocedor de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Firma



En Murcia, a 21 de Noviembre de 2024

UCAM



EIDUCAM
Escuela Internacional
de Doctorado

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Javier Reina Abellán y el Dr. D. Iván Nacher Moltó como Directores⁽¹⁾ de la Tesis Doctoral titulada “Eficacia de un calentamiento con Foam Roller durante 3 meses en jugadores seniors de baloncesto: un ensayo controlado aleatorizado.” realizada por D. Daniel Casado Gómez en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

LO QUE FIRMO, PARA DAR CUMPLIMIENTO AL, REAL DECRETO 99/2011, DE 28 DE ENERO, MODIFICADO POR EL R.D. 576/2023, DE 4 DE JULIO, POR EL QUE SE REGULAN LAS ENSEÑANZAS OFICIALES DE DOCTORADO.

En Murcia a 21 de Noviembre de 2024.

JAVIER|
REINA|
ABELLAN

Firmado
digitalmente por
JAVIER|REINA|
ABELLAN
Fecha:
2024.11.21
12:36:53 +01'00'



Ivan Nacher Moltó
21686635G

⁽¹⁾ Si la Tesis está dirigida por más de un Director tienen que constar y firmar ambos.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han hecho posible el desarrollo de este trabajo y a todas ellas me gustaría expresar mi gratitud.

En primer lugar, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia por su constante apoyo, comprensión y aliento a lo largo de este arduo viaje. Su amor incondicional y sacrificio han sido mi mayor inspiración y motivación para alcanzar este logro. A mis padres, mamá y papá, madre y padre, gracias por vuestro esfuerzo durante todos estos años para llegar a donde hoy estoy, gracias por vuestros ánimos y por creer en mí. Habéis sufrido conmigo esas noches de nervios y todos esos meses sin obtener respuesta de las revistas para luego tener que volver a empezar, pero gracias a vosotros he tenido el valor de no darme por vencido y seguir luchando. Sois mi claro ejemplo de trabajo, constancia y superación y que nadie te regala nada, sino que todo lo que quieras debes lucharlo y trabajarlo por ti mismo. Que sepáis que habéis cumplido con el objetivo de dejarme un buen futuro por delante, ¡gracias! A mi hermano, “Minuo”, por tu preocupación y tus preguntas incansables sobre mis estudios. Me has visto llegar a casa a altas horas tras estar todo el día trabajando y, aun así, tener que sentarme delante del ordenador a seguir estudiando, así que espero que esto te sirva como un claro ejemplo de que con trabajo y constancia todo se consigue, indistintamente de cuál sea tu objetivo final. Confía en ti y sé que llegarás donde quieras. Os quiero.

Agradecer de todo corazón a mi pareja, María del Carmen, su infinita paciencia, comprensión y amor incondicional. Tu apoyo inquebrantable y tus palabras de aliento han sido un faro en los momentos más difíciles de este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado y por ser mi mayor fuente de inspiración, por ofrecerte a ayudar, aunque ni idea del tema tuvieses. Gracias por transmitirme que mis logros parezcan tuyos y los celebres aún más que yo. Somos uno y seguiremos creciendo personalmente y profesionalmente juntos. Mis logros son los tuyos. ¡Aún quedan sueños por cumplir! Te quiero.

Por supuesto, como parte esencial de este trabajo, agradecer inmensamente a mis directores su incalculable dedicación y orientación en cualquier momento, día y hora. Gracias por allanar el camino y ser la brújula en este viaje. Vuestra experiencia, consejos y apoyo han sido fundamentales para mi crecimiento académico y profesional. Dr. D. Javier Reina agradecerte que estuvieses dispuesto a coger esa llamada en la que me planteé doctorar y resolverme todas mis inquietudes, no dudaste, creíste en mí, y cogiste las riendas para empezar a trabajar. Siempre has estado ahí en segundos apoyándome y ayudándome haciendo, en muchas ocasiones, fácil lo difícil. Más que a un antiguo profesor y un director de tesis, me llevo a un gran amigo como parte de la UCAM. Dr. D. Ivan Nácher gracias por hacerme ver lo bonito del doctorando tanto en el ámbito investigador como práctico, por enseñarme el camino de la investigación y del trabajo constante y por creer en mí para encontrar mi futuro en el mundo del deporte de élite. Me has transmitido grandes valores a nivel personal y profesional que siempre llevaré conmigo. Como un profesor puede llegar a convertirse en un amigo e incluso en familia, espero seguir siento tu “Padawan” mucho tiempo. Solo tengo palabras de cariño y agradecimiento para vosotros y siempre seréis una parte muy importante de mí. Esto es gracias a vosotros así que espero que estéis orgullosos. Gracias también a Dr. D. Juan Pardo por tu colaboración desinteresada, aunque solo fuera en periodos de “dos minutos” donde conseguías hacer magia. Os estaré siempre inmensamente agradecido por todo vuestro esfuerzo durante estos años.

Gracias a mis amigos, compañeros, pacientes, familia política y a todos aquellos que, durante estos interminables años, éste trabajo ha sido también de vuestro interés y preocupación. Gracias por las muestras de cariño y ánimo incansables. Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a la sección de baloncesto de la A.D. Eliocroca por brindarme la oportunidad de realizar mi estudio, gracias a todos, directores deportivos, entrenadores y jugadores por hacerme formar parte de esta gran familia y facilitar tanto las cosas. Ha sido y siempre será un placer, ¡gracias!

Siempre estarás presente, Yuli.

RESUMEN

En los deportes de equipo, y sobre todo a nivel profesional, es imprescindible la realización de un calentamiento general y un calentamiento específico enfocado al dicho deporte, incluyendo tanto métodos de calentamiento activos como pasivos. Además, la inquietud por encontrar el mejor calentamiento y obtener el mayor rendimiento deportivo con el menor número de lesiones, facilita la aparición de nuevas técnicas o herramientas como es el caso del foam roller, en la que el deportista utiliza un rodillo, generalmente fabricado en espuma de alta/media densidad, para aplicar una presión directa sobre una musculatura específica. Esta herramienta ha adquirido un importante papel dentro del calentamiento pre-entrenamiento o pre-competición ya que parece arrojar una amplia gama de efectos beneficiosos en la flexibilidad, el rango de movimiento articular, en la rigidez muscular, en la recuperación y en la disminución de lesiones, mejorando así el rendimiento deportivo. El objetivo principal de esta investigación fue analizar la efectividad de un protocolo de calentamiento específico con foam roller durante tres meses en el rendimiento deportivo en jugadores de baloncesto.

Veintidós sujetos fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: un grupo control, que solo realizó un calentamiento general, y el grupo experimental, que siguió un protocolo específico de calentamiento utilizando un rodillo de espuma durante un período de tres meses. Se realizaron tres mediciones: antes de iniciar el protocolo, al final del periodo de intervención y tras un mes de seguimiento. Durante estas mediciones, se evaluó el salto, la fuerza de isquiotibiales, el valgo de rodilla, el equilibrio y la movilidad de tobillo.

Se observaron mayores mejoras en el grupo experimental, frente al grupo control. En primer lugar, en el salto, se encontraron diferencias significativas en algunas de sus variables, entre el pre y el post calentamiento con foam roller en el grupo experimental y en el seguimiento, solo el grupo control. En segundo lugar, en el valgo de rodilla, solo el grupo experimental mostró mejoras tras los tres meses de calentamiento. En tercer lugar, en el equilibrio, se observaron mejoras significativas en todas las distancias del Y-Balance test en el grupo experimental tras el calentamiento e incluso tras el seguimiento. En cuarto lugar, hubo un

incremento significativo en los grados de flexión dorsal del tobillo derecho e izquierdo solo del grupo experimental. Finalmente, no se encontraron diferencias significativas en la fuerza de isquiotibiales.

Se concluye que el foam roller puede ser una herramienta interesante para incluir como parte del calentamiento para mejorar el rendimiento deportivo y disminuir el riesgo de lesiones, sobre todo por su bajo coste y su potencial, pero se requieren futuras investigaciones que contengan una muestra mayor para validar los hallazgos obtenidos.

Palabras clave: deportes de equipo, foam rolling, calentamiento, condición física, rendimiento deportivo.

ABSTRACT

In team sports, especially at the professional level, it is essential to perform both a general warm-up and a specific warm-up tailored to the sport in question, including both active and passive warming-up methods. Furthermore, the desire to find the best warm-up routine to optimize athletic performance while minimizing injuries has led to the emergence of new techniques or tools such as the foam roller. In this tool, athletes use a roller, typically made of high to medium-density foam, to apply direct pressure to specific muscles. This tool has gained significant importance in pre-training or pre-competition warm-up routines as it appears to yield a wide range of beneficial effects on flexibility, joint range of motion, muscle stiffness, recovery, and injury reduction, thereby enhancing athletic performance. The main objective of this research was to analyze the effectiveness of a specific warm-up protocol using a foam roller over three months on the performance of basketball players.

Twenty-two subjects were randomly assigned to two groups: a control group, which only performed a general warm-up, and the experimental group, which followed a specific warm-up protocol using a foam roller over a period of three months. Three measurements were taken: before starting the protocol, at the end of the intervention period, and after one month of follow-up. During these measurements, jump height, hamstring strength, knee valgus, balance, and ankle mobility were assessed.

Greater improvements were observed in the experimental group compared to the control group. Firstly, in jump height, significant differences were found in some of its variables between pre- and post-foam roller warm-up in the experimental group and in the follow-up, only in the control group. Secondly, in knee valgus, only the experimental group showed improvements after three months of warm-up. Thirdly, in balance, significant improvements were observed in all distances of the Y-Balance test in the experimental group after warm-up and even after follow-up. Fourthly, there was a significant increase in the degrees of ankle dorsiflexion in both the right and left ankles only in the experimental group. Finally, no significant differences were found in hamstring strength.

It is concluded that the foam roller may be an interesting tool to include as part of warm-up routines to improve athletic performance and reduce the risk of injuries, especially due to its low cost and potential benefits. However, future research with larger sample sizes is needed to validate the findings obtained.

Key words: team sports, foam rolling, warm-up, physical conditioning, athletic performance.

"La investigación es lo que estoy haciendo cuando no sé lo que estoy haciendo." Wernher von Braun (1912-1977)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT	13
I - INTRODUCCIÓN.....	31
1.1. EL CALENTAMIENTO.....	31
1.1.1. Tipos de calentamiento.....	33
1.1.2. Respuestas del organismo al calentamiento.....	34
1.1.2.1. Respuestas cardiovasculares.	34
1.1.2.2. Respuestas respiratorias.....	36
1.1.2.3. Respuestas digestivas.	37
1.1.2.4. Respuestas musculares.....	37
1.1.2.5. Respuestas neuro-musculares.	39
1.1.2.6. Respuestas metabólicas.....	41
1.1.2.7. Respuestas psicológicas.....	41
1.1.3. Factores que influyen sobre el calentamiento.	42
1.1.4. Características principales del calentamiento.	43
1.1.5. El calentamiento en el baloncesto.	44
1.2. ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO.....	46
1.2.1. El entrenamiento para lograr un máximo rendimiento.	47
1.2.2. Capacidades físicas para un máximo rendimiento.	50
1.2.2.1. Condición física en el baloncesto.	52
1.2.2.2. Capacidades físicas en el baloncesto.	53
1.3. FOAM ROLLER.....	56
II - JUSTIFICACIÓN	63

III -	OBJETIVOS.....	69
3.1.	PRINCIPALES	69
3.2.	SECUNDARIOS.....	69
IV -	MATERIAL Y MÉTODO	73
4.1.	PARTICIPANTES	73
4.2.	MATERIAL.....	76
4.2.1.	Antropometría	76
4.2.2.	Medición de variables.....	76
4.2.2.1.	Salto	76
4.2.2.2.	Fuerza de isquiotibiales.....	77
4.2.2.3.	Valgo de rodilla	77
4.2.2.4.	Equilibrio	77
4.2.2.5.	Dorsiflexión de tobillo	77
4.2.2.6.	Foam roller Warm-Up	78
4.3.	PROCEDIMIENTO.....	78
4.3.1.	Medición antropométrica.....	80
4.3.2.	Medición del salto	80
4.3.2.1.	Counter Movement Jump	81
4.3.2.2.	Saltos repetidos.....	81
4.3.2.3.	Drop Jump unilateral.....	82
4.3.3.	Medición de la fuerza de isquiotibiales	82
4.3.4.	Medición del valgo dinámico de rodilla	83
4.3.5.	Medición del equilibrio	84
4.3.6.	Medición de la flexión dorsal de tobillo.....	85
4.3.7.	Protocolo de Foam Roller Warm-Up.....	86
4.4.	ANÁLISIS Y RECOGIDA DE DATOS.....	87
4.4.1.	Antropometría	87

ÍNDICE GENERAL	19
4.4.2. Salto	88
4.4.2.1. Counter Movement Jump	88
4.4.2.2. Saltos repetidos.....	89
4.4.2.3. Drop Jump unilateral.....	89
4.4.3. Fuerza de isquiotibiales.....	90
4.4.4. Valgo dinámico de rodilla.....	91
4.4.5. Equilibrio	92
4.4.6. Flexión dorsal de tobillo.....	92
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	93
4.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.	94
V - RESULTADOS.....	99
5.1. SUJETOS.....	99
5.2. SALTO.....	100
5.2.1. Counter Movement Jump	100
5.2.2. Saltos repetidos.....	102
5.2.3. Drop Jump unilateral.....	103
5.3. FUERZA DE ISQUIOTIBIALES	105
5.4. VALGO DINÁMICO DE RODILLA.....	106
5.5. EQUILIBRIO	107
5.6. DORSIFLEXIÓN DE TOBILLO	109
VI - DISCUSIÓN.....	117
VII - CONCLUSIONES	129
VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	133
IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
X - ANEXOS	171

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AR	Anterior Reach
CG	Control group
cm	Centímetros
CMJ	Counter Movement Jump
FR	Foam Roller
FRG	Foam Roller Group
FRWU	Foam Roller Warm-Up
IMC	Índice de Masa Corporal
mm	Milímetros
ms	Milisegundos
PLR	Posterolateral Reach
PMR	Posteromedial Reach
ROM	Rango de movimiento

ÍNDICE DE FIGURAS, DE TABLAS Y DE ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación frecuencia cardiaca y volumen sistólico según intensidad del ejercicio (adaptado de Sánchez, 2004)	36
Figura 2. Comportamiento de la temperatura durante la actividad física. T^a_r , T^a rectal; T^a_p , T^a piel; T^a_{m40} , T^a muscular 40mm profundidad; T_{m20} , T^a muscular 20mm profundidad. (adaptado de Bishop, 2003a)	38
Figura 3. Efecto idealizado de un aumento de la temperatura muscular sobre la relación potencia-velocidad (adaptado de Binkhorst et al., 1977).....	39
Figura 4. Respuesta del organismo a la estimulación generada por la puesta en acción (adaptada de Sánchez, 2004).....	40
Figura 5. Cambios en el rendimiento después del calentamiento realizado a 45	45
Figura 6. Tipos de Foam Roller. A: baja densidad; B: alta densidad; C: con relieve; D: con vibración.....	57
Figura 7. Características y recomendaciones de uso del FR según el tipo (adaptada de Fernández Lázaro et al., 2023).....	60
Figura 8. Diagrama de flujo de los sujetos de estudio.	75
Figura 9. Material para la investigación.....	78
Figura 10. Diagrama de flujo de la intervención.....	79
Figura 11. Mediciones antropométricas para análisis de datos.....	80
Figura 12. Procedimiento CMJ.	81
Figura 13. Procedimiento Drop Jump unilateral.	82
Figura 14. Procedimiento Nordic Test	83
Figura 15. Procedimiento valgo de rodilla.	83
Figura 16. Procedimiento Y-Balance Test.	85
Figura 17. Procedimiento Lunge Test.....	85
Figura 18. Protocolo de FRWU.....	87

Figura 19. Registro de usuario en App.....	88
Figura 20. Análisis de CMJ en App.	89
Figura 21. Análisis saltos repetidos en App.	89
Figura 22. Análisis Drop Jump unilateral en App.....	90
Figura 23. Análisis Nordic Test en App.....	91
Figura 24. Análisis valgo de rodilla en App.....	91
Figura 25. Análisis dorsiflexion de tobillo en App.....	92
Figura 26. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del CMJ.....	101
Figura 27. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del CMJ.....	103
Figura 28. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables de drop jump unilateral.	105
Figura 29. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del Curl Nordico de isquiotibiales.....	106
Figura 30. Gráfico de barras del FRG en la comparativa de medias derecha e izquierda solo en el valgo de rodilla	107
Figura 31. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del valgo dinámico de rodilla.....	107
Figura 32. Gráficos de barras del FRG en la comparativa de medias derecha e izquierda en las diferentes distancias del Y-Balance Test.	108
Figura 33. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del equilibrio.....	109
Figura 34. Gráfico de barras de comparativa de ambos grupos en las diferentes mediciones.....	110
Figura 35. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en la dorsiflexión de tobillo.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los participantes.....	99
Tabla 2. Comparativa de medias de las variables del CMJ entre FRG y CG.	100
Tabla 3. Comparativa de medias de las variables de Saltos repetidos entre FRG y CG.....	102
Tabla 4. Comparativa de medias de las variables del Drop Jump unilateral entre FRG y CG.....	104
Tabla 5. Comparativa de medias de las variables del Nordic Test entre FRG y CG.	105
Tabla 6. Comparativa de medias de las variables del valgo dinámico de rodilla entre FRG y CG.....	106
Tabla 7. Comparativa de medias de las variables del Y-Balance Test entre FRG y CG.....	108
Tabla 8. Comparativa de medias de las variables del Lunge Test entre FRG y CG.	110
Tabla 9. Comparativa y diferencias intragrupo entre diferentes puntos de tiempo en las variables del salto.....	112
Tabla 10. Comparativa y diferencias intragrupo entre diferentes puntos de tiempo en las variables del Nordic test, valgo dinámico de rodilla, Y-Blance test y Lunge test.	113

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Consentimiento informado.	171
ANEXO 2: Revocación del consentimiento informado.....	172
ANEXO 3: Hoja informativa de la intervención.	173
ANEXO 4: Comité de ética.....	175
ANEXO 5: Hoja informativa del FRWU para los sujetos.	177
ANEXO 6: Artículo científico.	178
ANEXO 7: Comunicación científica nacional.....	191
ANEXO 8: Comunicación científica internacional.	192

I – INTRODUCCIÓN

I - INTRODUCCIÓN

El ámbito del rendimiento deportivo ha estado históricamente impregnado por la continua búsqueda de estrategias que potencien la preparación física de los atletas. En este contexto, el calentamiento, se considera una de las fases cruciales en la rutina de cualquier deportista, siendo objeto de estudio por parte de investigadores y profesionales del deporte. La presente tesis doctoral se sumerge en un terreno complejo, explorando la efectividad de una novedosa herramienta de calentamiento, como es el *Foam Roller*, y sus efectos sobre el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones, mediante su aplicación específica en jugadores de baloncesto.

1.1. EL CALENTAMIENTO.

El calentamiento o *Warm-Up*, como se conoce en inglés, ha sido definido de diversas maneras y por numerosos autores a lo largo de los años:

Para Matvéev (1983) es entendido como "la parte preparatoria e introductoria de una actividad motriz de esfuerzo considerable y/o como la fase inicial de cualquier tipo de sesión de carácter físico - deportivo"

Vinuesa & Coll (1984), lo definen como "el conjunto de actos y ejercicios previos a los grandes esfuerzos que el deportista realiza para desperezar su organismo y garantizar su funcionamiento eficaz durante el esfuerzo principal, evitando así que durante el transcurso de éste se produzca la crisis de adaptaciones y la acumulación de productos de desecho en los tejidos".

Villar (1992) define el calentamiento como "el conjunto de actividades o de ejercicios, de carácter general primero y luego específico, que se realizan previa a toda actividad física en que la exigencia del esfuerzo sea superior a la normal, con el fin de poner en marcha todos los órganos del deportista y disponerle para un máximo rendimiento".

Hedrick (1992) y (2006), lo define como "un período de ejercicio previo a la actividad física o deporte, con la intención de adaptar gradualmente el cuerpo de forma física y mentalmente" y actualizando la definición unos años más tarde,

añadiendo: “mejorando así, el rendimiento neuromuscular y reduciendo el riesgo de lesión durante la actividad deportiva”.

Lanaspa & Gracia (1994) lo definen como “el conjunto de actividades y/o ejercicios, de carácter general primero y luego específico, que se realizan antes de comenzar cualquier actividad física donde la exigencia del esfuerzo sea superior a la habitual, con objeto de preparar el organismo para que pueda alcanzar el máximo rendimiento”. Coincidiendo con Casado et al. (1999), cuando se comprende el calentamiento como “todas aquellas actividades anteriores a la actividad principal, que se realizan de una forma general y suave para preparar a nuestro organismo hacia un posterior esfuerzo”.

Más recientemente, según Vaquera et al. (2002) el calentamiento es aquel “conjunto de tareas o ejercicios realizados previos a la actuación deportiva con el fin de adaptar el organismo del deportista para que su rendimiento durante el entrenamiento o la competición pueda ser óptimo, y para minimizar el posible riesgo de lesiones durante la actividad a realizar”.

Finalmente, González & Cepeda (2018), conceptualizan el calentamiento como aquel “conjunto de tareas o ejercicios realizados previos a la actuación deportiva con el fin de adaptar el organismo del deportista a la demanda competitiva posterior, minimizando el posible riesgo de lesión durante la misma, además de crear psicológicamente la predisposición al ejercicio”.

El calentamiento, por tanto, es una práctica ampliamente utilizada y aceptada que precede a casi todos los eventos deportivos y considerado, por entrenadores y atletas, imprescindible para alcanzar un rendimiento óptimo. Sin embargo, encontrar evidencia científica que apoye su efectividad es relativamente escasa, aun surgiendo una importante corriente de investigación en los últimos años en la búsqueda del “gold standard”, ningún autor ha sido capaz de encontrarlo hasta el momento. Posiblemente, porque por lo general los procedimientos de calentamiento terminan basándose en el ensayo y error junto con la experiencia del atleta o entrenador (Bishop, 2003b).

Así que, tras la incansable investigación y búsqueda de los mecanismos fisiológicos derivados del calentamiento, se han ido desarrollando nuevas técnicas acordes a éstos.

1.1.1. Tipos de calentamiento.

En primer lugar, se distinguen dos tipos de calentamiento según el tipo de actividad que se vaya a realizar posterior a él (Matvéev, 1983):

- A. Calentamiento de entrenamiento: considerado como una parte previa a la sesión de entrenamiento cuyo objetivo principal es aprovechar para trabajar o mejorar tareas concretas (p.ej.: mejorar la flexibilidad, mejorar la movilidad, mejorar la técnica...), además de servir como preparación para las tareas posteriores dentro de la parte principal de la sesión.
- B. Calentamiento de competición: considerado como una parte previa a la competición cuyo objetivo es preparar física y psicológicamente al deportista para la competición.

En segundo lugar, si se clasifica desde el punto de vista del rendimiento deportivo y según las actividades, ejercicios o herramientas utilizadas, los tipos de calentamiento descritos son (Weineck, 2004):

- A. El calentamiento pasivo: Surgió en 1957 en Checoslovaquia, de la mano de los estudios de Carlessi & Forbes (citados por Villar, 1992), quienes aplicaron duchas calientes y masajes estimulantes previos a la actividad física. Este tipo de calentamiento implica principalmente un aumento de la temperatura muscular mediante agentes externos y suele ser un complemento al calentamiento activo. Actualmente, las técnicas utilizadas como calentamientos pasivos suelen ser más afines a métodos de recuperación.
- B. El calentamiento activo: a través de actividades físico-deportivas adaptadas o no a la posterior actividad o competición, se induce al organismo a cambios metabólicos y cardiovasculares, aumentando no solo la temperatura muscular, sino también la temperatura central, sin ayuda de agentes externos. Siendo importante, considerarlo como una activación fisiológica y no agotar los recursos energéticos. Este calentamiento deberá formar parte de cada sesión de trabajo y estrechamente relacionado con las características de cada individuo y a las circunstancias de la actividad deportiva que realiza.

Y dentro de este calentamiento encontramos dos tipos:

- General: haciendo referencia a un trabajo genérico, con el objetivo de iniciar la preparación y adaptar el organismo a la actividad deportiva a desarrollar aumentando la locomoción, la actividad muscular y la actividad metabólica (p.ej.: movilidad, carrera, cambios de dirección, saltos, coordinación...). Previo y complementado por el calentamiento específico (Vaquera et al., 2002).
 - Específico: orientado al deporte en cuestión y a los requerimientos propios de cada disciplina deportiva, dirigido a grupos musculares más concretos potenciando el sistema neuromuscular y las habilidades técnicas complejas que necesitan ser repetidas. (p.ej.: técnica, táctica, ejercicios individuales o grupales...) (Vaquera et al., 2002).
- C. Calentamiento mental: como una nueva vertiente en el mundo del deporte, donde técnicas como la visualización deportiva, técnicas de relajación y respiración relajación, auto-charlas... son capaces de aumentar, la concentración, reducir el estrés y la ansiedad y concentrarte en las tareas y en los objetivos clave de actuación. Conectando el cuerpo y la mente para mejorar el rendimiento (Van Raalte et al., 2019).

1.1.2. Respuestas del organismo al calentamiento.

La actividad física provoca una respuesta inmediata global del organismo para poder afrontar las demandas energéticas requeridas. Las principales reacciones se observan a nivel cardiovascular, respiratorio, digestivo y muscular. Por tanto, el calentamiento, como momento transitorio entre el reposo y la actividad física, pone en acción estas respuestas fisiológicas de forma gradual y progresiva.

1.1.2.1. Respuestas cardiovasculares.

En reposo, el corazón late de media entre 60-65 veces por minuto, bombeando unos 5 l/min. Cuando se realiza ejercicio, aumentan las necesidades energéticas del organismo, pero sobre todo las necesidades de los músculos, requiriendo las fibras musculares un mayor aporte de oxígeno y de nutrientes. Es por ello, que la

frecuencia cardiaca y el volumen sistólico aumentan y con ello se moviliza un mayor volumen de sangre, que puede llegar a 25-30 l/min durante la práctica de ejercicio intenso (Muñoz, 2009).

Durante el ejercicio, las arteriolas de las zonas más activas como el corazón y los músculos se vasodilatan aumentando el flujo sanguíneo, mientras que, en otras zonas, como el hígado, el riñón, la piel, etc., se vasoconstríen disminuyendo el aporte sanguíneo. Esto se conoce como “redistribución del volumen sanguíneo”, es decir, aquellos órganos o partes del cuerpo que no están desarrollando un grado de actividad significativa, ceden parte de su sangre para que pueda llegar a las áreas de mayor actividad. Durante el calentamiento, los músculos y el corazón comienzan a recibir mayor aporte sanguíneo en detrimento de los órganos que no precisan en esos momentos, como, por ejemplo, en el caso de los músculos de las piernas que recibirán el 70-80% del flujo sanguíneo frente al 10-15% del que disponen durante el reposo. Por tanto, existe un aumento del riego sanguíneo durante el calentamiento lo cual provoca una mejora del transporte de sustratos, oxígeno y productos de deshecho (Sánchez, 2004).

Por otro lado, el calentamiento conlleva un aumento progresivo de la frecuencia cardiaca. Antes de iniciar el ejercicio, ya se puede observar un ligero aumento provocado por factores nerviosos y por hormonas como la adrenalina y la noradrenalina. Con el calentamiento, se evita que justo en el momento de empezar la actividad física, se eleve bruscamente la frecuencia cardiaca, que se haga de forma progresiva y, luego en relación a la intensidad del ejercicio, se produzca su estabilización rápidamente (Terrados, 1988).

De la mano de la frecuencia cardiaca, el volumen sistólico también aumentará por su estrecha relación, aunque en menor medida ya que éste alcanza su valor máximo con anterioridad. La frecuencia cardiaca marcará el aumento el volumen de sangre expulsado del corazón por minuto según las exigencias físicas. Finalmente, éstas dos adaptaciones conllevan un aumento del gasto cardiaco que debe ser bien aprovechado (Shellock & Prentice, 1985).

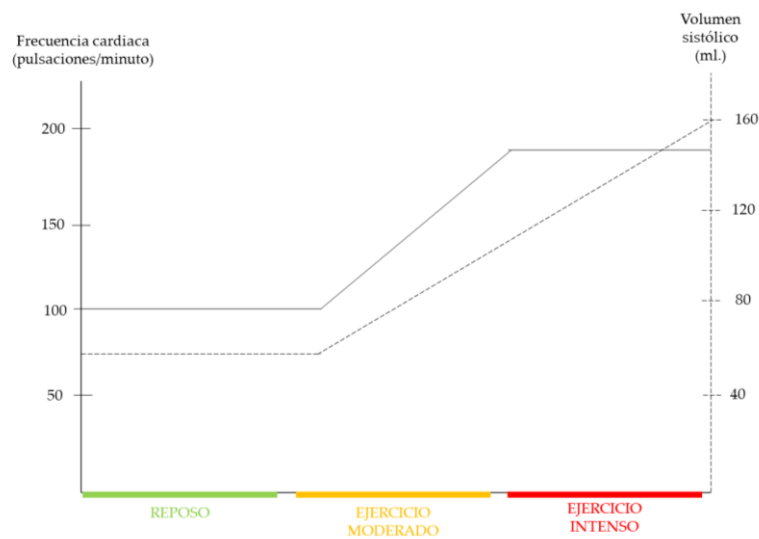


Figura 1. Relación frecuencia cardíaca y volumen sistólico según intensidad del ejercicio (adaptado de Sánchez, 2004)

1.1.2.2. Respuestas respiratorias.

Una persona adulta en reposo, suele ventilar aproximadamente unos 6-7 litros de aire por minuto, lo que equivale a unas 15-20 respiraciones por minuto. Con el inicio del ejercicio, la frecuencia cardíaca aumenta y la ventilación se eleva bruscamente como consecuencia nerviosa, y con ello la frecuencia respiratoria, por lo que en una persona adulta puede llegar a ventilar hasta 120 l/min, mientras que en una persona deportista bien entrenada se pueden alcanzar hasta los 180 l/min. Aumentando así, el volumen corriente (Flamini, 1985).

Se produce un aumento de la superficie alveolar que, junto con el aumento de la frecuencia respiratoria, permitirá un mayor intercambio gaseoso, una mejora de la disociación de oxígeno, hemoglobina y mioglobina y facilitando así el transporte O_2 a los órganos y músculos que lo requieran y mejorando la eliminación de CO_2 (Terrados, 1988).

Durante el calentamiento, el aumento progresivo de la frecuencia cardíaca y de la frecuencia respiratoria, predispondrán al organismo para afrontar las exigencias de la actividad deportiva.

1.1.2.3. *Respuestas digestivas.*

Como se ha comentado anteriormente, el aporte de sangre durante el ejercicio disminuye a aquellas partes del organismo que no las requieran. Es el caso de aparato digestivo, el cual apenas recibirá una pequeña parte del aporte sanguíneo. Sin embargo, después de las comidas, se destina gran cantidad a los procesos de digestión, por lo que es de interés respetar los tiempos de ayuno antes de la actividad física. Por otro lado, en el riñón pasará algo similar, pues a mayor intensidad del ejercicio, menor aporte sanguíneo, en beneficio de los músculos, y como consecuencia habrá una menor producción de orina y será más concentrada. Intentando, así, disminuir las pérdidas de agua que ya son importantes a través de la sudoración (Sánchez, 2004).

1.1.2.4. *Respuestas musculares.*

Gracias a la pronta activación del sistema cardiovascular y respiratorio, el músculo es capaz de recibir, a través de la sangre, el oxígeno y el combustible necesario para la obtención de energía y la eliminación de desechos metabólicos producidos. La cantidad de sangre que requerirán los músculos será proporcional a la duración e intensidad de la actividad (Terrados, 1988).

Uno de los resultados principales sobre los que se teoriza que el calentamiento mejora el rendimiento, se atribuye a mecanismos estrechamente relacionados con el aumento de la temperatura corporal y muscular. Asmussen & Bøje (1945) fueron los pioneros en la investigación del calentamiento y ya en los años cuarenta, determinaron que “los organismos facilitan el trabajo de manera más efectiva a temperaturas más altas”, algo que en el siglo XXI es la base de la fisiología del cuerpo humano.

El músculo en condiciones normales de reposo se encuentra entre unos 35-37°C y mediante el ejercicio de intensidad moderada, entre el 80-100% del umbral láctico, la temperatura muscular aumenta rápidamente durante 3-5 minutos llegando hasta los 39°C, la cual se estabiliza a partir de los 10-20 minutos (Fisher et al., 1999). La temperatura rectal también aumentará pero en menor medida que la muscular y la temperatura de la piel disminuirá durante los primeros 10 minutos para hacer frente al aumento de temperatura interna (Bishop, 2003a).

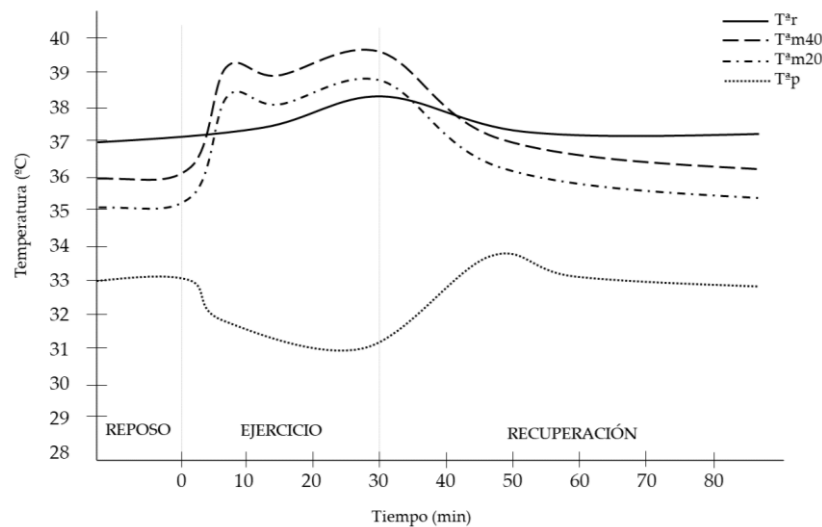


Figura 2. Comportamiento de la temperatura durante la actividad física. T^a_r , T^a rectal; T^a_p , T^a piel; T^a_{m40} , T^a muscular 40mm profundidad; T^a_{m20} , T^a muscular 20mm profundidad. (adaptado de Bishop, 2003a)

A partir de un aumento 2°C sobre la temperatura basal, la producción de energía y el metabolismo muscular aumenta (Gray et al., 2011), y existe una mayor velocidad de conducción de las fibras y un mayor aporte sanguíneo, con ello, un aumento del volumen de oxígeno muscular (VO_2) (Poole & Jones, 2012) y una mayor velocidad de contracción (Pearce et al., 2012). Disminuyendo, así, la fatiga y un aumento en el rendimiento entre un 2 y un 5%, ya que se mejora el rendimiento contráctil mediante una mayor contracción muscular voluntaria (Bell & Ferguson, 2009).

También, se conoce que los cambios en la temperatura muscular están estrechamente relacionados con los cambios en el índice de fuerza relativa (Young, 2006). Esto hace que el calentamiento sea especialmente interesante en deportes que requieran un importante componente de fuerza explosiva o fuerza máxima (Binkhorst et al., 1977).

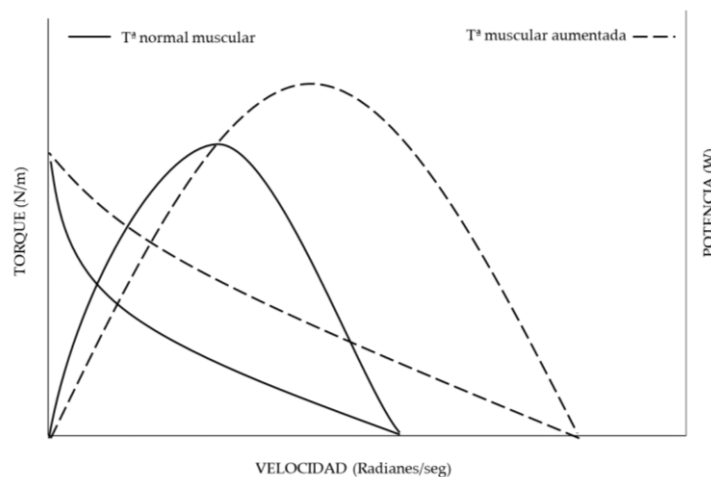


Figura 3. Efecto idealizado de un aumento de la temperatura muscular sobre la relación potencia-velocidad (adaptado de Binkhorst et al., 1977)

Por otro lado, el aumento de la temperatura muscular mejora el rendimiento por la alteración que provoca en las propiedades viscoelásticas y tixotrópicas del músculo (Fradkin et al., 2010). Se produce una reducción de la rigidez muscular, aumentando la elasticidad y la plasticidad de las fibras de colágeno y permitiendo una mayor movilidad y un mayor rango de movimiento (ROM) (Bishop, 2003a). Con el aumento de la temperatura, el tejido conectivo, como los ligamentos y los tendones, también se vuelven más flexibles y permeables, mejorando la capacidad de absorción de energía de la unidad músculo-tendinosa, aumentando casi un 80% su elasticidad, soportando más tensión y evitando lesiones en las fibras musculares y tendinosas (Gray & Nimmo, 2001).

Los ejercicios de carácter adaptativo, como los realizados durante el calentamiento, favorecerán la secreción de hormonas como las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) y la insulina, potenciando el funcionamiento del metabolismo muscular (Gray et al., 2002)

1.1.2.5. Respuestas neuro-musculares.

Como se ha comentado anteriormente, a partir de un aumento 2°C sobre la temperatura basal, la sensibilidad de los receptores de los sentidos y la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos aumenta (Sánchez, 2004). Los músculos

no son capaces de realizar ninguna acción por sí solos, por lo que necesitan una orden en forma de estímulo. Mediante el calentamiento se consigue un aumento del número de estímulos que envía el cerebro a la fibra muscular, a través de los nervios motores, para conseguir así la correcta contracción muscular agonista-antagonista (Flamini, 1985). También se ve favorecida la capacidad de relajación de los músculos antagonistas durante los movimientos de gran velocidad.

Por tanto, el sistema neuro-muscular reacciona, se contrae y se relaja con mayor velocidad gracias al aumento de velocidad de la conducción de los impulsos nerviosos (Pearce et al., 2012). Facilitando una mejora de la coordinación motriz y la especificidad neuro-muscular, es decir, la realización de movimientos o una parte de ellos, durante el calentamiento, que luego se efectuaran durante la práctica deportiva, que despertaran los procesos de reconocimiento y permitirá al sistema neuro-muscular realizar a la perfección la tarea que se le requerirá, eliminando o reduciendo gestos imprecisos y disminuyendo, por tanto, el coste energético y la fatiga (Flamini, 1985; Gray et al., 2002; Terrados, 1988).

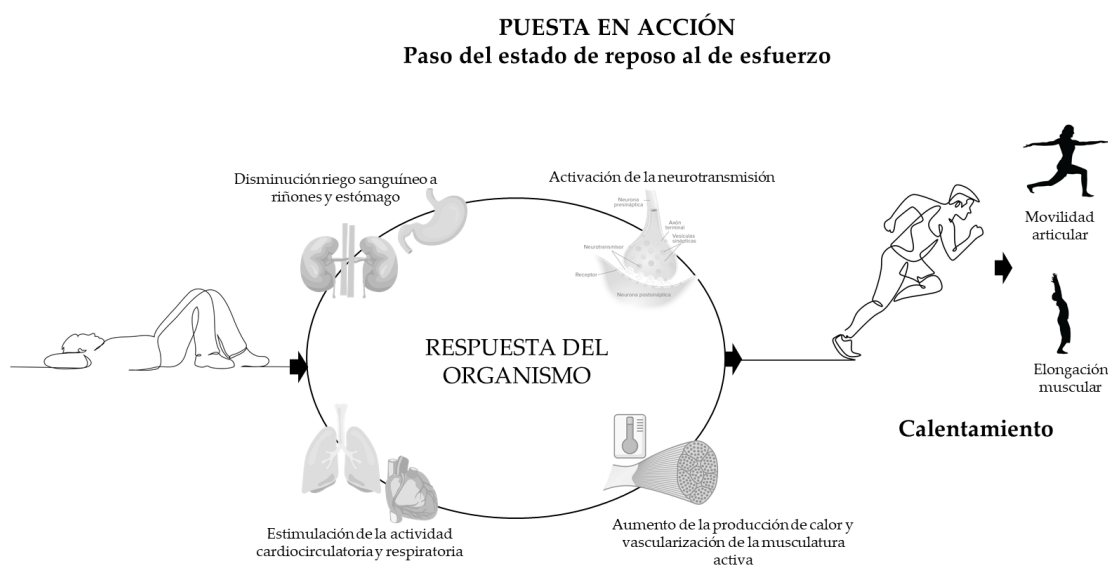


Figura 4. Respuesta del organismo a la estimulación generada por la puesta en acción (adaptada de Sánchez, 2004).

1.1.2.6. Respuestas metabólicas.

En primer lugar y como se ha comentado en los apartados anteriores, se produce una modificación en el suministro de oxígeno debido a cambios metabólicos que ocurren en respuesta al calentamiento. Es el caso de la reducción de la presión de O_2 y el aumento de la concentración de potasio y de iones de hidrógeno, los cuales causan una vasodilatación y aumenta el flujo sanguíneo muscular (Kiens et al., 1989).

En segundo lugar y como consecuencia de lo anterior, se produce una mejora de la producción de energía aeróbica al acelerar las reacciones limitantes de la velocidad asociadas con la fosforilación oxidativa. Todo indica que uno de los principales factores que limitan la cinética del VO_2 muscular es la inercia del metabolismo oxidativo, de tal manera, que al aumentar la temperatura muscular y mejorar la tasa de utilización del oxígeno, se aceleran estas reacciones y se potencia la cinética del VO_2 (Burnley et al., 2000).

En tercer lugar, el aumento de la temperatura muscular mejorará la actividad del metabolismo anaeróbico, es decir, se acelerará la glucogenólisis, la glucólisis y la degradación del fosfato de alta energía (ATP y fosfocreatina) debido al aumento de la secreción de epinefrina (Fink et al., 1975).

Finalmente, también se ha sugerido que la acidemia residual tras una sesión de calentamiento a una intensidad alrededor del 80% VO_{2max} , conduce a una mejor perfusión muscular durante el ejercicio (Gerbino et al., 1996). Sin embargo, estudios más recientes han demostrado que si la intensidad del calentamiento es superior al 75% VO_{2max} , la acidemia metabólica posterior conlleva un detrimento del rendimiento y la interferencia en los procesos contráctiles de músculo, por una acumulación de iones de hidrógeno y la inhibición de la glucólisis anaeróbica (Bishop et al., 2003).

1.1.2.7. Respuestas psicológicas.

Aunque la dirección de esta investigación está principalmente enfocada en los aspectos fisiológicos y de rendimiento del calentamiento, es de consideración importante saber que el período de calentamiento también es una oportunidad para prepararse mentalmente de cara a la actividad física, pero sobre todo de cara a la competición.

El calentamiento no sólo conduce a una mejor predisposición física, sino que también favorece la activación psíquica. Como, por ejemplo, un aumento de la atención y la concentración en la tarea y los objetivos, y un aumento de la motivación. Incluso se conoce que muchos deportistas durante este tiempo aprovechan para realizar alguna técnica de preparación mental, las cuales se consideran en los últimos años como parte fundamental de la competición (Röthlin et al., 2016). Entre la gran variedad de estrategias utilizadas, algunos ejemplos podrían ser la visualización, palabras clave, enfoques de atención o la mentalización, diseñadas principalmente para centrar la atención del deportista y aumentar su confianza en sí mismo (Brown & Fletcher, 2017). El uso de este tipo de técnicas o tareas ha mostrado mejoras de ejecución en deportistas de alto nivel e incluso se considera como una característica distintiva de los atletas olímpicos exitosos (Taylor et al., 2008).

Al fin y al cabo, el feedback psicológico recibido durante las rutinas específicas y pautadas de calentamiento físico más las técnicas de trabajo psicológico individuales o grupales, conllevará una mayor comodidad, actitud de firmeza y predisposición del deportista, compañeros y entrenador de cara a la competición.

1.1.3. Factores que influyen sobre el calentamiento.

Por otro lado, Berdejo del Fresno (2011), se apoya en otros autores para identificar los diferentes factores que pueden llevar a la modificación de los protocolos teóricos del calentamiento. Algunos de estos factores a tener en cuenta son:

- En primer lugar, la edad del sujeto. A mayor edad, la velocidad de regulación fisiológica disminuye, por lo que el calentamiento debería ser más largo y progresivo (Calleja et al., 2008)
- En segundo lugar, el nivel de condición física. El calentamiento debe durar como mínimo 10 minutos, pero conforme mejor sea la condición física del sujeto, mayor duración e intensidad debe de tener el calentamiento (Terrados, 1988)
- En tercer lugar, el momento del día. Los mejores resultados del calentamiento se obtienen entre las tres y las ocho de la tarde, por lo que

si se debe practicar actividad física o competir por la mañana, será necesario dedicar más tiempo al calentamiento con el fin de alcanzar el máximo rendimiento (Pombo Fernández & Da Silva Pina Da Moraes, 1997).

- En cuarto y último lugar, los factores externos. Dentro de estos, el que más se debe tener en cuenta es la temperatura exterior ambiental, ya que ésta influye de manera significativa en el tiempo de estabilización de las variables. En aquellas situaciones o lugares de calor elevado se debe evitar una calentamiento largo o excesivo ya que podría provocar una elevación perjudicial de la temperatura corporal mermando el rendimiento (Bishop & Maxwell, 2009).

1.1.4. Características principales del calentamiento.

Así pues, tras la información anterior, se pueden exponer como características principales del calentamiento (Sánchez, 2004):

- Debe realizarse como inicio a la actividad física ya que aumenta progresivamente la intensidad y así no someter al organismo a dificultades de adaptación.
- El calentamiento ayuda a entrar en “acción”, ya que el ritual físico que constituye ayuda a dar sentido psicológico a la actividad posterior.
- El calentamiento no solo sirve como preparatorio para esfuerzos de alta intensidad, sino que también es necesario para esfuerzos que requieran baja intensidad.
- Es necesario realizar un tipo concreto de calentamiento en función de la actividad física a realizar, siendo más esencial aun la realización de un calentamiento específico y diferenciado de cara a la competición.
- El calentamiento evita las sensaciones desagradables que pueden aparecer si se realiza un esfuerzo repentino, como las sensaciones de mareo, que corresponden con las primeras adaptaciones fisiológicas al esfuerzo.
- No solo tiene un papel importante como predecesor a la actividad, sino que ayuda a la recuperación, pues una mejora adaptación del organismo, conlleva un menor gasto energético.

- Su duración debe estar determinada, regulada y pautada en función de las capacidades del deportista, características del deporte y los agentes externos.
- Los efectos principales del calentamiento son: predisponer el organismo a un esfuerzo, mejorar la capacidad de coordinación de movimientos, optimización del rendimiento y disminución del riesgo de lesiones.

1.1.5. El calentamiento en el baloncesto.

Para esclarecer los beneficios del calentamiento, Bishop (2003b), establece tres categorías principales de rendimiento deportivo según la actividad. En primer lugar, rendimiento a corto plazo para aquellas actividades que supongan un esfuerzo máximo durante ≤ 10 segundos; en segundo lugar, rendimiento intermedio para aquellas actividades que supongan un esfuerzo máximo > 10 segundos, pero < 5 minutos; y en tercer lugar, rendimiento a largo plazo para aquellas actividades que supongan un esfuerzo fatigante durante ≥ 5 minutos. Teniendo en cuenta que los partidos de baloncesto constan de cuatro periodos de 10 minutos cada uno, sumando un total de alrededor de unos 40 minutos, éste se encuentra clasificado dentro del rendimiento a largo plazo.

En este tipo de deportes es importante estructurar calentamientos competitivos con una suficiente intensidad y duración, seguidos de un adecuado periodo de recuperación, para elevar el VO_2 de base sin causar una fatiga significativa. Además, parece ser que un calentamiento específico aportará beneficios ergogénicos adicionales a los aportados por el calentamiento general (Berdejo del Fresno, 2011). Y aunque un calentamiento óptimo depende de muchos factores, Bishop (2003b), sugiere que en los deportes de rendimiento a largo plazo, además del aumento de la temperatura corporal y muscular, será el aumento del $\text{VO}_{2\text{max}}$ el parámetro de referencia de cara a un buen calentamiento.

Éste debe realizarse entre el 60 y el 70% $\text{VO}_{2\text{máx}}$, ya que superior a esa intensidad agotará las reservas de glucógeno muscular y aumentará la tensión termorreguladora disminuyendo considerablemente el rendimiento. Su duración debe oscilar entre 5 y 10 minutos.

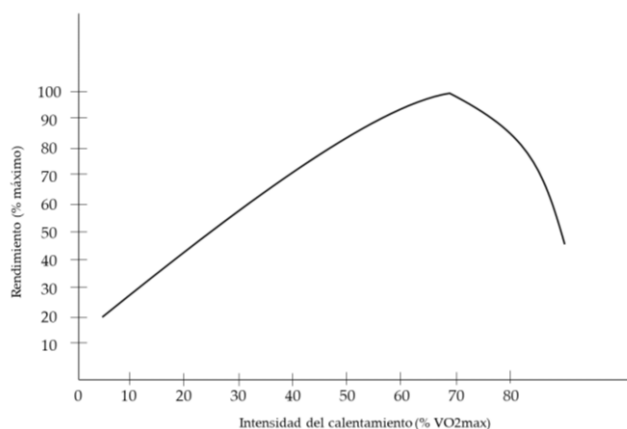


Figura 5. Cambios en el rendimiento después del calentamiento realizado a diferentes intensidades de consumo máximo de oxígeno (adaptado de Bishop, 2003b).

Por otro lado, el periodo de recuperación, es decir, el tiempo que transcurre desde la finalización del calentamiento y el comienzo de la actividad física o la competición, según Freiwald (2000), no deben transcurrir más de 20 minutos, ya que se pueden perder hasta un 60% de los beneficios obtenidos. Y por otro lado, Pombo Fernández & Da Silva Pina Da Morais (1997), afirman que no debe ser superior a 10 minutos ya que el deportista entonces tardaría más tiempo en alcanzar el VO_{2max} y la capacidad de mantenerlo en el tiempo disminuiría. Así pues, añadir un calentamiento específico al deporte, lo suficientemente breve para no llegar a la fatiga, conllevará mayores beneficios ergogénicos (Bishop et al., 2003).

Acorde a todo esto, Berdejo del Fresno (2011), es de los pocos autores que se atreve en la propuesta de un protocolo de calentamiento basado en la revisión bibliográfica, el cual consta de dos partes bien diferenciadas. La primera, un calentamiento general, con una duración aproximada de 18 minutos de trabajo en pista, progresivo e incluyendo ejercicios de propiocepción, movilidad articular, carrera y estiramientos (estáticos y dinámicos) y, tras esto, propone 8 minutos opcionales en el vestuario, con un total de unos 26 minutos. La segunda parte será un calentamiento específico, realizado en su totalidad en pista con una duración de 18 minutos incluyendo únicamente ejercicios específicos del baloncesto.

1.2. ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO.

Para entrar en contexto, primero se debe conocer la definición de entrenamiento deportivo, la cual ha sido definida por gran variedad de autores a lo largo de estas últimas décadas. Para Vorobyev (1978), el entrenamiento era un proceso que conlleva una modificación del estado físico, motor, cognitivo y afectivo de la persona. Según Harre & Barsch (1982), es el proceso sistémico total de la preparación del deportista para alcanzar su máximo rendimiento deportivo. Según Platonov (1988), es la aplicación de un conjunto de ejercicios corporales dirigidos específicamente a desarrollar y perfeccionar las cualidades perceptivo-motrices de la persona y con ello obtener un mayor rendimiento físico y deportivo. Verkhoshansky (1997), lo definía como un proceso pedagógico complejo, con aspectos muy variados organizados de forma específica, convirtiéndose en una acción sistemática, compleja y global, sobre la personalidad y el estado físico. En ese sentido, Matveev (2001) define el entrenamiento como todo aquello que comprende la preparación física, técnico-táctica, intelectual y moral del atleta con la ayuda de ejercicios físicos.

Finalmente, Martin et al. (2007), lo califican como un complejo proceso de actividades dirigido al desarrollo planificado de ciertos estados de rendimiento deportivo y a su exhibición en situaciones de verificación deportiva, especialmente en la actividad competitiva. Esta última perspectiva del entrenamiento deportivo, se refiere a él como un conjunto complejo de acciones que tiene un impacto significativo en el desarrollo de la personalidad del sujeto en su conjunto. Al ser planificado, significa que las actividades destinadas a los objetivos de desarrollo del estado de rendimiento deportivo y exhibición de rendimiento, no se deciden y realizan principalmente de forma espontánea, sino que se basan en reflexiones y decisiones previamente orientadas en función de descubrimientos científicos, experiencias prácticas, teorías del entrenamiento y condicionamientos situacionales relativamente duraderos.

Por otro lado, se debe tener en cuenta el concepto de rendimiento deportivo, el cual también ha sido definido en numerosas ocasiones. Platonov (1988) concluyó que el rendimiento deportivo no es más que la aptitud para ejecutar un determinado trabajo con reacciones energéticas y funcionales mínimas. Lavarello Salinas et al. (2004) definen el rendimiento deportivo como el mayor grado posible

del rendimiento motriz en una actividad deportiva determinada. Finalmente, Montoro & De la Paz (2015), se refieren al rendimiento deportivo como el aumento temporal de la capacidad física, psíquica, funcional, técnica y táctica reflejada por el deportista durante su período de entrenamiento y competición, y pudiendo analizarse y controlarse en el tiempo.

1.2.1. El entrenamiento para lograr un máximo rendimiento.

Durante los últimos años, un selecto grupo de entrenadores han llevado al máximo rendimiento a una serie de deportistas y/o equipos triunfadores. Estos entrenadores, se han justificado con el desarrollo de ciertos sistemas de entrenamiento, muchos de los cuales han tenido un importante impacto en nuestra visión actual de la preparación física de los deportistas de élite.

A pesar de que el éxito de estos entrenadores puede ser una fuente de inspiración, su enfoque se basa, en gran medida, en el método del ensayo-error. La personalidad emprendedora, que con frecuencia raya en la extravagancia y la excentricidad, es un componente inherente en ellos, pues para adentrarse por caminos desconocidos, estos entrenadores deben tener una visión y tener confianza en sus creencias. La desventaja es que esta técnica suele un amplio margen de error y suele fallar más que acertar. Además, antes de que aparezca la recompensa, pueden pasar muchos años para mejorar y perfeccionar un método de entrenamiento específico. Y en ocasiones, cuando el experimento falla o la técnica nueva es inadecuada, los deportistas y sus oportunidades se pierden para siempre (Hawley & Burke, 2000).

El método del ensayo-error también puede compararse con un método arbitrario, que busca encontrar la "mezcla perfecta" cambiando constantemente, y a menudo al mismo tiempo, una serie de factores. Así pues, resulta complicado determinar la razón detrás de una mejora en el rendimiento, ya sea porque el entrenador ha tenido suerte o bien porque ha encontrado a un deportista con un potencial genético excepcional y en este caso, no importa cómo se entrene el deportista, ya que mejorará de cualquier manera (Sarzynski et al., 2016).

Sin embargo, se reconoce la contribución de un pequeño grupo de entrenadores y científicos del deporte, que en los últimos años han hecho del deporte una ciencia y que, gracias a sus observaciones empíricas del método

ensayo-error, basadas en datos de campo y las actuaciones sobresalientes de sus deportistas, han promovido los conocimientos del entrenamiento y la preparación física de los deportistas contemporáneos.

En su mayor parte, la ciencia del deporte ha contribuido a posteriori a la explicación de los mecanismos por los cuales funcionan ciertas formas de entrenamiento. Y es que, hasta hace apenas unos años, los adelantos que los científicos obtenían mediante investigaciones en laboratorio con la finalidad de ayudar a los deportistas a encontrar su máximo rendimiento, eran escasos. Esto se debe a que, en primer lugar, la mayoría de los entrenadores son reacios a cambiar o modificar sus recomendaciones de entrenamiento, las cuales se han perfeccionado a lo largo de muchas décadas y están firmemente arraigadas entre los entrenadores. Seguidamente, de la dificultad para persuadir a los deportistas más destacados para que experimenten con sus programas de entrenamiento con fines científicos (Weineck, 2004).

Actualmente, la ciencia del deporte ha hecho avances significativos que ayudan a los entrenadores, ya que ésta ha asumido un papel importante dentro de la preparación física y la mejora del rendimiento de deportistas de un gran número de disciplinas deportivas, gracias a los recientes avances en los test y monitorización de la forma física, las ayudas nutricionales y ergogénicas, el equipamiento y la tecnología (Barbany, 2008).

A raíz de esto y observando la actuación de algunos de los mejores deportistas, se ha identificado que las respuestas del cuerpo humano al entrenamiento diario son uniformes y relativamente predecibles y que pueden medirse con gran precisión. Por lo que es muy probable que el éxito de los deportistas se deba más a la implantación de un cuidadoso programa de entrenamiento basado en los principios científicos del entrenamiento, los cuales han sido muy estudiados en la gran mayoría de deportes, más que la adopción de un método azaroso de ensayo-error. Pues cuando estos principios básicos del entrenamiento, como el principio de adaptación, el principio de sobrecarga progresiva, el principio de continuidad, el principio de alternancia, el principio de especificidad, el principio de recuperación y el principio de desentrenamiento, se combinan con las observaciones prácticas sobre el terreno, arrojan recomendaciones más precisas y específicas para la mejora del rendimiento (Raposo, 2000).

Debido a que las respuestas fisiológicas a estímulos concretos, en la actualidad están muy estudiadas y son más fácilmente medibles, los principios generales del entrenamiento físico pueden aplicarse a deportistas de todas las especialidades. Sin embargo, la respuesta exacta en un programa de entrenamiento puede variar mucho de uno a otro. Esto es debido a la disposición genética. El ejemplo más claro se observa en deportes menos técnicos, como es el caso de las carreras de fondo donde el rendimiento y la capacidad de adaptarse al entrenamiento está principalmente influenciado por la genética entre un 70-80% (Ghosh et al., 2019). Además, se ha identificado que alrededor del 5% de la población, a pesar de seguir un programa de entrenamiento físico sistemático, no podrá mejorar su rendimiento. Es por ello, que aquellos deportistas con un rendimiento superior no solo tienen los rasgos genéticos necesarios para triunfar, sino que también tienen la suerte de poder maximizar los aspectos físicos mediante un adecuado entrenamiento (Webborn et al., 2015).

Por tanto, se concluye Según Hawley & Burke (2000), que toda mejora en el rendimiento deportivo requerirá:

- La aplicación adecuada de programas de entrenamiento y nutrición.
- Una planificación cuidadosa y sistemática enfocada de manera individual a cada deportista.
- Lograr el mayor rendimiento deportivo sin lesiones.
- Estrategias tácticas seguras.
- Adaptar al deportista a las posibles condiciones ambientales.
- No olvidar el factor “suerte” para el día de la competición.

Finalmente, el entrenamiento no es, ni se cree que llega a ser, un trabajo puramente científico ya que, aunque los conocimientos actuales, en gran medida, se expongan y mejoren gracias a las investigaciones científicas, la experiencia de los entrenadores y los cambios introducidos por ellos en los métodos de entrenamiento tendrán siempre un punto subjetivo. Pero no por ello significa que los entrenadores, deportistas y científicos del deporte de todo el mundo, que poseen un conocimiento general y práctico de la fisiología de las pruebas deportivas, no trabajen juntos para poder alcanzar el máximo nivel de rendimiento.

Incluso, lo más probable es que de esta estrecha relación, surjan todas las innovaciones futuras en las técnicas de entrenamiento y las mejoras derivadas en el rendimiento deportivo (Barbany, 2008).

1.2.2. Capacidades físicas para un máximo rendimiento.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el rendimiento deportivo de los deportistas de élite se ve influenciado por una amplia variedad de factores, entre los cuales las capacidades físicas juegan un papel fundamental. El término capacidades físicas, se refiere a las cualidades y características del cuerpo humano que pueden mejorarse y desarrollarse a través del entrenamiento específico (Sebastiani et al., 2000). Y dado que influyen directamente en la capacidad del deportista para ejecutar movimientos técnicos de la manera más efectiva y eficiente, estas habilidades son esenciales para el rendimiento deportivo. Las capacidades físicas más relevantes para el rendimiento deportivo son:

- A. **Fuerza muscular:** se define como la capacidad del sistema neuromuscular para generar tensión y superar resistencias externas. Se ha demostrado que un mayor nivel de fuerza muscular está asociado con un mejor rendimiento en diversas disciplinas deportivas (Haff & Triplett, 2016). Y que, además, el entrenamiento de fuerza es capaz de aumentar la masa muscular, la densidad ósea y disminuir la probabilidad de lesiones musculoesqueléticas (Ratamess et al., 2009)
- B. **Velocidad y agilidad:** son capacidades físicas esenciales en la gran mayoría de deportes, especialmente aquellos que requieren cambios rápidos de dirección y movimientos explosivos. La velocidad se refiere a la capacidad de un individuo para desplazarse rápidamente de un punto a otro, mientras que la agilidad se relaciona con la habilidad de cambiar de dirección de manera rápida y controlada (Sheppard & Young, 2006). Ambas capacidades poseen un papel importante en la mejora del tiempo de reacción y la capacidad de anticipación del deportista.
- C. **Flexibilidad y movilidad:** la flexibilidad se define como la capacidad que tienen los músculos y las articulaciones para moverse a través de su rango completo de movimiento, mientras que la movilidad se relaciona con la capacidad de realizar movimientos con fluidez y control. Las dos

capacidades son importantes en la mejora del rendimiento ya que mediante su entrenamiento, se reduce la rigidez del tejido muscular y conectivo y mejorando el ROM y reduciendo el riesgo de lesiones musculares y articulares (Behm et al., 2016).

- D. Resistencia cardiovascular y muscular: ambas son esenciales, sobre todo, en deportes de larga distancia o duración, como el ciclismo, la carrera o la natación, entre otros muchos. La resistencia cardiovascular se refiere a la capacidad del sistema cardiovascular y pulmonar para suministrar oxígeno y nutrientes a los músculos durante el ejercicio, mientras que la resistencia muscular se relaciona más con la capacidad de los músculos para mantener un esfuerzo prolongado sin fatiga (Bassett & Howley, 2000). Se ha demostrado que los atletas que poseen una mayor resistencia son capaces de mantener un ritmo de competición más alto durante un tiempo más prolongado (Gibala et al., 2012).
- E. Potencia y explosividad: éstas son cruciales en deportes que requieran movimientos rápidos y explosivos, como saltos, lanzamientos o cambios bruscos de dirección. La potencia se define como la capacidad de generar la máxima fuerza en el menor tiempo posible, mientras que la explosividad es la capacidad de realizar un movimiento rápido y explosivo desde un estado de reposo o bajo una carga (Slimani et al., 2016). El entrenamiento de estas capacidades, ayudarán al deportista a generar fuerza en un período corto de tiempo, mejorar la velocidad de contracción muscular y la coordinación neuromuscular, mejorando, así, la aceleración, la altura de los saltos, los lanzamientos e incluso la carrera de velocidad (Kons et al., 2023).

En resumen, el conocimiento, medición y desarrollo de estas capacidades físicas ayudará a deportistas, entrenadores y científicos del deporte a mejorar el rendimiento deportivo de los deportistas de élite. Sin embargo, también es importante tener en cuenta que la optimización del rendimiento deportivo es un proceso multifactorial, es decir, que no solo depende de las capacidades físicas, sino que también requieren atención otros factores como la nutrición, el descanso y la salud mental (Hawley & Burke, 2000).

1.2.2.1. Condición física en el baloncesto.

El baloncesto se califica como un deporte de equipo dinámico y complejo que combina movimientos explosivos con diferentes habilidades técnicas específicas, como lo son el bote, el pase o el lanzamiento a canasta (Erčulj et al., 2010).

En el baloncesto, como en cualquier deporte de equipo, son numerosos los factores que influyen en el rendimiento óptimo, entre los principales, se encuentran aquellos relacionados con los aspectos técnicos y tácticos de los jugadores, los aspectos psicológicos y los aspectos relacionados con la condición física (Terrados & Calleja, 2008). En este último aspecto, autores como McGill et al. (2012) defienden la importancia de tener en cuenta la condición física del deportista de manera individual y grupal durante toda la temporada de cara a la obtención del máximo rendimiento deportivo, ya éste aspecto tiene una repercusión directa en el juego y puede alterarse fácilmente debido a diferentes causas o situaciones. Por otro lado, Buñuel et al. (2005), defienden que los aspectos antropométricos, técnico-tácticos y la condición física no parecen ser tan determinantes en el juego como se llega a pensar, ya que en el baloncesto actual la preparación física y técnico-táctica es muy similar para todos los equipos y, por tanto, el grado de interacción socio-afectiva, el apoyo económico-social y el perfil psicológico de entrenadores y jugadores, podrían tener una mayor repercusión en los resultados.

A partir del análisis de los esfuerzos físicos que supone la práctica del baloncesto, se puede establecer las principales características de la condición física necesaria por un jugador. Así mismo, se conoce que el baloncesto consiste en una serie de esfuerzos intermitentes, alternando *sprints* cortos, saltos y descansos activos o pasivos, siendo un deporte que alterna acciones aeróbicas y anaeróbicas, con fases breves de acciones máximas. Según Zaragoza (1996), el 52% de las acciones comprenden un periodo de tiempo entre 11 y 40 segundos y según el ritmo de realización de éstas acciones, predomina un ritmo moderado alrededor de un 50% y entre el 10 y 20% acciones a gran velocidad. En la misma dirección, Cometti (2006) destaca que la duración de los partidos suele rondar los 63 min, de los cuales en el 37% el jugador está participando (27% de carrera moderada, 10% de acciones rápidas) y en el 63% restante el jugador se encuentra en reposo (27% en el banquillo, 36% marcha). De aquí la importancia de la capacidad anaeróbica láctica y, en menor medida, la capacidad anaeróbica aláctica. Incluso, Salinas & Alvero (2001), observaron que los niveles de ácido láctico en jugadores de baloncesto no

son elevadas y que los valores medios se sitúan alrededor de los 4 mmol/l. Por otro lado, la frecuencia cardíaca estará comprendida entre 160-195 lat/min y no suele estar por debajo de los 110 lat/min. Mientras, el consumo máximo de oxígeno de un jugador suele mantenerse alrededor de 50 ml/kg/min (Zaragoza, 1996).

Por otro lado, cabe destacar, que la práctica específica de baloncesto es el mejor método para mejorar la condición física de los jugadores de baloncesto (Trninić et al., 2001) y para ello es esencial conocer el nivel de competición al que se enfrenta el jugador y equipo, ya que este está estrechamente relacionado con el tipo de demandas físicas necesarias (Salazar et al., 2021).

En suma, es importante entender que el rendimiento en baloncesto es una interacción de numerosos factores en la que tiene especial interés la cohesión grupal, el desarrollo técnico-táctico del equipo y la condición física que puede variar según la edad, el nivel de rendimiento, el sexo y la experiencia. La condición física no deja de ser un factor más, dentro de una amplia estructura, necesaria para el desempeño deportivo y que, como objetivo principal, se pretenderá adquirir una preparación física que permita sustentar un elevado ritmo en las acciones técnico-tácticas durante la competición e impedir las lesiones del jugador (Sánchez Sánchez, 2007).

1.2.2.2. Capacidades físicas en el baloncesto.

Tras lo anteriormente comentado, para Lorenzo (1998), las cualidades físicas predominantes en el baloncesto son la velocidad de reacción, la capacidad de aceleración, la velocidad gestual, la fuerza explosiva y la resistencia. Lorenzo (2015) expone la necesidad de una adecuada resistencia aeróbica, fuerza velocidad, fuerza resistencia y flexibilidad. Para Jones & Legg (2022), son esenciales la fuerza, la potencia, la resistencia muscular, la coordinación y el ROM. Mancha Triguero (2021), en su trabajo, observa que las capacidades relacionadas con la condición física más analizadas en los jugadores de baloncesto son la capacidad aeróbica, la capacidad anaeróbica láctica, la fuerza de tren inferior, la velocidad de desplazamiento, la agilidad y la fuerza centrípeta.

El baloncesto es un deporte de invasión con encadenamiento de esfuerzos, recuperaciones incompletas y un deporte híbrido que mezcla vías de obtención de energía, pero el mayor tiempo de la competición, la capacidad aeróbica toma un papel importante (Narazaki et al., 2009). Durante la competición, la frecuencia

cardiaca de un jugador de baloncesto se encuentra en torno al 85% de su frecuencia cardiaca máxima, con una media de 169 pulsaciones por minuto, llegando incluso hasta las 192 pulsaciones. Además, recorren entre 6000 y 7500 metros por partido (Reina et al., 2020). Por tanto, el atleta experimentará una serie de adaptaciones como resultado de la acumulación de esfuerzos prolongados a lo largo de un período de tiempo. La capacidad aeróbica, colaborará con la resíntesis de fosfocreatina y el aclaramiento de lactato, con la finalidad de ahorrar energía en los esfuerzos y producir un menor gasto energético (Castagna et al., 2009)

Por otro lado, la capacidad anaeróbica, también jugará su papel importante en el desarrollo de la competición ya según (Delextrat et al., 2015), los equipos ganadores suelen ser los equipos con mayor número de acciones anaeróbicas realizadas, de mayor duración y a mayor intensidad. Los equipos ganadores se caracterizan por tener un mayor porcentaje de tiro y número de rebotes, llegándose a demostrar que durante la competición se realizan hasta 1000 acciones de alta intensidad, las cuales cambian aproximadamente cada 2 segundos, unos 2 saltos por minuto e incluso alrededor de 45 *sprints* (Chaouachi et al., 2009). Por este motivo, la capacidad aeróbica es un aspecto a tener en cuenta, puesto que la propia competición exige, y más en los últimos años, que el jugador esté habituado a enfrentarse a numerosas acciones a máxima intensidad, siendo habitual la encadenación de esfuerzos repetidos con recuperaciones incompletas (Padulo et al., 2015).

Junto a la capacidad anaeróbica, se describe la importancia de la fuerza del tren inferior ya que la mayoría de acciones de alta intensidad llevan implícitas movimientos o gestos que requieren de una gran fuerza y explosividad, como en el caso de los movimientos defensivos, los *sprint*, los saltos verticales o los cambios de dirección (McInnes et al., 1995). Además, ya se ha demostrado en diversos deportes que la mejora en la fuerza mediante una repetición máxima en sentadilla, ofrece una mejora en la capacidad del salto y velocidad, es decir, en *sprints* cortos (Baker & Nance, 1999; Wisløff et al., 2004). Y es que cuando se habla de rendimiento en baloncesto, una de las capacidades físicas que más se tiene en cuenta como predictor de rendimiento, es el salto. Como se ha comentado anteriormente, durante la competición se puede llegar a realizar unos 2 saltos por minuto o unos 45 saltos por partido, con uno o dos pies (Chaouachi et al., 2009). Además, la capacidad de saltar sustenta muchas de las habilidades específicas del baloncesto,

como el tiro, el rebote, los bloqueos, la defensa, bandejar e, incluso, hacer mates (Abdelkrim et al., 2007).

Al fin y al cabo, la realización de saltos es una relación directa entre fuerza y velocidad del tren inferior. Lo que, si se debe tener en cuenta en el baloncesto, es que se encuentran dos tipos de saltos: un salto vertical estacionario desde un despegue de 2 pies y un salto vertical con un despegue de una sola pierna desde un enfoque de 1 paso, y ambos tienen poco en común y se consideran habilidades separadas. Los saltos bilaterales se caracterizan por la presencia de un ciclo de estiramiento-acortamiento largo y lento con un tiempo de despegue de aproximadamente 500ms (Ebben & Petushek, 2010), mientras que los saltos verticales desde una carrera están más influenciados por la fuerza reactiva que se caracteriza por ciclo de estiramiento-acortamiento corto y rápido con un tiempo de despegue de menos de 250ms (Young et al., 1999).

La agilidad también se considera como una capacidad física importante en el baloncesto, es verdad, que siempre se ha pensado en ella con más peso sobre aspectos técnico-tácticos que sobre aspectos físico, pero no se debe pasar por alto que ésta influye directamente la gran mayoría de aspectos físicos del baloncesto (Chaouachi et al., 2009; McInnes et al., 1995). Y es que, la máxima expresión de la agilidad viene determinada por la velocidad máxima para cambiar de dirección, la fuerza explosiva, el equilibrio, la coordinación muscular y la flexibilidad (Sheppard & Young, 2006).

Finalmente, se habla del ROM por su gran importancia como estrategia de intervención para reducir el riesgo de lesiones y optimizar el rendimiento deportivo (Gonzalo-Skok et al., 2015). Se ha demostrado que una limitación del ROM es uno de los predictores más importantes de las lesiones deportivas y, dentro del baloncesto, los esguinces laterales de tobillo se encuentran entre las lesiones musculoesqueléticas más comunes (Padua et al., 2019), siendo una de las causas principales la limitación del ROM en la dorsiflexión de tobillo, afectando a la biomecánica de carrera y de aterrizaje tras el salto, alterando el equilibrio y facilitando la lesión de estructuras subyacentes (Lazarou et al., 2018).

1.3. FOAM ROLLER.

Consecuentemente a las últimas investigaciones sobre los diferentes métodos de calentamiento tanto activos como pasivos, en los deportes de equipo, como fútbol, baloncesto, balonmano o rugby, entre otros, se debe prescribir, en primer lugar, un calentamiento general y, posteriormente, un calentamiento específico para ese el deporte concreto (Van Den Tillaar et al., 2019). Pero dado que el calentamiento específico enfocado a ese deporte se basa sobre todo en el ensayo y error, se hace muy difícil encontrar el protocolo del calentamiento más eficaz (Bishop, 2003a). Es por ello, que, en los últimos años, se estudian nuevas técnicas de calentamiento que ayuden a potenciar, de manera casi inmediata, el rendimiento del deportista. Una de las técnicas que ha tomado importancia en los últimos tiempos, dentro del calentamiento pre-ejercicio o pre-competición, tanto en deportistas amateur como profesionales, es el rodillo de espuma o *Foam Roller* (FR) (D'Andrea et al., 2017).

Esta herramienta nace en la década de 1950 como parte del método Feldenkrais como una estrategia para mejorar la sensibilidad natural del cuerpo al movimiento, como una especie de “mecanismo de ajuste” para que el cuerpo fuese más receptivo consigo mismo y con su entorno, y su composición era de madera. En la década de 1970, llegó a Estados Unidos como una forma de profundizar el aprendizaje motor y comenzaron a diseñarse con espuma de alta densidad. En 1987, el fisioterapeuta Sean Gallagher, un famoso y prestigioso fisioterapeuta de Broadway, comenzó a utilizar rodillos de espuma como herramienta de auto masaje para los bailarines. En la década de 1990, se introdujo por primera vez dentro del mundo del fitness, por parte del fisioterapeuta Mike Clark, el cual lo denominó como una herramienta de “auto-masaje miofascial” y poco a poco, su popularidad fue aumentado, especialmente entre los levantadores de pesas, como medio para reducir las dolencias musculares y mejorar el rendimiento. Finalmente, en 2004 se publica el primer artículo sobre la utilización del FR, por parte de Eric Cressey y Mike Robertson y, en este mismo año, nace en Estados Unidos, la primera patente del FR (Freiwald et al., 2016).

Actualmente, el FR se define como un rodillo cilíndrico recubierto de espuma de diferentes densidades y con diferentes tamaños, cuyo interior puede ser hueco o no, poseer vibración o no, y mediante su rodadura sobre la musculatura diana, se

ejerce una presión que depende directamente del peso corporal que se deja reposar sobre él (Romero Moraleda et al., 2020) (figura 6).

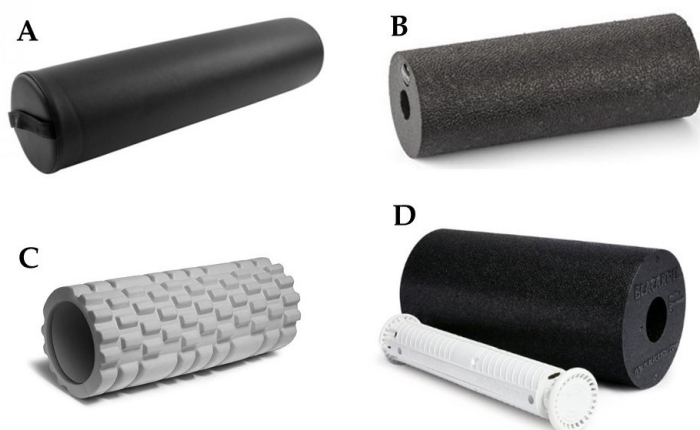


Figura 6. Tipos de Foam Roller. A: baja densidad; B: alta densidad; C: con relieve; D: con vibración.

Desde finales del siglo XX, el FR es considerado como una herramienta de liberación miofascial, más en específico, de auto-liberación miofascial (*Self-Myofascial Release*, en inglés) y aunque las investigaciones sobre los efectos de la auto-liberación miofascial mediante FR está en fases iniciales de investigación, todo apunta a que el uso del FR puede conllevar una mejora en la recuperación muscular (Macdonald et al., 2014; Rey et al., 2019), aumenta la flexibilidad (Su et al., 2017), mejora el ROM (MacDonald et al., 2013), reduce la adherencia en tejidos blandos y la aparición tardía de dolor muscular (Romero-Moraleda et al., 2017), modula la función del sistema nervioso (Kim et al., 2014) y aumenta la respuesta vascular (Hotfiel et al., 2017; Okamoto et al., 2014), y, por esta razón, se teoriza que el FR podría mejorar el rendimiento como método aplicado durante el calentamiento (Beardsley & Škarabot, 2015; Cheatham et al., 2015). Sin embargo, el efecto del FR sobre la fuerza sigue siendo controvertido (Kozłenia & Domaradzki, 2022).

Como se ha comentado en apartados anteriores, los deportistas de élite demandan niveles de movilidad, fuerza y flexibilidad que en ocasiones pueden llegar a superar la capacidad humana natural, y son factores físicos determinantes en el rendimiento. Por lo que las principales mejoras que el FR ofrece sobre estas capacidades físicas, podrían partir de, como teoría principal, su estrecha relación

con los cambios en la rigidez del tejido muscular y en sus estructuras morfológicas (Wiewelhove et al., 2019).

La actividad física llevada a cabo por los atletas, sobre todo, en deportes que requieren una alta demanda de movimientos con un componente excéntrico, conlleva una alteración de las propiedades mecánicas del tejido blando, reduciendo así el umbral de tolerancia a la carga del sistema musculoesquelético y promoviendo el deterioro mecánico del tejido miofascial (Ferraro et al., 2014). Esto es debido a que frente a las altas cargas físicas repetitivas, los procesos biológicos de mecano adaptación de la matriz extracelular del tejido conjuntivo, favorecen una respuesta inflamatoria mediada por interleucinas inflamatorias, la liberación de factores de necrosis tumoral alfa y la liberación del factor transformador del crecimiento, aumentando la diferenciación y proliferación de fibroblastos y la excesiva síntesis de colágeno, facilitando la fibrosis y la rigidez tisular (Zügel et al., 2018). Es por ello, que se produce una alteración patológica del comportamiento mecánico del tejido conjuntivo, disminuyendo la elasticidad, aumentando la rigidez y favoreciendo la deshidratación. En esta situación, la fascia genera una adhesión fibrosa alrededor de las áreas traumatizadas modificando el desarrollo funcional y evitando una mecánica muscular normal, disminuyendo el ROM, elasticidad, fuerza, flexibilidad, y resistencia muscular (Wheeler, 2004).

Para evitar o corregir esta situación, las técnicas de auto-liberación miofascial, en específico el FR, ha ostentado un papel importante ya que modularía la afectación muscular y utilizarían la naturaleza tixotrópica de la fascia para hacerla más maleable y flexible (Wheeler, 2004). Pues la presión ejercida mediante la rodadura del FR sobre el conjunto de estructuras miofasciales, conlleva cambios en las adherencias fasciales y las propiedades viscoelásticas del tejido conjuntivo (Beardsley & Škarabot, 2015). Estos cambios, provocarían, por un lado, la estimulación del reflejo miotático inverso transmitiendo una señal de relajación para mejorar la flexibilidad (D. H. Junker & Stöggl, 2015). Por otro lado, un aumento de la vasodilatación, del flujo sanguíneo y una reducción de la rigidez vascular (Hotfiel et al., 2017), induciendo un efecto de calentamiento y facilitado la movilidad. Es por ello, que se produce un aumento de la distensibilidad del tejido, facilitando así el deslizamiento entre planos y, por lo tanto, mejorando el ROM (Beardsley & Škarabot, 2015). También se han descrito mecanismos neurofisiológicos analgésicos, que motivan un cambio del tono simpático al

parasimpático y una mayor tolerancia al dolor. Este aumento del umbral doloroso es debido a la activación del control inhibitorio nocivo difuso, mediante el cual se revierte el dolor miofascial, al dirigir varios estímulos al mismo nivel medular, en este caso, el dolor y la presión por el uso del FR, de esta forma se acaba inhibiendo la nocicepción del área local y de áreas colindantes temporalmente (Aboodarda et al., 2015). Esto se relaciona estrechamente, no solo con la mejora del ROM, sino también en la recuperación o en aparición tardía de dolor muscular.

Finalmente, aunque todo apunta a que los efectos positivos del FR sobre las propiedades mecánicas del tejido conjuntivo, evitando o mejorando las adherencias fasciales, y sobre el incremento del flujo sanguíneo, lo que proporcionará un mayor aporte de oxígeno y sustratos para ejecutar las acciones musculares, no se puede establecer un efecto positivo en la fuerza de la extremidad inferior, a pesar de su intento por diferentes autores (Kozłenia & Domaradzki, 2022; Romero-Franco et al., 2019; Smith et al., 2018). Por tanto, se puede esclarecer, que el FR, es capaz de reestablecer y aumentar el ROM, la flexibilidad y disminuir aparición tardía de dolor muscular, sin afectar negativamente la intensidad de la actividad o el rendimiento muscular (Hendricks et al., 2020).

Con respecto al protocolo de utilización de esta herramienta, aun no cuenta con un protocolo de aplicación estandarizado, ya que, debido a su novedad, cada autor establece un protocolo diferente. Por suerte, los estudios más recientes ya aportan ciertas pautas de interés, entre las que se establece que: debe usarse en combinación con un calentamiento activo antes de una sesión de entrenamiento (Hendricks et al., 2020), la aplicación mínima de tiempo para provocar cambios fisiológicos debe ser de al menos 90 segundos por grupo muscular aunque este tiempo se divida en varias series, es decir, mínimo 3 series de 30 segundos de trabajo con el mismo tiempo de descanso entre serie (Nakamura et al., 2021), la experiencia del deportista con esta herramienta es importante y debe enseñarse a usarla (Healey et al., 2014; Mayer et al., 2020), debe controlarse la velocidad de rodadura independientemente de rápida o lenta, pero debe ser controlada y consciente (Wilke et al., 2019) e incluso el FR con vibración parece arrojar unos resultados un poco más favorecedores que el convencional, pero su precio es bastante más elevado y ha sido estudiado en muy pocas ocasiones (Lee et al., 2018; Romero-Franco et al., 2019). Por otro lado Fernández Lázaro et al. (2023), en su

reciente revisión, nos exponen las características y recomendaciones de uso del FR según el tipo (figura 7).

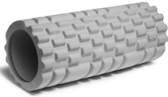
TIPOS DE FOAM ROLLER	CARACTERÍSTICAS Y RECOMENDACIONES DE USO
Baja densidad 	- Ligeros y suaves al contacto con el cuerpo. Permiten su uso sin sentir una presión muy intensa. - Aplicación recomendada en zonas musculares con gran rigidez muscular, zonas delicadas o dolorosas. - Para grupos musculares, como vasto latera o tensor de la fascia lata, y para la zona de la espalda evitando clavarlos en las apófisis espinosas.
Alta densidad 	- Son duros al contacto con el cuerpo, pudiendo incluso resultar doloroso por la elevada presión. - Aplicación de uso diario en los entrenamientos o recuperar rápidamente o debido a que produce masaje muy profundo con descarga muscular más efectiva, equivaliendo a días de recuperación. - Para grupos musculares más difíciles de masajear siendo necesaria la profundidad, como pueden ser los gemelos y soleos, isquiotibiales, cuádriceps y/o glúteo.
Con relieve 	- Poseen protuberancias moderadas que distribuyen la presión ejercida a lo largo del FR. Son bastante agradables dado que tienen una densidad intermedia. - Aplicación recomendada para uso diario en los entrenamientos por su bajo peso y tamaño reducido. - Permiten más liberación del el tejido fascial y en concreto inciden más sobre determinados puntos gatillo.

Figura 7. Características y recomendaciones de uso del FR según el tipo (adaptada de Fernández Lázaro et al., 2023).

Tras lo comentado anteriormente, todo apunta a que existe un alto potencial del uso del FR como una modalidad de calentamiento, y más para deportes como el baloncesto el cual se caracteriza por la realización continua de *sprints*, cambios de dirección, saltos máximos y agilidad, siendo necesario poseer un ROM adecuado y una menor rigidez muscular, mejorando el rendimiento y minimizando el riesgo de lesión.

II – JUSTIFICACIÓN

II - JUSTIFICACIÓN

Durante décadas, entrenadores y profesionales del ejercicio han estudiado e intentado determinar el calentamiento más adecuado para cada actividad física o deporte. Y es que, como ya se ha visto, el calentamiento tradicional basado en el ensayo y error, aún sigue en la búsqueda de su *gold standard* con el objetivo de aumentar el rendimiento y minimizar el riesgo de lesiones. De ahí, las nuevas vertientes hacia unos métodos y metodologías más novedosas que permitan obtener el mayor potencial deportivo en el menor tiempo posible, surge el investigar en profundidad el uso del FR como una herramienta de calentamiento en el mundo de la alta competición.

El proceso de *foam rolling*, es realmente único y no puede definirse como una sola categoría de terapia, pues la presión ejercida por el rodillo de espuma, utilizando la propia masa corporal del deportista, conlleva ciertas respuestas fisiológicas como la estimulación de la unidad tendinosa de Golgi, reduciendo así la tensión muscular (MacDonald et al., 2013). Sus repuestas fisiológicas son similares a otras terapias como las del masaje y al estiramiento, por lo que el FR puede describirse como una combinación de masaje, auto-liberación miofascial y estiramientos estáticos (Krause et al., 2019). Hasta ahora, se ha observado que cualquiera de estas tres metodologías cuando se evalúan por separado no muestran mejoras significativas en el rendimiento. Sin embargo, el FR por separado, al imitar cada una de éstas, parece ofrecer unos resultados llamativos (D'Andrea et al., 2017).

La fascia, considerada como parte del tejido conjuntivo que rodea a los músculos y sus tendones, funciona como soporte para las fibras musculares y para ayudar a unir los tendones al hueso. Ésta tiene una propiedad única, es tixotrópica, es decir, es capaz de volverse más flexible cuanto más se utiliza, permitiendo así más movimiento. Pero si un músculo permanece inmóvil durante un tiempo, la fascia puede volverse más rígida y, por tanto, limitar el movimiento (Sefton, 2004). De ahí la importancia de las terapias de liberación miofascial, como el FR, con las que se busca movilizar la fascia para hacerla más flexible y permitir mayor amplitud de movimiento y, con ello, mejorar el rendimiento (Beardsley & Škarabot, 2015; Phillips et al., 2021).

Con respecto a la utilización del FR para la mejora del rendimiento en la extremidad inferior, no parecen mejorar ni afectar negativamente en el rendimiento. Healey et al. (2014), observaron la eficacia del FR midiendo los parámetros de: dolor muscular, la fatiga y el esfuerzo percibido antes y después de la prueba, en primer lugar, y, en segundo lugar, el rendimiento en función de fuerza isométrica, altura del salto vertical, salto vertical para la potencia y la carrera, sin encontrar resultados significativos. MacDonald et al. (2013) y Peacock et al. (2014), midieron los mismos parámetros de rendimiento que el autor anterior, añadiendo el ROM, sin encontrar mejoras importantes. Aun así, todos ellos coincidieron en una reducción de la fatiga y esfuerzo percibido tras la utilización del FR.

Estudios más recientes como el de Kalichman & Ben David (2017), observaron una mejora significativa en el ROM, favoreciendo la ejecución técnica sin comprometer la fuerza muscular ni el rendimiento general, lo que refuerza su utilidad en fases de activación previa al ejercicio. En la misma línea, Giovanelli et al. (2018), identificaron mejoras en el rendimiento previo a acciones motoras explosivas que implican ciclos de estiramiento-acortamiento muscular, lo que sugiere que el uso del FR puede optimizar el funcionamiento neuromuscular antes de actividades de alta intensidad, como los *sprints*, saltos o cambios de dirección. Asimismo, Romero-Franco et al. (2019), encontraron que la combinación de FR con un calentamiento activo como la carrera incrementa la dorsiflexión del tobillo, una variable crítica en la biomecánica del salto, favoreciendo así la producción de fuerza vertical. Por otro lado, Hendricks et al. (2020), concluyeron que el FR, especialmente en combinación con calentamiento dinámico, reduce la rigidez muscular y mejora el ROM, lo que podría traducirse en una mayor eficacia mecánica en gestos deportivos específicos. Este efecto también fue observado por Mayer et al. (2020), quienes destacaron una disminución significativa, aunque temporal, de la rigidez del tejido conectivo tras intervenciones con FR, lo cual es clave para prevenir lesiones por sobrecarga o limitación funcional. Del mismo modo, Anderson et al. (2020), indicaron que el uso del FR mejora la flexibilidad general, si bien sus efectos se potencian cuando se utiliza en conjunto con otras metodologías de calentamiento, lo que refuerza la importancia de integrar el FR dentro de protocolos multicomponente. Finalmente, el estudio más reciente de Desai et al. (2023), concluyó que el uso regular del FR puede reducir

significativamente el riesgo y el tiempo de aparición de lesiones, subrayando su valor preventivo dentro del entrenamiento deportivo.

Desafortunadamente, a pesar de todos estos estudios, el conocimiento sobre los mecanismos subyacentes de la respuesta fisiológica del FR es aún incompleto ya que las predisposiciones neurológicas, psicológicas y fisiológicas pueden influir en sus efectos independientemente del procedimiento (Cavanaugh et al., 2017). A esto se añade que la mayoría de los estudios solo buscan los efectos agudos en el rendimiento sin llegar a afianzar un protocolo estandarizado, siendo los propios autores los que defienden en sus conclusiones la necesidad de un protocolo generalizado y estudios de más duración para así conocer la verdadera influencia del FR en el rendimiento deportivo. De aquí nace el objetivo principal de esta investigación.

Además, el baloncesto es un deporte de equipo muy dinámico, donde los jugadores necesitan desarrollar correctamente habilidades como correr, saltar, desplazamientos y cambios de dirección (Hoffman et al., 1996), por lo que un adecuado calentamiento con FR podría ser interesante para mejorar el rendimiento deportivo. Dentro de estas habilidades, el salto ha sido considerado como uno de los movimientos más frecuentes durante un partido de baloncesto (Ziv & Lidor, 2010) y, además, durante años se ha sugerido que el salto es una de las mejores expresiones de la fuerza del miembro inferior y con ello del rendimiento deportivo en jugadores de baloncesto (Boone & Bourgois, 2013). De ahí la importancia de su análisis. En los últimos años, las nuevas tecnologías pesan bastante en la sociedad y con ello aparecen nuevas herramientas que ayudan a los profesionales a la medición y la validación, como es el caso de la aplicación móvil MyJump, la cual facilita la medición del salto y otros parámetros como la dorsiflexión de tobillo (Balsalobre-Fernández et al., 2015, 2019).

Finalmente, para obtener el mayor rendimiento deportivo, la incidencia de lesiones debe ser mínima y, es que, los esguinces laterales de tobillo se encuentran entre las lesiones musculoesqueléticas más comunes dentro del baloncesto (Padua et al., 2019), siendo una de las causas principales la limitación de ROM en la dorsiflexión de tobillo la cual afecta a la biomecánica de carrera y de aterrizaje tras el salto y altera el equilibrio (Lazarou et al., 2018). Por lo que la utilización de

herramientas como el FR durante el calentamiento pueden disminuir la prevalencia de estas lesiones y, en conjunto, aumentar el rendimiento.

III – OBJETIVOS

III - OBJETIVOS

3.1. PRINCIPALES

- 1) Analizar el impacto de un protocolo de calentamiento específico con foam roller durante tres meses en el rendimiento deportivo en jugadores de baloncesto, centrándose en variables como el salto, la fuerza de la extremidad inferior, el equilibrio y la movilidad de tobillo.
- 2) Conocer los efectos del calentamiento mediante foam roller a largo plazo y observar sus efectos residuales tras un periodo de seguimiento.
- 3) Proponer un protocolo de calentamiento específico con foam roller para la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones.

3.2. SECUNDARIOS

- 1) Observar los efectos producidos por el foam roller en la fuerza de la extremidad inferior mediante los datos obtenidos en la realización del Counter Movement Jump, saltos repetidos, Drop Jump unilateral y el Curl Nordico de isquiotibiales.
- 2) Valorar los efectos sobre la estabilidad de la rodilla provocados por el foam roller midiendo los grados de valgo de rodilla en un Drop Jump.
- 3) Conocer la influencia del foam roller sobre el equilibrio de la extremidad inferior mediante el Y-Balance Test.
- 4) Comprobar la efectividad del foam roller en la movilidad de tobillo mediante el Dorsiflexion Lunge Test.
- 5) Comparar los datos obtenidos previos al protocolo de calentamiento con los obtenidos tras tres meses de realización del protocolo específico con foam roller y observar si los efectos producidos se mantienen en el tiempo tras un mes de seguimiento.

IV - MATERIAL Y MÉTODO

IV -MATERIAL Y MÉTODO

4.1. PARTICIPANTES

La muestra de esta investigación estuvo compuesta por 24 sujetos, sanos, jugadores de baloncesto masculinos y femeninos, en categoría senior, es decir, en edad adulta comprendida entre 18 y 30 años.

Se establecieron como criterios de inclusión:

- Realizar mínimo tres sesiones de entrenamiento a la semana junto con competiciones los fines de semana.
- No haber sufrido ninguna lesión músculo-esquelética o cirugía en la extremidad inferior en el último año previo a la investigación.
- Presentar una patología ortopédica o neurológica de miembro inferior diagnosticada.

Como criterios de exclusión:

- Lesión que impida cumplir con los mínimos de entrenamiento pautados a la semana o el protocolo de calentamiento establecido.

Los 24 participantes fueron asignados al azar y por igual en 2 grupos de manera totalmente aleatorizada, mediante la utilización del GraphPad Software (GraphPad Software, 2023). De tal manera que los grupos de estudio fueron los siguientes:

- Foam Roller Group (FRG) o grupo experimental: compuesto por 12 sujetos los cuales realizaron un Foam Roller Warm-Up (FRWU) como parte del calentamiento general previo a los entrenamientos.
- Control Group (CG) o grupo control: compuesto por otros 12 sujetos los cuales solo realizaron un calentamiento general específico del baloncesto pautado por el preparador físico del equipo.

Finalmente, 2 sujetos fueron excluidos por lesión y no poder cumplir con el protocolo por lo que la muestra del estudio fue en última instancia de 22 sujetos (figura 8).

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado para poder participar en la investigación y permitir el tratamiento de datos personales. Junto al consentimiento informado, se les entregó una hoja informativa donde se incluían los objetivos, procedimientos, beneficios y posibles riesgos involucrados en la investigación. En todo momento, estuvo disponible una revocación del consentimiento informado para aquel que quisiese abandonar el estudio. En los anexos 1,2 y 3, se puede encontrar los modelos de cada uno de los documentos nombrados.

Toda la investigación se desarrolló de acuerdo con los principios éticos para la investigación con seres humanos incluidos en la Declaración de Helsinki y fue aprobada por el comité de ética de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) con el código: CE052314 (anexo 4).

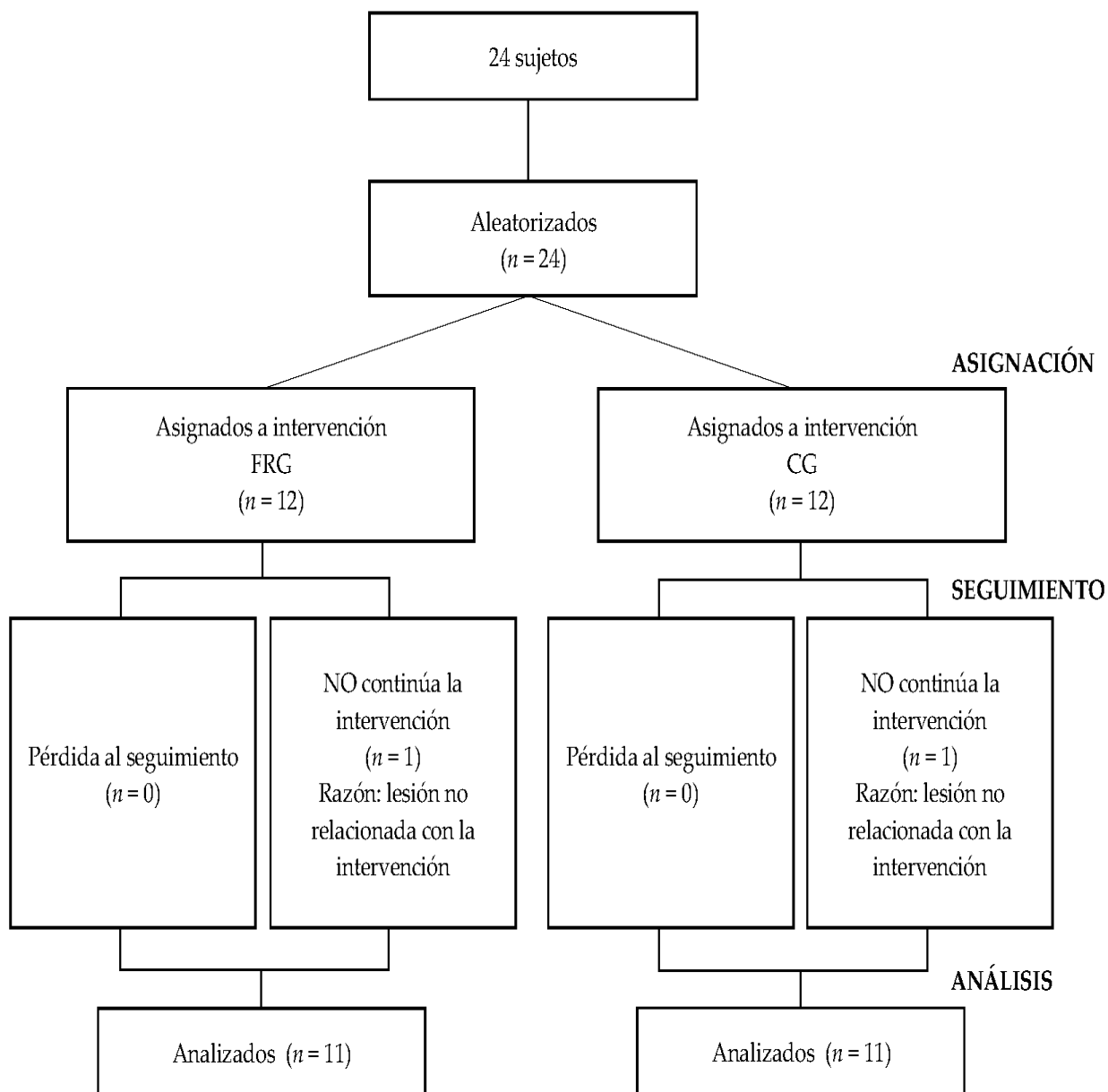


Figura 8. Diagrama de flujo de los sujetos de estudio.

4.2. MATERIAL

4.2.1. Antropometría

En primer lugar, se llevó a cabo una antropometría básica donde se tomaron datos referentes a la edad, estatura, peso corporal y longitud de algunas extremidades. Los materiales utilizados fueron:

- Para medir el peso corporal, se utilizó una báscula TANITA BC-601 (Tanita®, Illinois, EE. UU.) con una precisión de 0.1 kg.
- Para la estatura se utilizó un tallímetro TANITA HR001 (Tanita®, Illinois, EE. UU.) con una graduación de 1 mm, un rango de medición que iba de 0 a 210 cm y una precisión de 0.1 cm.
- Para la medición de las longitudes de las extremidades se utilizó una cinta métrica.

4.2.2. Medición de variables

Las variables medidas para la investigación fueron obtenidas de las pruebas de salto, fuerza de isquiotibiales, valgo de rodilla, el equilibrio de la extremidad inferior y la dorsiflexión de tobillo. El material utilizado para cada una de las mediciones se detalla a continuación.

4.2.2.1. Salto

Se realizaron 3 mediciones diferentes de salto, Counter Movement Jump (CMJ), saltos repetidos y drop jump unilateral. El material utilizado fue similar para cada una de las pruebas.

- Iphone 11 con aplicación MyJumpLab (My Jump 2): esta aplicación nos permite obtener diferentes variables de cada una de las pruebas de salto únicamente con un análisis de un video pre-grabado de cada una de ellas.
- Trípode para estabilizar el móvil.
- Banco de 25 centímetros de altura, únicamente para el drop jump unilateral.
- Y cinta para realizar marcas de referencia.

4.2.2.2. *Fuerza de isquiotibiales*

Para medir la fuerza de isquiotibiales, se utilizó:

- Iphone 11 con aplicación MyJumpLab (Nordics): mediante el análisis de un video pre-grabado realizando el curl nordico de isquiotibiales en excéntrico, obtenemos diferentes variables de estudio.
- Trípode para estabilizar el móvil.
- Esterilla para apoyar las rodillas.
- Espaldera para bloquear los pies.
- Y cinta para colocar las marcas de referencias óseas.

4.2.2.3. *Valgo de rodilla*

Para medir el valgo de rodilla, se necesitó:

- Iphone 11 con aplicación MyJumpLab (MyMocap), la cual mediante un análisis de video en directo nos arrojaba los grados de valgo en cada una de las rodillas.
- Trípode para estabilizar el móvil lo máximo posible.
- Banco a 40 centímetros de altura.

4.2.2.4. *Equilibrio*

Para medir el equilibrio, se llevó a cabo el Y-Balance Test, para el cual existe una herramienta totalmente validada, el Y Balance Test Kit™ de *Functional Movement Screen* (FMS®). Esta herramienta te permite conocer la distancia en cada uno de los movimientos.

4.2.2.5. *Dorsiflexión de tobillo*

Para medir la dorsiflexión de tobillo, se necesitó:

- Iphone 11 con aplicación MyJumpLab (MyROM), la cual nos indicaba los grados obtenidos en cada uno de los tobillos.
- Brazaletes para sujetar el móvil a la pierna, justo en la posición marcada por la aplicación.
- Cinta para marcar línea de referencia en el suelo.

4.2.2.6. Foam roller Warm-Up

Para la realización del protocolo de calentamiento, se utilizó un rodillo de espuma liso, de alta densidad, de unos 33 centímetros de longitud y unos 13 centímetros de diámetro, de comercialización común. Conocido popularmente como Foam Roller.



Figura 9. Material para la investigación.

4.3. PROCEDIMIENTO

Durante la investigación, se llevaron a cabo tres recogidas de datos para ambos grupos en las que se incluyen todos los test explicados más adelante en este mismo apartado.

En primer lugar, se llevó a cabo la primera medición denominada “pre-FRWU o T0”, equivalente a la semana 0. En ella se llevó a cabo la firma del consentimiento informado, la toma de datos antropométricos y las mediciones de las pruebas de salto, fuerza de isquiotibiales, valgo de rodilla, equilibrio y flexión dorsal de tobillo. Tras esto, se les entregó el foam roller y se les explicó a los sujetos

del grupo experimental como y cuando debían realizar el protocolo de calentamiento establecido (en el anexo 5 se puede ver la hoja entregada a cada sujeto con las pautas de realización). A partir de aquí, comienza el FRWU.

La intervención mediante el FRWU se llevó a cabo de la semana 1 a la 12, completando así 3 meses de intervención. El CG solo realizó un calentamiento pautado por el preparador físico del equipo, basado en movilidad, estiramientos balísticos, desplazamientos y ejercicios específicos del baloncesto, mientras que el FRG realizó el FRWU aplicado a la musculatura de los gemelos, isquiotibiales, glúteos, cintilla iliotibial y cuádriceps, previo al calentamiento general pautado por el preparador físico.

En la semana 12, se llevó a cabo la segunda medición denominada “post-FRWU o T1”, repitiendo de nuevo todas las pruebas realizadas en la primera, a excepción de la antropometría. Justo en ese momento el FRG dejó de realizar el FRWU, continuando así ambos grupos solo con el calentamiento general.

En la semana 16, tras un mes de seguimiento a la finalización del FRWU, se realizó una tercera medición denominada “post-1mes-FRWU o T2” con las mismas pruebas que en la medición anterior. Con esto se da por finalizada la recogida de datos de la investigación.

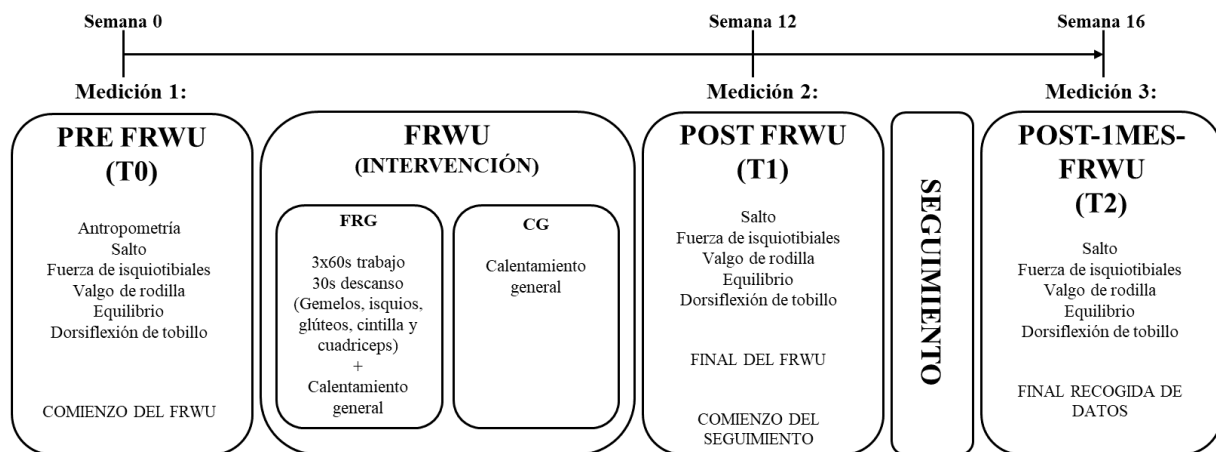


Figura 10. Diagrama de flujo de la intervención.

4.3.1. Medición antropométrica

En primer lugar, se le realizó a cada paciente una pequeña “historia clínica” con datos de interés como la edad, posición de juego, carrera deportiva y lesiones anteriores o enfermedades de interés. Posteriormente, se le pidió que se descalzase y subiese a la báscula y al tallímetro para obtener peso y estatura. Por último, se realizaron las siguientes mediciones necesarias para el análisis de datos mediante la aplicación móvil:

- La altura en 90°: sujeto en posición de inicio de salto vertical, con una flexión de rodillas de 90° medida con goniómetro, se toma la medida desde trocánter mayor hasta el suelo (figura 11A).
- La palanca: sujeto de rodillas, en posición inicial al test Nórdico de Isquiotibiales, se toma la medida desde el suelo hasta la parte más alta de la cabeza (figura 11B).
- La longitud de pierna: sujeto en supino se midió desde el trocánter mayor hasta la punta de los pies con una flexión plantar máxima (figura 11C).

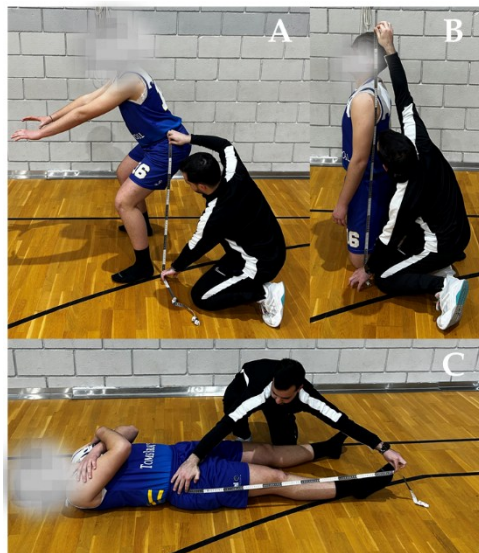


Figura 11. Mediciones antropométricas para análisis de datos.

4.3.2. Medición del salto

La medición del salto, se llevó a cabo mediante la grabación de video de cada una de las pruebas que se explican a continuación. Se posicionó un trípode con

móvil frente al sujeto y, en todas las pruebas por igual, se le pidió que estuviera descalzo y con brazos en posición de parada, es decir, manos apoyadas en la cintura hombros abducidos a 45 grados y codos flexionados a 90 grados, para así reducir la ayuda de impulso con los brazos.

4.3.2.1. Counter Movement Jump

En esta prueba, el sujeto situado sobre la línea marcada en el suelo, debe partir desde una posición de bipedestación erguida con pies situados en la misma línea que los hombros, para posteriormente realizar un salto vertical máximo por medio de una flexo-extensión rápida de piernas. La flexión máxima de las rodillas es de 90 grados, se debe evitar que el tronco se flexione y las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas (Bosco et al., 1983). Se le pidió que realizase 3 intentos con un descanso de unos diez segundos para reducir la fatiga. Para la realización de este test, se colocó el móvil con la app de *MyJump* de *MyJumpLab* en un trípode frente al sujeto.



Figura 12. Procedimiento CMJ.

4.3.2.2. Saltos repetidos

En esta prueba, el sujeto debe realizar 10 saltos máximos verticales con ambos pies, uno tras de otro con un máximo de 15 segundos. Se deben aplicar las mismas pautas de realización que en el CMJ. Para la realización de este test, se colocó el móvil con la app de *MyJump* de *MyJumpLab* en un trípode frente al sujeto.

4.3.2.3. *Drop Jump unilateral*

Para la realización de este test, se colocó el móvil con la app de *MyJump* de *MyJumpLab* en un trípode frente al sujeto. En esta última prueba de valoración del salto, se le pidió al sujeto que realizase un salto en caída unilateral (J. B. Taylor et al., 2016) desde una altura de 25 centímetros. Debía dejarse caer lentamente hacia delante, recepcionar la caída con el pie a medir y, de forma seguida, realizar un salto vertical máximo. Se le pidió que realizase 3 intentos con cada una de las piernas, con un descanso de unos diez segundos para reducir la fatiga.



Figura 13. Procedimiento Drop Jump unilateral.

4.3.3. Medición de la fuerza de isquiotibiales

El *Nordic Hamstring Test* fue el utilizado para medir la fuerza de isquiotibiales (Claudino et al., 2021). Para la realización de este test, se colocó el móvil con la app de *Nordics* de *MyJumpLab* en un trípode lateral al sujeto. A éste se le marcó con una pegatina el maléolo externo del tobillo, cóndilo femoral externo y trocánter mayor del fémur, ya que para el análisis del video debían tenerse en cuenta estos puntos. Colocó las rodillas sobre la esterilla, pies anclados a la espaldera y brazos en cruz sobre el pecho, se le pidió que desde una posición erguida bajase lentamente, con la espalda erguida, hasta no poder más y apoyar las manos.



Figura 14. Procedimiento Nordic Test

4.3.4. Medición del valgo dinámico de rodilla

El valgo dinámico de rodilla se midió mediante la realización del *Drop Jump Test* o prueba de salto en caída (J. B. Taylor et al., 2016). Para la realización de este test, se colocó el móvil con la app de *MyMocap* de *MyJumpLab* en un trípode frente al sujeto. A éste se pidió que subiese a un cajón de 40 centímetros de alto y se parase sobre el borde con los brazos en posición de parada, para así reducir el impulso del movimiento de éstos. A continuación, debía dejarse caer lentamente hacia delante, recepcionar la caída con ambos pies a la vez y, de forma seguida, realizar un salto vertical máximo. Se le pidió que realizase 3 intentos con un descanso de unos diez segundos para reducir la fatiga.



Figura 15. Procedimiento valgo de rodilla.

4.3.5. Medición del equilibrio

El Y-Balance Test fue el elegido para evaluar la estabilidad y equilibrio de la extremidad inferior. Este es una adaptación válida del Star Excursion Balance Test (SEBT) que evalúa la coordinación, el equilibrio, la flexibilidad y la fuerza de la extremidad inferior, pero solo mediante la distancia anterior (AR), la distancia posteromedial (PMR) y la distancia posterolateral (PLR). Se utilizó la herramienta específica para dicho test explicada en el apartado 4.2.2.4. y se siguió el protocolo establecido por Plisky et al. (2006).

Para medir la AR, el sujeto debió colocarse a un solo pie, es decir, unipodal con la pierna a evaluar, derecha o izquierda, en el centro de la Y invertida. Se le pidió que desplazase el ladrillo lo más lejos posible hacia el frente sin levantar el talón de apoyo y sin caerse. Se apuntó en centímetros la distancia alcanzada de 3 intentos válidos (figura 16A).

Para medir la PLR, el sujeto unipodal con la pierna a evaluar, derecha o izquierda, en el centro de la Y invertida. Se le pidió que desplazase el ladrillo lo más lejos posible hacia el lateral contrario a la pierna de apoyo sin levantar el talón y sin caerse. Se apuntó en centímetros la distancia alcanzada de 3 intentos válidos (figura 16B).

Para medir la PMR, el sujeto unipodal con la pierna a evaluar, derecha o izquierda, en el centro de la Y invertida. Se le pidió que desplazase el ladrillo lo más lejos posible hacia el lateral sin levantar el talón de apoyo y sin caerse. Se apuntó en centímetros la distancia alcanzada de 3 intentos válidos (figura 16C).

Se resalta la necesidad de realizar tres intentos exitosos, es decir, existe la posibilidad de intentos fallidos, que no se contabilizarían para la medición. EN este caso, se consideran intentos fallidos aquellos en los que: el atleta toca el suelo con su pie antes de regresar a la posición inicial o cualquier pérdida de equilibrio, el atleta no puede colocar su pie encima del indicador de alcance para obtener apoyo durante el alcance y debe empujar el indicador de alcance usando el área roja del objetivo y/o atleta debe mantener su pie en contacto con el indicador del objetivo hasta completar el alcance y no puede mover ni patear el indicador.

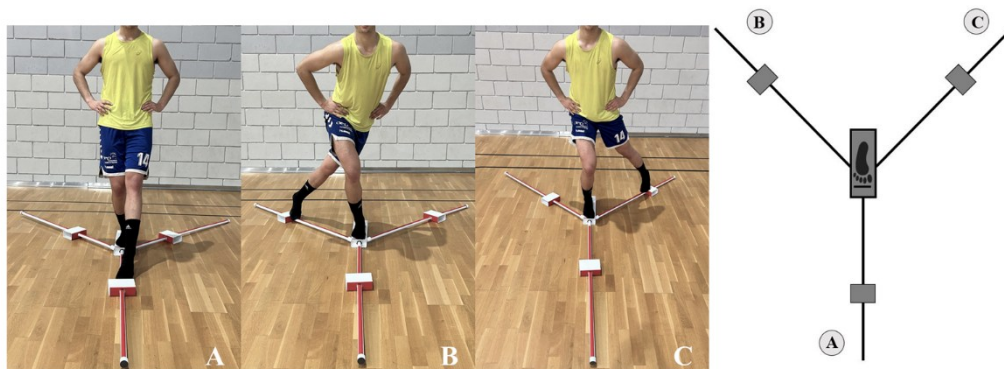


Figura 16. Procedimiento Y-Balance Test.

4.3.6. Medición de la flexión dorsal de tobillo

La dorsiflexión de tobillo se midió mediante el *Dorsiflexion Lunge Test* (Bennell et al., 1998) y la utilización de la aplicación *MyRom* de *MyJumpLab* para IOS. Siguiendo el protocolo establecido por Balsalobre-Fernández et al. (2019), el sujeto se situó descalzo, de frente a una pared, colocando el primer dedo del pie a medir en una línea marcada en el suelo a 15cm de la pared y con un brazaletes se sujetó el móvil con la *App* encendida sobre la línea media tibial a 15 cm de la tuberosidad tibial. Se le pidió, entonces, que intentase tocar la pared con la rodilla sin levantar el talón del suelo durante tres intentos. En caso de llegar a tocar la pared en el primer intento, se le pedía que retrocediese un poco más para no limitar la medición real y realizar ahora los tres intentos puntuables.

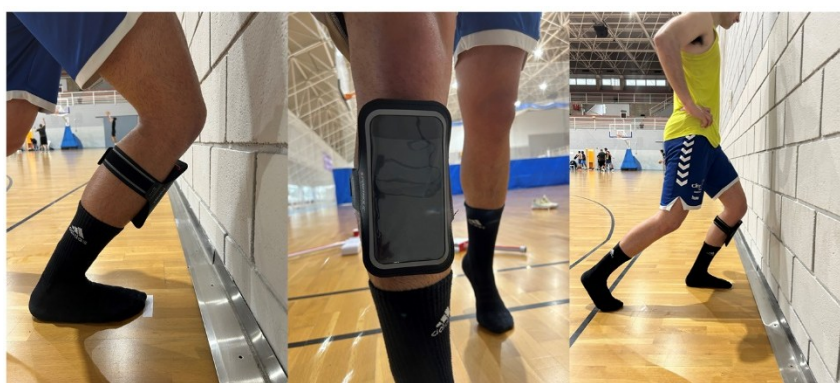


Figura 17. Procedimiento Lunge Test.

4.3.7. Protocolo de Foam Roller Warm-Up

El protocolo de calentamiento con FR o FRWU fue llevado a cabo únicamente por el FRG durante 3 meses, previo a los entrenamientos y como parte del calentamiento general pautado por el preparador físico del equipo. El CG solo realizó el mismo calentamiento general que el grupo experimental, basado en movilidad, estiramientos balísticos, desplazamientos y ejercicios con balón específicos del deporte.

El FRWU se diseñó enfocado a la musculatura de la extremidad inferior y se desarrolló en base a adaptaciones de estudios anteriores (Baumgart et al., 2019; Madoni et al., 2018; Smith et al., 2018). Mediante la utilización de un FR, los sujetos realizaron 3 series de 60 segundos de trabajo con 30 segundos de descanso entre serie, 3 veces por semana y solo durante entrenamientos. Se realizó de manera bilateral para los gemelos, isquiotibiales, glúteos y cuádriceps, y de manera unilateral para la cintilla iliotibial. Utilizando únicamente su peso corporal con una presión media entre 5 y 7 en una escala subjetiva numérica de dolor/incomodidad (donde 0 representa la ausencia de incomodidad y 10 máxima incomodidad), sin provocar espasmos musculares o calambres (Kiyono et al., 2022)

Para cada una de las partes establecidas de la extremidad inferior, los sujetos rodaron el FR desde la parte superior hasta la parte inferior del músculo o grupo muscular y luego volvieron a la posición inicial.

El protocolo de realización para cada una de ellas fue:

- En el caso de los gemelos e isquiotibiales, los sujetos se sentaron con el rodillo debajo del grupo muscular sobre el que rodar, piernas ligeramente elevadas sobre el suelo, manos apoyadas en el suelo y dedos apuntando hacia los pies, mientras sostenían parte de su peso corporal (figura 18A y 18B).
- En el caso del glúteo, los sujetos se sentaron con el rodillo debajo del grupo muscular sobre el que rodar, plantas de los pies apoyadas en el suelo y semiflexión de rodillas, manos apoyadas en el suelo y dedos apuntando hacia los pies, dejando caer el peso de su cuerpo sobre el FR (figura 18C).

- En el caso de la cinta iliotibial, los sujetos se tumbaron sobre el lado sobre el que rodar, con la pierna superior cruzada por delante de la pierna de abajo, la cual está ligeramente elevada del suelo (figura 18D).
- Finalmente, para los cuádriceps, los sujetos se acostaron boca abajo con los antebrazos apoyados en el suelo como si estuviesen en posición de pancha y el rodillo de espuma bajo sus muslos (figura 18E).

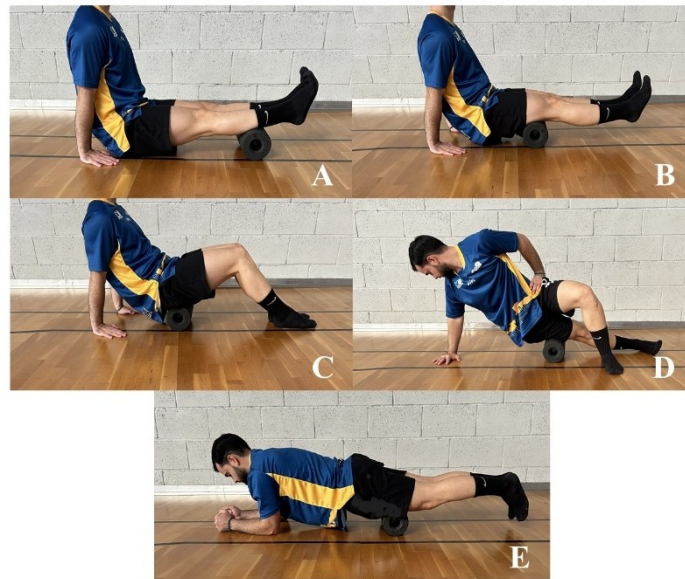


Figura 18. Protocolo de FRWU.

4.4. ANÁLISIS Y RECOGIDA DE DATOS

Las variables analizadas mediante la utilización de la aplicación MyJumpLab fueron: el salto, la fuerza de isquiotibiales, el valgo de rodilla y la dorsiflexión de tobillo. Como se muestra a continuación, la aplicación facilita cada una de las variables de cada test o prueba tras ser analizadas con el video grabado o en directo, pudiendo posteriormente descargarse en archivos de Excel para ser estadísticamente analizadas. El análisis y recogida de datos del equilibrio se llevó a cabo de forma manual durante la realización del test.

4.4.1. Antropometría

Se registro a cada uno de los sujetos dentro de la aplicación MyJumpLab, incluyendo peso, altura, longitud de pierna, altura a 90º y palanca. Además, de

manera manual se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC) con los datos recogidos.



Figura 19. Registro de usuario en App.

4.4.2. Salto

El análisis de datos de cada una de los test de salto, se realizó mediante la aplicación de MyJump2.

4.4.2.1. Counter Movement Jump

Tras cargar el video en la aplicación, se debía indicar dos puntos de referencia: el primero, justo el momento en que el sujeto despega las puntas de los pies del suelo y, el segundo, cuando las puntas de los pies vuelven a tocar el suelo. De esta manera, la aplicación automáticamente calcula 5 variables: altura de salto (cm), tiempo de vuelo (ms), fuerza (N), velocidad (m/s) y potencia (W).

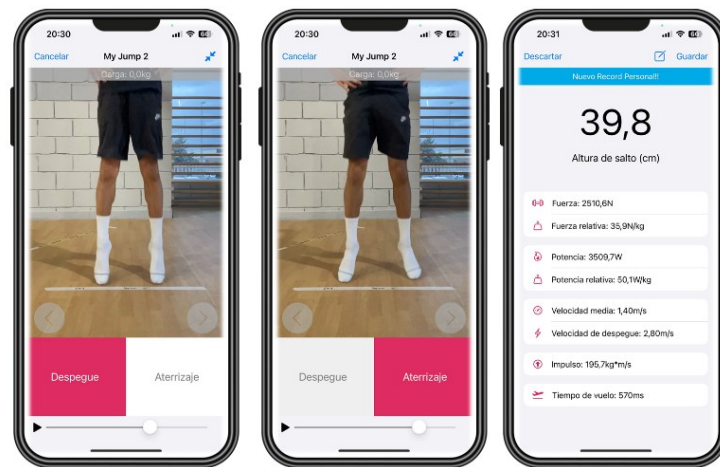


Figura 20. Análisis de CMJ en App.

4.4.2.2. Saltos repetidos

Tras cargar el video en la aplicación, se realizó la misma acción que en el CMJ, indicando justo el momento en que el sujeto despegas las puntas de los pies del suelo y cuando vuelven a tocar, pero en este caso, con 10 saltos seguidos. De esta manera, la aplicación automáticamente calcula 4 variables: media de altura, media de tiempo de contacto, índice de fatiga-altura e índice de fatiga-contacto.

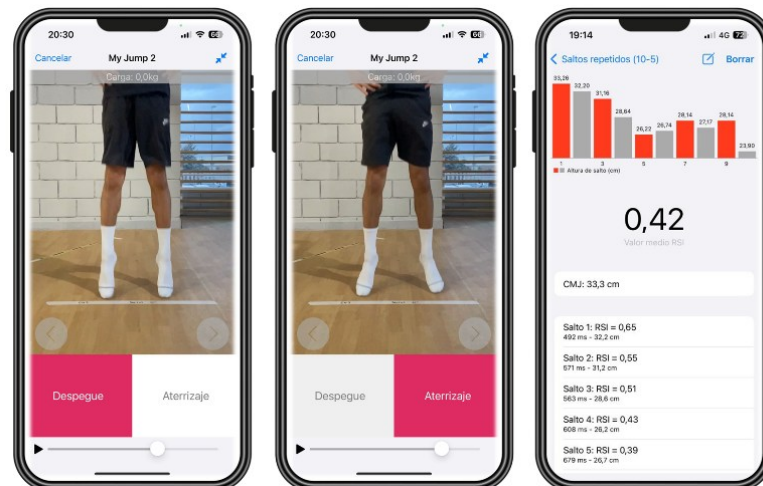


Figura 21. Análisis saltos repetidos en App.

4.4.2.3. Drop Jump unilateral

En este caso deben cargarse dos videos en la aplicación, el *drop jump* de la pierna izquierda y el *drop jump* de la pierna derecha. En cada una de ellas debe seleccionarse justo el momento en que el sujeto apoya la punta del pie en suelo tras

caer del cajón, cuando despegas la punta del pie para realizar el salto vertical unipodal y cuando vuelve a tocar el suelo tras el salto. De esta manera, la aplicación automáticamente calcula 6 variables: tiempo de contacto y de vuelo de la pierna derecha y de la izquierda y la asimetría del tiempo de contacto y de vuelo entre ambas.

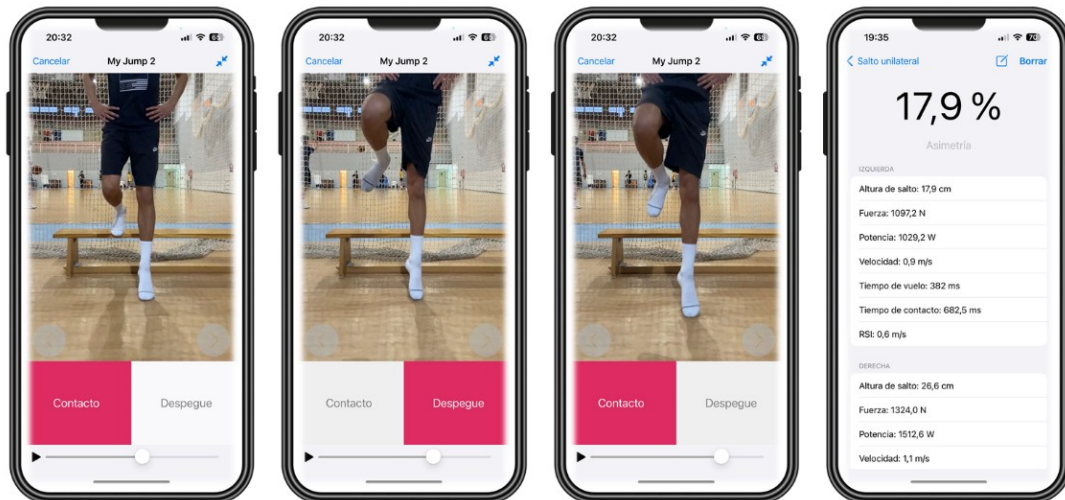


Figura 22. Análisis Drop Jump unilateral en App.

4.4.3. Fuerza de isquiotibiales

El análisis de datos de esta prueba se realizó mediante la aplicación de Nordics. Tras cargar el video en dicha aplicación, se señalaron de manera manual los puntos de referencia ya estipulados con las pegatinas sobre el individuo durante la grabación del video. Se congela el vídeo justo en la posición en la que el sujeto comienza a separar las manos del pecho, ya que eso nos indicaba que no podía realizar más fuerza. Automáticamente, la aplicación nos arrojó 2 variables: el torque (Nm) y ángulo de ruptura ($^{\circ}$), en función del peso de cada uno de los sujetos y su palanca (ésta fue medida con anterioridad en la antropometría).

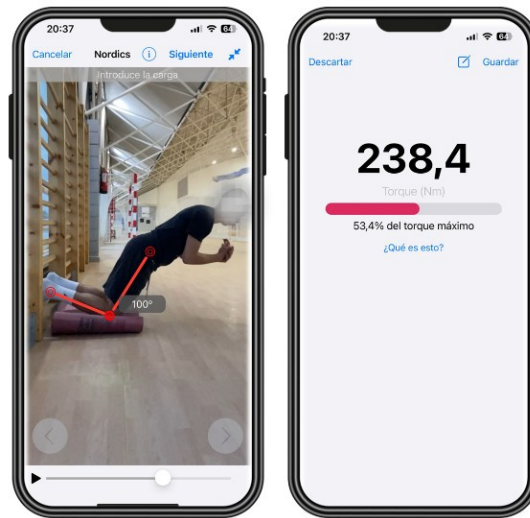


Figura 23. Análisis Nordic Test en App.

4.4.4. Valgo dinámico de rodilla

El análisis de datos de esta prueba se realizó mediante la aplicación de MyMocap. Ésta es capaz de identificar 7 puntos de referencia: tres en la cadera (uno sobre el pubis y dos sobre las crestas ilíacas), dos puntos en cada una de las rodillas y otros dos en el tobillo sobre la articulación tibio-astragalina. De tal manera que en directo analiza la biomecánica en la recepción del *drop jump* y nos arrojó 2 variables: grados del valgo dinámico de la rodilla derecha y grados del valgo dinámico de la rodilla izquierda.

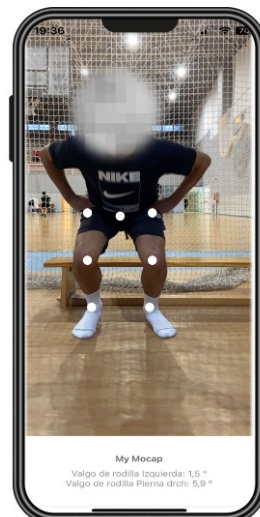


Figura 24. Análisis valgo de rodilla en App.

4.4.5. Equilibrio

Este es el único test donde no se utilizó el análisis de video, por lo que los datos fueron recogidos de forma manual durante su realización. Apuntando en un archivo de Excel el alcance en centímetros obtenido en cada uno de los movimientos. Finalmente, para el análisis estadístico se utilizó la distancia relativa normalizada, es decir, un porcentaje que indica la distancia alcanzada normativa, obtenida de la división de la media de los tres intentos entre la longitud de la pierna de cada participante. Evitando así desequilibrios y estandarizando al máximo las mediciones de cara a futuras investigaciones.

$$\text{Distancia Relativa} = (\text{alcance absoluto} / \text{longitud de pierna}) \times 100$$

$$\text{Alcance absoluto} = (\text{medición 1} + \text{medición 2} + \text{medición 3}) / 3$$

4.4.6. Flexión dorsal de tobillo

El análisis de datos de esta prueba se realizó mediante la aplicación de MyRom. Mediante la utilización del inclinómetro del móvil durante la realización del test de dorsiflexión con cada uno de los tobillos, nos arrojó 3 variables de manera automática: grados del tobillo derecho, grados del tobillo izquierdo y el porcentaje de asimetría entre ambos tobillos.

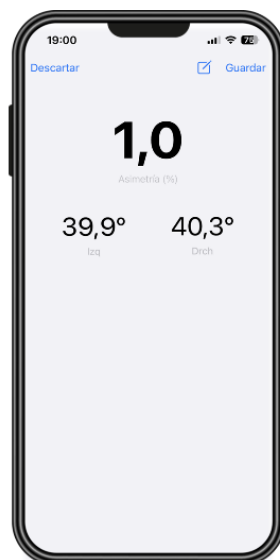


Figura 25. Análisis
dorsiflexion de tobillo en
App.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tras realizar el seguimiento de los sujetos durante cuatro meses de intervención y observar los resultados, toda la información fue almacenada en una base de datos diseñada específicamente para este estudio. Posteriormente se realizó una revisión para identificar entradas de datos erróneas o valores atípicos extremos, es decir, datos que consideramos no representativos de las variables de estudio, aunque en este caso no los había. Una vez refinados los datos, se realizó el análisis estadístico descriptivo e inferencial correspondiente utilizando varias bibliotecas dentro del programa de procesamiento estadístico avanzado RStudio (RStudio Team, 2020).

Para comprobar el valor basal inicial (medición T0 previa a FRWU, semana 0) de ambos grupos, se realizó una prueba t de muestra independiente para comprobar que no había diferencias significativas en los dos grupos, que iban a seguir intervenciones diferentes. Posteriormente, se decidió utilizar una prueba t para muestras pareadas para cada uno de los grupos por separado para observar su progresión, tras confirmar el cumplimiento de los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. En los casos en que no se cumplieron estos supuestos, se empleó una prueba equivalente no paramétrica, como la prueba de rangos con signos de Wilcoxon. El nivel de significancia se fijó en $p < 0,05$ para todas las pruebas.

Además, para describir la magnitud de la diferencia o relación entre las medias de dos grupos pareados, se calculó el tamaño del efecto mediante la d de Cohen. Cuantifica la diferencia estandarizada entre las medias de dos grupos emparejados. Se calcula dividiendo la diferencia media entre las observaciones pareadas por la desviación estándar de esas diferencias. Y proporciona una indicación de la importancia práctica, o la fuerza de la relación observada, independientemente del tamaño de la muestra.

Además, tras estudiar el efecto de la aleatoriedad mediante las pruebas t y cuantificar la diferencia en el efecto. Se han creado algunas visualizaciones para visualizar las diferencias que se produjeron tras la intervención del rodillo de espuma. Esto se ha hecho basándose en curvas de densidad de probabilidad suavizadas que nos permiten observar la diferencia de efecto producida en los sujetos.

Finalmente, para calcular la potencia del estudio, se realizó un análisis post-hoc utilizando los resultados obtenidos a través del programa G*Power (Faul et al., 2007). Se utilizaron pruebas t pareadas para calcular la diferencia de medias antes y después de la intervención y evaluar si se habían producido diferencias significativas. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha < 0,05$, empleando una prueba de una cola, ya que se obtuvo mejoría y se asumió un tamaño del efecto grande para las variables de interés en el estudio. En consecuencia, se logró un poder estadístico de 0,84, que es la convención común mínima para el poder estadístico requerido para un estudio, aunque la muestra sea pequeña.

4.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

A nivel metodológico es importante considerar algunas limitaciones relevantes.

En primer lugar, el hecho de trabajar con deportistas profesionales o semiprofesionales implica una muestra especializada, con características fisiológicas, técnicas y adaptaciones al entrenamiento que son difícilmente extrapolables a poblaciones generales o a deportistas en formación. Acceder a este tipo de deportistas es complicado y el cuerpo técnico puede generar trabas a la hora de realizar protocolos específicos novedosos, de ahí la no aplicación antes de competición, o la pérdida de entrenamientos para las mediciones. Para ello, se informó detalladamente al cuerpo técnico los posibles beneficios del FR como parte del calentamiento para mejorar el rendimiento y se intentó realizar las mediciones de la manera que menos influyeran en la normalidad de los entrenamientos.

Por otro lado, su elevada carga de entrenamiento y la falta de control sobre variables externas como la nutrición, el sueño, la carga total de entrenamiento o el uso simultáneo de otras estrategias de recuperación (como crioterapia, masaje o suplementación), que podrían haber influido en los resultados obtenidos.

Por otro lado, el contexto profesional puede generar una adherencia forzada o condicionada al protocolo, lo cual no siempre refleja un uso voluntario o autónomo, por lo que se tuvo que controlar in situ la realización del protocolo por parte de los participantes.

Finalmente, aunque se intentó alargar al máximo el periodo de intervención, solo se pudo estudiar durante tres meses y esto no permite observar efectos mucho más allá del uso del FR a corto/medio plazo, sigue siendo limitado para valorar cambios estructurales duraderos o efectos sobre la prevención de lesiones a largo plazo. Por tanto, los resultados deben interpretarse con cautela y contrastarse con investigaciones realizadas en otros contextos y niveles de práctica deportiva.

V – RESULTADOS

V - RESULTADOS

5.1. SUJETOS

En este estudio participaron inicialmente 24 sujetos, de los cuales 2 se perdieron durante el proceso debido a lesión que les impedía seguir con el protocolo establecido. Finalmente, 22 sujetos fueron incluidos en la investigación, 11 en el FRG y 11 en el CG. No se encontró ningún *outlier*.

La media de edad de la muestra total fue de 23 años (± 4.6), con un peso de 81.4 kg (± 17.2), una estatura de 180 centímetros (± 0.1) y un IMC de 25.4 kg/m² (± 3.6).

Haciendo una comparativa entre ambos grupos de estudio, la media de edad para el FRG fue de 23.7 (± 4.5) y para el CG de 22.2 (± 4.7). El peso promedio fue de 77.5 kg (± 13.0) para el FRG y 85.4 kg (± 20.5) para el CG. En el caso de la altura, la media fue de 180 cm (± 0.1) en tanto en el FRG como en el CG. Finalmente, el IMC fue, en el caso del FRG, de 24.7 kg/m² (± 4.3) y, en el caso del CG, de 26.1 kg/m² (± 2.8).

Tabla 1. Características de los participantes.

	FRG	CG	TOTAL
Participantes, <i>n</i>	11	11	22
Edad, years	23.7 (4.5)	22.2 (4.7)	23.0 (4.6)
Peso, Kg	77.5 (13.0)	85.4 (20.5)	81.4 (17.2)
Altura, cm	180 (0.1)	180 (0.1)	180 (0.1)
IMC, Kg/m²	24.7 (4.3)	26.1 (2.8)	25.4 (3.6)

Nota: Los valores se representan con la media y la desviación estándar (SD).

5.2. SALTO

5.2.1. Counter Movement Jump

En la comparativa entre medias de las variables obtenidas tras la realización del CMJ según muestra la tabla 2 (altura, tiempo de vuelo, velocidad, fuerza y potencia de salto), no se mostraron diferencias significativas entre grupos. A pesar de esto, se pueden observar unas mejoras superiores del FRG en T1 (post-FRWU), con respecto al CG, destacando que en T2 (post-seguimiento), es el CG el que muestra unas mejoras superiores al FRG.

Tabla 2. Comparativa de medias de las variables del CMJ entre FRG y CG.

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Altura, cm	27.9 (10.2)	30.2 (10.1)	29.1 (8.6)	22.4 (7.6)	24.4 (6.0)	25.8 (6.7)
Tvuelo, ms	469.2 (88.3)	489.5 (83.5)	481.9 (74.5)	421.8 (72.0)	442.3 (57.6)	454.9 (60.0)
Velocidad, m/s	1.2 (0.2)	1.2 (0.2)	1.2 (0.2)	1.0 (0.2)	1.1 (0.1)	1.1 (0.1)
Fuerza, N	1780.1 (482.1)	1859.4 (482.4)	1816.0 (410.9)	1636.9 (424.1)	1793.0 (398.6)	1831.0 (525.9)
Potencia, W	2111.4 (902.5)	2286.9 (934.3)	2178.7 (736.8)	1741.8 (664.8)	1966.8 (593.1)	2092.5 (822.0)

Nota: Los valores se representan con la media y la desviación estándar (SD).

Se encontraron diferencias significativas en el FRG entre T0-T1 (comparativa entre pre y post-FRWU), en todas las variables del salto, con un tamaño del efecto pequeño para la altura, tiempo de vuelo fuerza y potencia, mientras que para la velocidad el tamaño del efecto fue nulo. En cambio, el CG solo mostró diferencias significativas solamente en la fuerza y la potencia con un tamaño del efecto pequeño. Entre T0-T2 (comparativa entre pre-FRWU y el seguimiento), solo se encontraron diferencias significativas en el CG en todas las variables del salto con un tamaño del efecto pequeño a excepción de la velocidad cuyo tamaño del efecto es nulo (tabla 9).

La figura 26 muestra la comparativa de medias únicamente en el FRG entre T0-T1 en la altura de salto, el tiempo de vuelo, la velocidad, la fuerza y la potencia. Se observa un desplazamiento a la derecha de la curva de la media en todas las variables con una significación estadística menor a 0.05, lo que significa que existe una mejora significativa en el salto por parte del FRG tras la aplicación del FRWU durante tres meses.

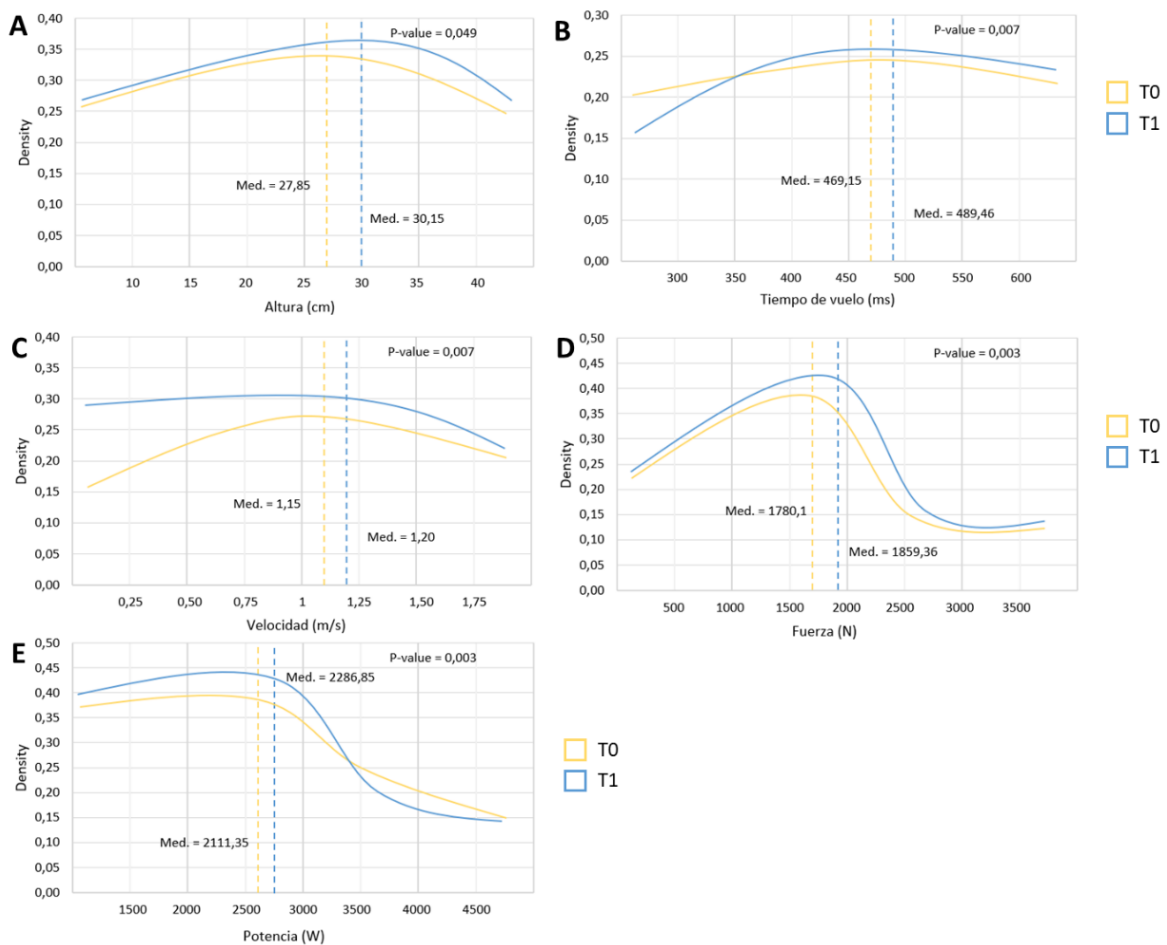


Figura 26. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del CMJ.

5.2.2. Saltos repetidos

En la tabla 3, se muestra la comparativa entre medias de las variables obtenidas tras la realización de la prueba de 10 saltos repetidos (media de altura, media de tiempo de contacto, porcentaje de fatiga-altura y porcentaje de fatiga-tiempo de contacto), solo mostraron diferencias significativas en el porcentaje de fatiga-altura en T2 entre el FRG y el CG. El resto de datos se mantuvieron a lo largo del tiempo.

Tabla 3. Comparativa de medias de las variables de Saltos repetidos entre FRG y CG.

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Med altura, m	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)
Media Tcontacto, s	0.7 (0.2)	0.7 (0.2)	0.6 (0.1)	0.8 (0.2)	0.7 (0.3)	0.6 (0.2)
%Fatiga-altura	10.7 (10.1)	8.7 (5.6)	8.6 (4.9)*	8.8 (4.7)	7.8 (5.6)	4.7 (3.5)*
%Fatiga-contacto	18.6 (18.9)	18.9 (14.3)	19.7 (17.3)	23.5 (19.0)	21.3 (22.0)	13.6 (8.6)

Nota: Los valores se representan con la media y la desviación estándar (SD). *Diferencias estadísticamente significativas $p < 0,05$.

En la tabla 9, se observan solo las mejoras significativas en esta prueba obtenidas únicamente por el CG. Entre T0-T1, se muestra una mejora en el porcentaje de fatiga-altura con un tamaño del efecto mediano. Entre T0-T2, se muestra una mejora de la media de tiempo de contacto y, de nuevo, en el porcentaje de fatiga-altura con un tamaño del efecto mediano y pequeño, relativamente. El FRG no mostro ninguna significación.

Comparando únicamente las medias de las variables de saltos repetidos solo en el FRG entre T0 y T1, se observa una mejora en la altura de salto, apoyada por el desplazamiento a la derecha de la línea media; una mejora del tiempo de contacto, desplazándose la línea de la media hacia la izquierda, mostrando una disminución de éste; también una mejora en porcentaje de fatiga-altura, el cual disminuye y desplaza la línea de la media hacia la izquierda; y, por último, no se observa una mejora porcentaje de fatiga-contacto, pues la línea media se mantiene a la derecha (figura 27).

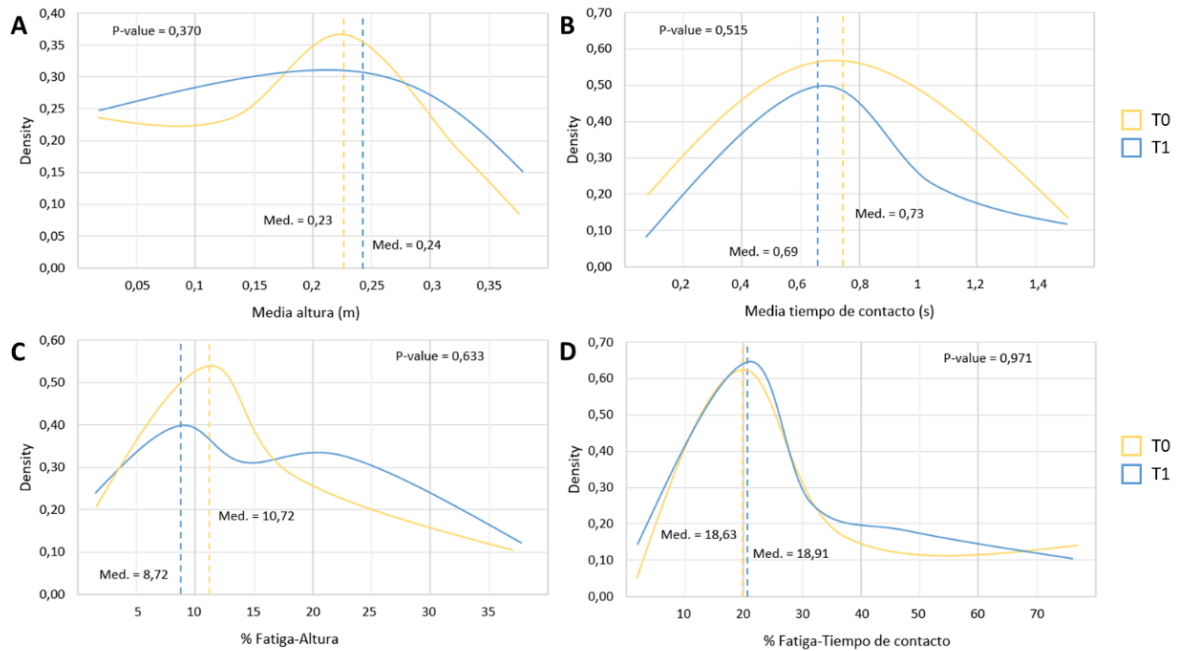


Figura 27. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del CMJ.

5.2.3. Drop Jump unilateral

En la comparativa entre medias de las variables medidas en el *Drop Jump* unilateral, solo se encontraron diferencias significativas entre el FRG y el CG en T0 en el porcentaje de asimetría del tiempo de contacto. En el resto de variables no se encuentran diferencias significativas entre grupos (tabla 4).

Tabla 4. Comparativa de medias de las variables del Drop Jump unilateral entre FRG y CG.

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Tcontacto izda, ms	539.3 (150.9)	520.4 (136.0)	555.9 (134.1)	600.9 (115.8)	590.3 (225.5)	509.4 (106.6)
Tcontacto dcha, ms	566.2 (168.2)	506.8 (128.9)	571.1 (147.0)	606.9 (92.6)	616.3 (285.1)	492.7 (97.5)
%Asi Tcontacto	9.9 (6.1)*	9.3 (9.4)	11.3 (9.5)	5.1 (2.8)*	11.0 (9.4)	11.4 (8.9)
Tvuelo izda, ms	309.2 (75.8)	320.0 (83.1)	325.5 (70.9)	294.6 (36.2)	328.4 (36.8)	316.5 (82.8)
Tvuelo dcha, ms	302.1 (67.5)	324.6 (81.6)	331.5 (83.0)	288.9 (39.6)	320.0 (51.7)	309.5 (55.5)
%Asi Tvuelo	7.5 (5.0)	10.9 (8.9)	8.9 (8.4)	6.1 (4.2)	6.8 (6.5)	9.3 (7.9)

Nota: Los valores se representan con la media y la desviación estándar (SD). *Diferencias estadísticamente significativas $p<0,05$.

Solo se encontraron diferencias significativas en el FRG en el tiempo de vuelo de la pierna derecha entre T0-T1 y entre T0-T2, con un tamaño del efecto pequeño y nulo, respectivamente. En cambio, el CG mostró mejoras significativas en el tiempo de vuelo de ambas piernas con un tamaño del efecto grande entre T0-T1, mientras que entre T0-T2, las mejoras obtenidas fueron en los tiempos de contacto de ambas piernas y su asimetría, con un tamaño del efecto bajo (tabla 9).

En la figura 28 que muestra la comparativa de medias únicamente en el FRG entre T0-T1, se observa una mejora en el tiempo de contacto tanto de la pierna izquierda como de la pierna derecha (A y B), apoyado por un desplazamiento hacia la izquierda de la línea de la media. El tiempo de vuelo de ambas piernas también mejora (C y D), pues se observa un desplazamiento a la derecha de la curva de la media. Y finalmente, el FRG solo mejora mínimamente en el porcentaje de asimetría en el tiempo de contacto (E), el cual se reduce en comparación con el porcentaje de asimetría de vuelo (F), el cual aumenta.

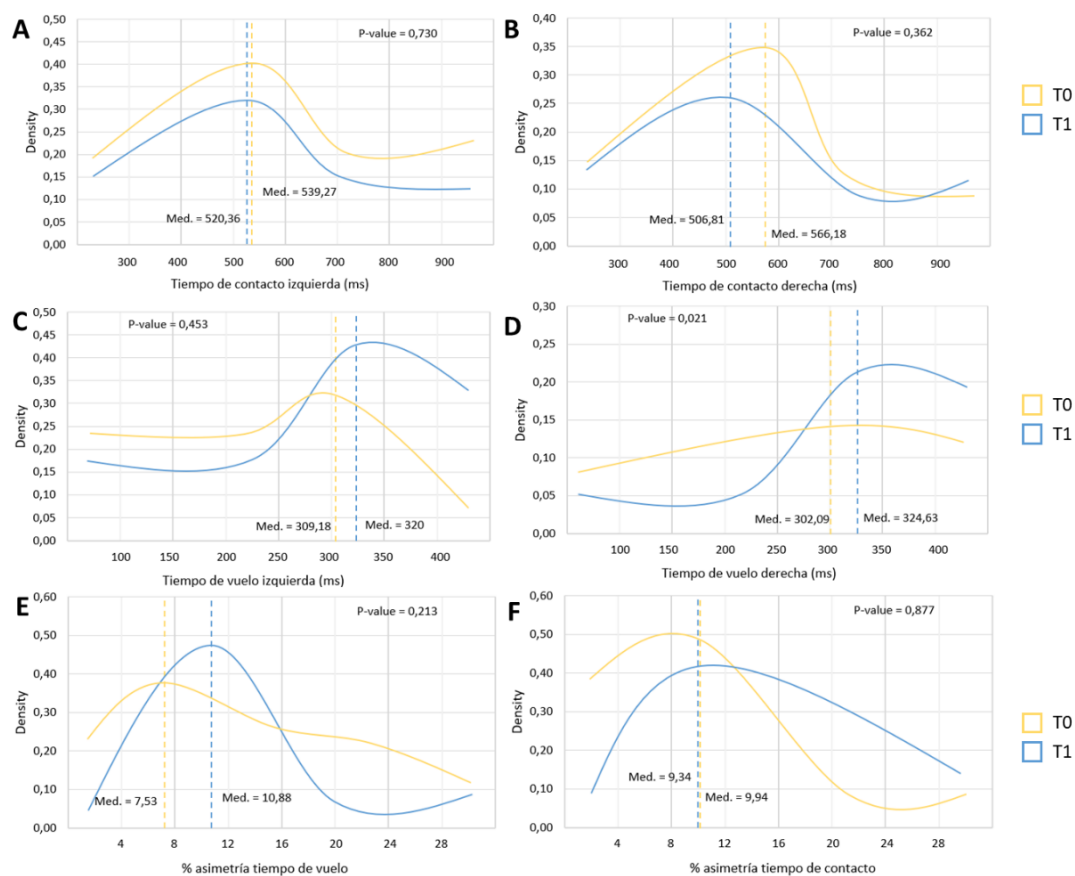


Figura 28. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables de drop jump unilateral.

5.3. FUERZA DE ISQUIOTIBIALES

La tabla 5 muestra la comparativa entre medias de las variables del *Nordic test* entre FRG y CG, sin mostrar ninguna diferencia significativa. Todas las variables mejoran de manera similares en ambos grupos en las tres mediciones.

Tabla 5. Comparativa de medias de las variables del Nordic Test entre FRG y CG.

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Grados	95.0 (14.4)	98.5 (11.0)	97.2 (8.8)	90.1 (10.9)	97.8 (10.6)	97.7 (13.6)
Torque, Nm	282.6 (155.1)	335.4 (105.4)	312.6 (95.0)	225.9 (154.7)	314.6 (121.0)	317.7 (196.6)

Nota: Los valores se representan con la media y la desviación estándar (SD).

Observando la tabla 10, solo se encontraron diferencias significativas en el CG en los grados de ruptura y en el torque T0-T2, con un tamaño del nulo para ambas variables. El FRG no mostró ninguna mejora significativa.

La figura 29 muestra la comparativa de medias únicamente en el FRG entre T0 y T1, observándose una mejora tanto en el torque (A) como en los grados de ruptura (B) apoyado por un desplazamiento a la derecha de la curva de la media.

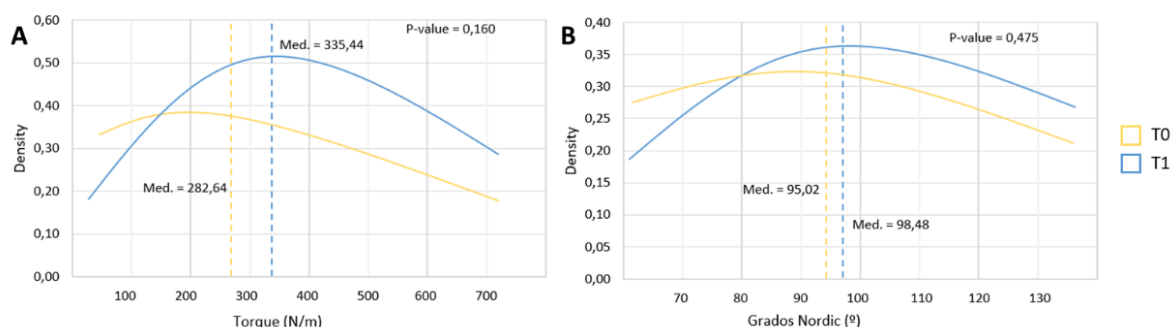


Figura 29. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del Curl Nordico de isquiotibiales.

5.4. VALGO DINÁMICO DE RODILLA

En la comparativa entre medias de las variables del valgo de rodilla dinámico (grados de la rodilla derecha e izquierda), se puede observar una mejora de ambos grupos a lo largo del tiempo sin que ninguno de ellos muestre diferencias significativas (tabla 6).

Tabla 6. Comparativa de medias de las variables del valgo dinámico de rodilla entre FRG y CG.

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Grados dcha	8.1 (2.1)	7.1 (4.6)	4.3 (3.5)	9.1 (9.7)	6.2 (3.6)	5.3 (3.3)
Grados izda	7.4 (4.3)	2.6 (2.4)	5.1 (2.2)	9.9 (10.1)	3.4 (2.7)	4.7 (3.0)

Nota: Los valores se representan con la media (°) y la desviación estándar (SD).

Se observó una disminución significativa en el FRG del valgo de rodilla izquierda entre T0-T1 con un tamaño del efecto grande, y de la rodilla derecha entre T0-T2 con un tamaño del efecto mediano (figura 30). El CG no mostró mejoras significativas en el tiempo (tabla 10).

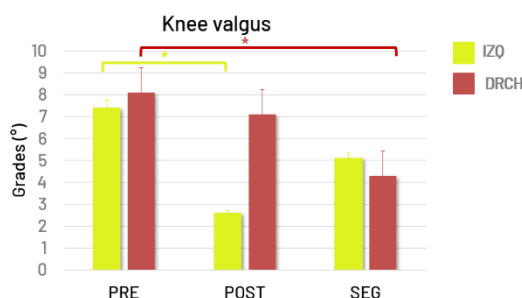


Figura 30. Gráfico de barras del FRG en la comparativa de medias derecha e izquierda solo en el valgo de rodilla

Con respecto a la comparativa de medias únicamente en el FRG entre T0 y T1, se observa una disminución tanto de los grados de la rodilla izquierda (A) como en la derecha (B), siendo únicamente significativos en la rodilla izquierda. Pues se observa un desplazamiento a la izquierda de la curva de la media (figura 31).

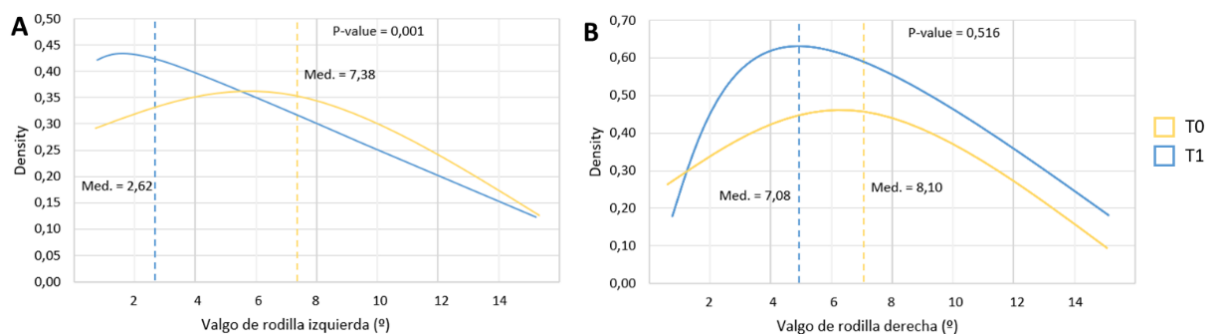


Figura 31. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del valgo dinámico de rodilla.

5.5. EQUILIBRIO

La tabla 7 muestra la comparativa entre medias del porcentaje de distancia alcanzada en el Y-Balance test de ambos grupos durante las tres mediciones. Solo se

encontraron diferencias significativas en T1, tanto en el FRG como en el CG en la PMR derecha y la PLR izquierda. Aun así, el FRG mostró una mejora superior al CG en la gran mayoría de parámetros de las diferentes distancias alcanzadas.

Tabla 7. Comparativa de medias de las variables del Y-Balance Test entre FRG y CG.

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
AR dcha	66.6 (11.7)	75.2 (7.4)	79.4 (15.4)	68.5 (7.5)	76.7 (4.5)	73.9 (17.6)
PMR dcha	70.1 (9.1)	81.0 (7.3)*	73.7 (13.1)	72.9 (8.5)	75.3 (4.7)*	70.7 (13.7)
PLR dcha	77.6 (11.7)	85.9 (9.0)	84.3 (10.2)	79.7 (9.7)	80.7 (5.7)	80.9 (13.3)
AR izda	66.6 (7.0)	76.1 (7.4)	79.8 (17.5)	68.3 (9.6)	78.2 (6.5)	75.1 (20.0)
PMD izda	73.4 (8.2)	81.3 (8.7)	76.9 (11.9)	73.4 (8.4)	77.2 (5.8)	75.3 (14.9)
PLR izda	77.9 (9.8)	85.6 (8.3)*	83.1 (12.0)	79.4 (7.7)	79.8 (4.6)*	81.0 (12.4)

Nota: Los valores se representan con la media (%) y la desviación estándar (SD). *Diferencias estadísticamente significativas $p < 0,05$.

Se observaron diferencias significativas en todas las distancias del Y-Balance test en el FRG entre T0-T1 con un tamaño del efecto grande, a excepción de la PLR derecha con un tamaño del efecto mediano. En cambio, el CG solo mostró diferencias significativas en la AR derecha e izquierda entre T0 -T1. Con respecto a las mejoras obtenidas entre T0-T2, solo se encontraron diferencias significativas en el FRG en la AR derecha e izquierda con un tamaño del efecto grande (figura 32) (tabla 10).

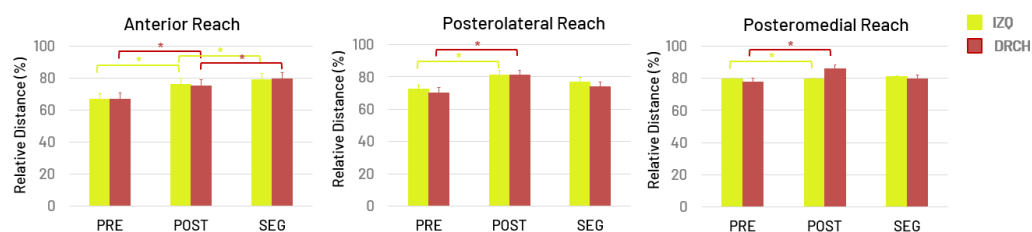


Figura 32. Gráficos de barras del FRG en la comparativa de medias derecha e izquierda en las diferentes distancias del Y-Balance Test.

En último lugar, la figura 33 muestra la comparativa de medias únicamente en el FRG entre T0-T1, en la distancia anterior, posteromedial y posterolateral tanto de la pierna izquierda como derecha. Se observa un desplazamiento a la derecha de la curva de la media en todas las variables, mostrando así una mejora significativa, a excepción de la distancia posteromedial derecha (D), por el FRG tras la aplicación del FRWU durante tres meses.

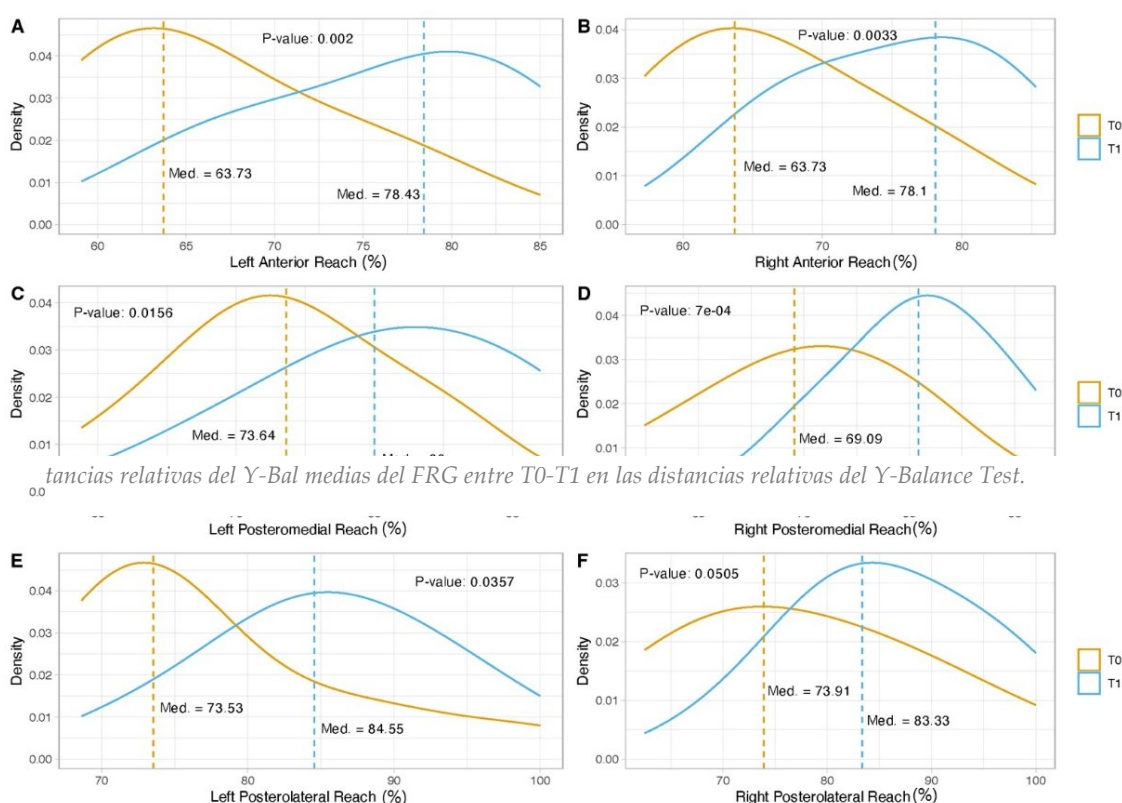


Figura 33. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en las variables del equilibrio.

5.6. DORSIFLEXIÓN DE TOBILLO

La tabla 8 muestra la comparativa entre medias de las variables obtenidas del *Lunge test* para medir la dorsiflexión de tobillo (grados de del tobillo izquierdo y derecho y la asimetría entre ambos), del FRG y CG durante las tres mediciones. Ambos grupos parten de unos valores muy similares en T0, pero se observó una mejora superior del FRG en T1 en comparación con el CG en las diferentes variables. No se encontraron diferencias significativas entre grupos en ninguna de

las mediciones según el tiempo. También cabe destacar, el empeoramiento de los datos en el FRG en T2 con respecto al CG el cual es superior en esta medición.

Tabla 8. Comparativa de medias de las variables del Lunge Test entre FRG y CG.

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Grados izda	46.3 (7.0)	52.8 (8.1)	47.4 (5.0)	46.2 (5.6)	49.2 (7.0)	51.1 (5.5)
Grados dcha	45.7 (3.9)	52.7 (7.1)	48.9 (5.9)	46.0 (7,33)	47.7 (8.8)	49.1 (7.2)
% Asimetría	7.2 (4.7)	6.6 (6.0)	6.9 (2.9)	7.2 (6.0)	8.9 (7.3)	8.2 (6.7)

Nota: Los valores se representan con la media y la desviación estándar (SD).

Se encontraron diferencias significativas entre T0-T1, en los grados de flexión dorsal del tobillo derecho e izquierdo solo en el FRG, con un tamaño del efecto grande. En cambio, entre T0-T2, solo se encontraron diferencias significativas en el FRG en los grados del tobillo izquierdo con un tamaño del efecto mediano (figura 34). No se encontraron diferencias significativas en el CG (tabla 10).

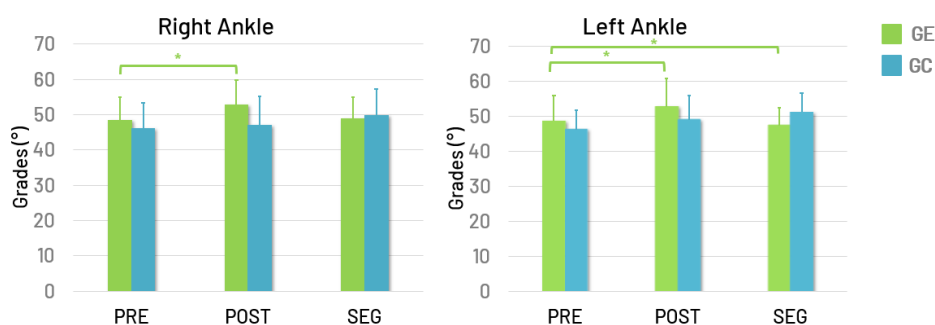


Figura 34. Gráfico de barras de comparativa de ambos grupos en las diferentes mediciones.

Por último, en la figura 35, se muestra la comparativa de medias únicamente en el FRG entre T0-T1, en la dorsiflexión del tobillo izquierdo y derecho. Se observa un desplazamiento a la derecha de la curva de la media en ambos tobillos, justificando la mejora obtenida por este grupo tras la aplicación del FRWU durante tres meses.

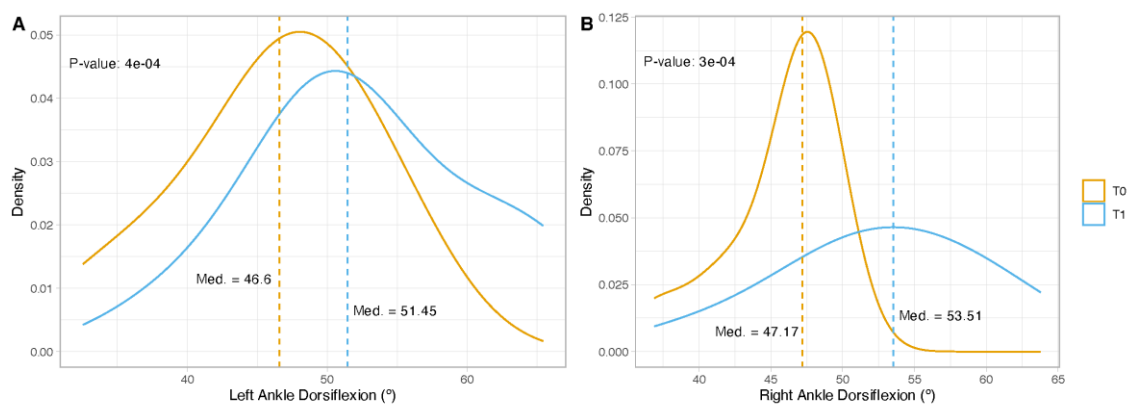


Figura 35. Gráficas de comparativa de medias del FRG entre T0-T1 en la dorsiflexión de tobillo.

Tabla 9. Comparativa y diferencias intragrupo entre diferentes puntos de tiempo en las variables del salto.

	FRG						CG					
	T0-T1			T0-T2			T0-T1			T0-T2		
	Mean Dif	95% confi	Cohen's	Mean Dif	95% confi	Cohen's	Mean Dif	95% confi	Cohen's	Mean Dif	95% confi	Cohen's
CMJ												
Altura, cm	2.3*	[0.9,3.7]	0.2 (S)	1.2	[1.1,3.6]	0.1 (N)	1.9	[0.8,4.7]	0.3 (S)	3.4*	[0.1,6.8]	0.2 (S)
Tvuelo, ms	20.3*	[6.8,33.8]	0.2 (S)	12.7	[8.9,34.4]	0.1 (N)	20.5	[4.5,45.5]	0.3 (S)	33.1*	[5.1,61.1]	0.2 (S)
Velocidad, m/s	0.05*	[0.01,0.08]	0 (N)	0.03	[0.02,0.08]	0 (N)	0.1	[0.1,0.2]	0.5 (M)	0.1*	[0.0,0.1]	0 (N)
Fueza, N	79.2*	[33.1,125.4]	0.2 (S)	35.9	[41.2,113.0]	0.1 (N)	156.0*	[37.1,274.9]	0.4 (S)	194.1*	[19.5,368.6]	0.1 (N)
Potencia, W	175.5*	[71.4,279.6]	0.2 (S)	67.3	[100.8,235.5]	0.1 (N)	224.9*	[33.5,416.5]	0.3 (S)	350.7*	[27.9,673.4]	0.2 (S)
SALTOS REPE												
Med altura, m	0.01	[0.01,0.02]	0 (N)	0.01	[0.01,0.02]	0 (N)	0.01	[0.01,0.04]	0 (N)	0.02	[0.01,0.05]	0 (N)
Med Tcontacto, s	0.03	[0.07,0.1]	0 (N)	0.1	[0.1,0.2]	0.5 (M)	0.1	[0.1,0.3]	0.5 (M)	0.2*	[0.1,0.4]	0.3 (S)
%Fatiga-altura	2.0	[7.1,11.1]	0.2 (S)	2.1	[4.1,8.3]	0 (N)	1.0*	[3.9,5.9]	0.2 (S)	4.1*	[0.8,7.3]	0.5 (M)
%Fatiga-contacto	0.3	[16.4,16.9]	0 (N)	1.1	[14.3,16.5]	0 (N)	2.2	[19.6,24.0]	0.1 (N)	9.8	[2.3,21.9]	0.3 (S)
DROP JUMP UNI												
Tcontacto izda, ms	18.9	[110.1,137.9]	0.5 (M)	16.6	[93.9,127.2]	0.3 (S)	10.6	[88.2,109.5]	0.1 (N)	91.5*	[25.6,157.4]	0.3 (S)
Tcontacto dcha, ms	59.4	[79.2,197.9]	0.3 (S)	4.9	[72.1,81.9]	0.5 (M)	9.4	[140.7,159.4]	0.1 (S)	114.2*	[48.5,179.8]	0.3 (S)
%Asi Tcontacto	0.6	[7.8,8.9]	0.1 (N)	1.3	[6.9,9.4]	0.2 (S)	5.8	[1.15,12.8]	2.1 (L)	6.2*	[0.1,12.5]	0 (N)
Tvuelo izda, ms	10.8	[20.1,41.7]	0.2 (S)	16.4	[16.1,48.7]	0 (N)	33.7*	[4.9,62.5]	0.9 (L)	21.9	[24.6,68.4]	0.3 (S)
Tvuelo dcha, ms	22.5*	[4.1,40.9]	0.3 (S)	29.4*	[2.8,55.9]	0 (N)	31.1*	[3.6,58.5]	0.8 (L)	20.6	[12.5,53.8]	0.2 (S)
%Asi Tvuelo	3.3	[2.2,8.9]	0.7 (M)	1.3	[4.4,7.1]	0.2 (S)	0.6	[3.8,5.1]	0.1 (N)	3.2	[1.7,8.1]	0.3 (S)

Los valores del tamaño del efecto de Cohen's se expresan: L para grande, M para mediano, S para pequeño y N para insignificante. *Diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$.

Tabla 10. Comparativa y diferencias intragrupo entre diferentes puntos de tiempo en las variables del Nordic test, valgo dinámico de rodilla, Y-Blance test y Lunge test.

	FRG						CG					
	T0-T1			T0-T2			T0-T1			T0-T2		
	Mean Dif	95% confi	Cohen's	Mean Dif	95% confi	Cohen's	Mean Dif	95% confi	Cohen's	Mean Dif	95% confi	Cohen's
NORDICO												
Grados	3.4	[6.9,13.8]	0.2 (S)	2.1	[5.4,9.7]	0.1 (N)	7.7	[0.8,16.3]	0.7 (M)	7.6*	[1.1,14.1]	0 (N)
Torque, N	52.8	[24.7,130.3]	0.3 (S)	29.9	[23.9,83.8]	0.2 (S)	88.6	[3.3,180.6]	0.5 (M)	91.7*	[9.9,173.5]	0 (N)
VALGO DINÁMICO												
Rodilla dcha, °	1.0	[2.3,4.4]	0.5 (M)	3.8*	[1.1,6.5]	0.6 (M)	2.8	[2.5,8.2]	0.3 (S)	3.8	[2.2,9.8]	0.2 (S)
Rodilla izda, °	4.7*	[2.4,7.1]	1.1 (L)	2.2	[0.4,4.9]	1.1 (L)	6.5	[0.4,13.5]	0.6 (M)	5.1	[1.9,12.2]	0.5 (M)
EQUILIBRIO												
AR dcha, %	8.6*	[3.6,13.6]	1.1 (L)	12.7*	[2.9,22.5]	1.0 (L)	8.2*	[2.8,13.6]	1.3 (L)	5.5	[6.7,17.6]	0.4 (S)
PMR dcha, %	10.3*	[5.9,16.0]	1.3 (L)	3.6	[3.4,10.7]	0.3 (S)	2.3	[3.5,8.2]	0.3 (S)	2.2	[6.1,10.5]	0.2 (N)
PLR dcha, %	8.3*	[0.1,16.5]	0.8 (M)	6.2	[1.2,14.5]	0.6 (M)	0.9	[5.2,7.2]	0.1 (N)	1.1	[7.4,9.7]	0.1 (N)
AR izda, %	9.5*	[4.4,14.6]	1.3 (L)	13.2*	[1.4,25.0]	0.9 (L)	9.9*	[2.9,17.0]	1.2 (L)	6.7	[6.6,20.1]	0.4 (S)
PMD izda, %	7.9*	[1.8,14.0]	0.9 (L)	3.5	[3.2,10.3]	0.3 (S)	3.7	[3.1,10.6]	0.5 (M)	1.9	[7.8,11.6]	0.1 (N)
PLR izda, %	7.7*	[0.6,14.8]	0.8 (L)	5.2	[4.1,14.6]	0.5 (S)	0.4	[4.4,5.2]	0.1 (N)	1.6	[6.4,9.6]	0.1 (N)
DORSIFLEXIÓN												
Grados izda	6.5*	[3.7,9.3]	0.8 (L)	1.15	[1.1,3.5]	0.1 (N)	2.9	[2.6,8.4]	0.4 (S)	4.9	[0.3,10.0]	0.9 (L)
Grados dcha	7.1*	[4.1,10.0]	0.9 (L)	3.28*	[0.9,5.7]	0.6 (M)	1.7	[4.3,7.7]	0.2 (S)	3.1	[0.1,6.1]	0.4 (S)
% Asimetría	0.64	[4.0,5.3]	0.1 (N)	0.33	[3.0,3.7]	0.1 (N)	1.7	[2.5,5.9]	0.2 (S)	1.0	[2.8,4.9]	0.2 (N)

Los valores del tamaño del efecto de Cohen's se expresan: L para grande, M para mediano, S para pequeño y N para insignificante. *Diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$.

VI – DISCUSIÓN

VI -DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta investigación es evaluar si un protocolo específico de FR como parte del calentamiento previo a la práctica deportiva durante 12 semanas es capaz de originar mejoras significativas en el rendimiento deportivo, centrándose en variables como el salto, la fuerza de la extremidad inferior, el valgo de rodilla, el equilibrio y la movilidad de tobillo, frente a aquellos deportistas que no lo utilizaban. Además, comprobar si estos efectos se mantienen en el tiempo tras un periodo de seguimiento de 4 semanas. Los resultados muestran una mayor mejora del FRG con respecto al CG en casi todas las variables analizadas tras las 12 semanas de protocolo, destacando entre ellas, la mejora significativa en la dorsiflexión de tobillo y la estabilidad de la extremidad inferior. En cambio, tras el periodo de seguimiento, las mejoras observadas en el FRG tras las 12 semanas de FRWU no se mantienen e incluso, en ocasiones, el CG muestra una mayor mejora.

En el mundo del deporte profesional, obtener el máximo rendimiento en el menor tiempo posible junto con la prevención de lesiones es una búsqueda incansable por parte de todos los deportistas, preparadores físicos y científicos del deporte. Uno de los puntos clave más estudiados para obtener el máximo potencial físico y psicológico de los deportistas ha sido el calentamiento, ya que se defiende como una parte esencial de la actividad deportiva, que permite poner en marcha el funcionamiento del organismo y concentrarse en las tareas específicas durante la competición (McGowan et al., 2015). Es por ello que, desde hace años, nace la necesidad de estudiar e incluir nuevas herramientas que faciliten estas adaptaciones. Es el caso del FR, que nace como una herramienta que puede formar parte del calentamiento y parece ser válida para mejorar el rendimiento, según diferentes estudios (D'Andrea et al., 2017; Morales-Artacho et al., 2017; Nakamura et al., 2021). El mayor inconveniente de esta herramienta es que es relativamente novedosa, ya que sus primeras investigaciones surgen a principios de la década de los 2000, lo que genera una incertidumbre a la hora de crear un protocolo específico de aplicación.

Con el avance de los años, aparecen nuevas investigaciones que ayudan a conocer de manera más específica los parámetros de aplicación. Dentro de éstos,

destaca el momento de aplicación, es decir, que el FR sea aplicado previo a la actividad física, como una herramienta de calentamiento o, posterior a la actividad física, como herramienta de recuperación. Buscando la mejora del rendimiento deportivo, parece que el FR es más efectivo cuando forma parte de un calentamiento activo antes de una sesión de entrenamiento o la competición (Hendricks et al., 2020). Por otro lado, el tiempo de aplicación o el número de series, es otro de los parámetros de interés. Con respecto a ello, aún existen bastantes controversias ya que cada autor suele establecer unos tiempos de aplicación diferentes, por ejemplo, unos autores pidieron a los participantes que rodarán solo durante 20 o 40 segundos (Guillot et al., 2019), otros en cambio se basaron en el uso de 3 series de 20 segundos (Stovern et al., 2019), 3 series de 30 segundos (Kiyono et al., 2022) o 3 series de 60 segundos (Aune et al., 2019), solo encontrando mejoras significativas en estos dos últimos estudios. Finalmente, el estudio de Monteiro et al. (2017) mostró un aumento en el ROM de cadera con un tratamiento 90 segundos y 120 segundos, mientras que en las aplicaciones de 30 segundos y 60 segundos no encontraron diferencias significativas. Artículos recientes confirman que se observan una mayores mejoras significativas en diferentes variables como la dorsiflexión de tobillo, la tolerancia de estiramiento o el *stiffness* muscular cuando el FR es utilizado durante al menos 90 segundos, aunque se divida en varias series (Hendricks et al., 2020; Nakamura et al., 2021). De tal manera, que no es tan importante el número de series, sino el tiempo total de aplicación y es por ello que en este estudio se llevaron a cabo 3 series de 60 segundos de trabajo para cada grupo muscular, con 30 segundos de descanso entre serie y un mínimo de 3 veces por semana, consiguiendo así un gran volumen de tiempo de aplicación diario y semanal.

Con respecto a las variables del rendimiento analizadas, para el salto se realizaron 3 test diferentes, en primer lugar, el Counter Movement Jump o CMJ, cuyo objetivo es el de valorar las características de la musculatura extensora de la extremidad inferior a nivel morfohistológico, funcionales (alturas y potencias mecánicas de salto) y neuromusculares (aprovechamiento de la energía elástica, reflejo miotático y resistencia a la fatiga), a partir de las alturas obtenidas en los distintos tipos de saltos verticales (Bosco et al., 1983). Además, es considerado como el más versátil, fiable y aplicable al mundo del rendimiento deportivo

(Balsalobre-Fernández & Jimenez-Reyes, 2014). Este test fue el único test de salto en el que el FRG mostró mejoras significativas tras las 12 semanas de FRWU, encontrando una mejora de 2.3cm en la altura ($p=0.005$), una mejora de 20.3ms en el tiempo de vuelo ($p=0.007$), una mejora de 0.05 m/s en la velocidad ($p=0.007$), una mejora de 79.2 newtons en la fuerza ($p=0.003$) y una mejora de 175.5 watios en la potencia ($p=0.003$). Pero a pesar de ello, su tamaño del efecto fue pequeño o nulo y estas mejoras tampoco se mantuvieron tras el periodo de seguimiento. Lo que coincide con el estudio de Koźlenia & Domaradzki (2022), quienes observaron también una mejora en los parámetros del CMJ como la altura de salto, fuerza y potencia, el índice de fuerza reactiva y la rigidez, pero las diferencias fueron pequeñas e insignificantes. El CG mostró mejoras significativas ($p<0.05$) en todas las variables del CMJ tras el periodo de seguimiento, aunque, de nuevo, con un tamaño del efecto pequeño o nulo. Estos mismos autores defienden que, aunque con el FR no se consiga una mejora directa del rendimiento del salto, tampoco conlleva efectos adversos.

En segundo lugar, se llevó a cabo el test de saltos repetidos, cuyo objetivo principal es conocer el perfil neuromuscular y metabólico del deportista y estudiar los efectos de la fatiga neuromuscular sobre el salto. Siendo de gran importancia para deportes que requieren de gran cantidad saltos de manera repetida (Parodi-Feye et al., 2023). En este test, el FRG no mostró mejoras ni tras el periodo de FRWU ni tras el periodo de seguimiento, en cambio el CG mostró mejoras significativas tras el FRWU en un 1% la variable porcentaje de fatiga-altura ($p<0.05$) y tras el periodo de seguimiento en dos de sus variables, 0.2s en la media de tiempo de contacto con el suelo ($p=0.03$) y un 4.1% en el porcentaje de fatiga-altura ($p=0.02$), con un tamaño del efecto pequeño y mediano respectivamente. Al parecer, el uso de FR con la finalidad de mitigar la fatiga, no parece tener ningún efecto importante (Hunter et al., 2021). Aunque este es el primer estudio que realiza la prueba de saltos repetidos tras un protocolo de FR, autores como los mencionados anteriormente no encontraron ningún efecto del FR sobre la fatiga en la biomecánica de carrera y la altura de salto tras una carrera agotadora. Los resultados obtenidos en esta investigación posiblemente dependan más de la capacidad de mantener la fatiga de los sujetos incluidos en cada grupo que de las adaptaciones producidas por el FR.

En tercer lugar, se realizó el *drop jump* unilateral, el cual tiene como objetivo principal medir la capacidad del sistema neuromuscular para amortiguar la fuerza de impacto tras la caída y transformarla en una respuesta explosiva para el salto vertical. Esto proporciona información valiosa sobre la fuerza y la elasticidad de los músculos y tendones, así como sobre la coordinación equilibrio, estabilidad y la eficiencia del movimiento (Maloney et al., 2018). El FRG mostró una mejora en todas las variables tras las 12 semanas de FRWU, pero solo fueron significativas en el aumento del tiempo de vuelo de la pierna derecha en 22.5ms ($p=0.02$), la cual también se repite tras el seguimiento con un aumento de 29.4ms ($p=0.03$), con un tamaño del efecto pequeño y nulo respectivamente. Y es según un artículo reciente publicado por Yuan et al. (2023), la aplicación de FR conlleva en el *drop jump* un aumento significativo del índice de fuerza reactiva del 17.5% y una mejora de -17.5% en el tiempo de contacto. El CG mostró un aumento significativo tras el FRWU del tiempo de vuelo de ambas piernas, en 33.7ms para la pierna izquierda ($p=0.02$) y en 31.1ms para la pierna derecha ($p=0.03$), con un tamaño del efecto largo. Tras el periodo de seguimiento, disminuyó significativamente el tiempo de contacto en ambas piernas ($p<0.05$) y la asimetría de tiempo de contacto en un 6.2% ($p=0.05$), con un tamaño del efecto pequeño o nulo.

Y es que, para las variables del salto, la evidencia científica muestra controversia en el uso del FR como parte del calentamiento o como parte de la recuperación. Por un lado, estudios como el de Macdonald et al. (2014) muestra un aumento del 6% en la altura de salto a las 48h de su aplicación, Giovanelli et al. (2018) observaron una mejora del 7.9% inmediatamente después de su uso y de un 8.7% a las 3 horas tras la aplicación, Smith et al. (2018) obtuvieron una mejora del 5.6% y Richman et al. (2019) encontraron un aumento significativo en el *squat jump* del 4.7% y en el CMJ del 6.4% con una aplicación de 30 segundos en cuádriceps, flexores de cadera y aductores. En cambio, la otra cara de la moneda es la gran cantidad de estudios que no mostraron cambios significativos (Baumgart et al., 2019; Healey et al., 2014; D. H. Junker & Stöggel, 2015; Konrad et al., 2023; Phillips et al., 2021; Romero Moraleda et al., 2020), destacando el estudio de Phillips et al. (2021) quienes encontraron una disminución del salto al aplicar durante 5 minutos el FR en gastrocnemios y cuádriceps. El ultimo metaanálisis publicado por Konrad et al. (2023) no observó una mejora en la fuerza del miembro inferior y tampoco se mostraron cambios significativos en el rendimiento cuando se aplicó el FR durante

varias semanas. Es por todo lo anterior, que el FR no parece ser, en la actualidad, una herramienta potente para la mejora del salto y sus diferentes variables previas a la actividad física. La falta de un protocolo de aplicación estandarizado teniendo en cuenta el tiempo de aplicación, ya que, según los artículos mencionados anteriormente, aplicaciones en cortos periodos de tiempo pueden producir mejoras, pero aplicaciones de largos periodos de tiempo parecen conllevar efectos contrarios, podría justificar una parte de los resultados obtenidos en esta investigación. Las mejoras obtenidas en el salto y sus variables en este estudio parecen ser interesantes, pero haría falta más estudios que analicen la variable de manera específica según diferentes tiempos de aplicación. Además de lo anterior, Warneke et al. (2023), hablan de la posibilidad de que los aumentos agudos obtenidos en las variables del salto no se atribuyen únicamente al uso de FR indistintamente de su tiempo de aplicación, sino que los efectos producidos por el calentamiento activo en sí podrían ser los responsables de dichas mejoras. Esto estaría en concordancia con las mejoras obtenidas por el CG frente al FRG.

Con respecto a la prueba para medir fuerza excéntrica de la musculatura flexora de rodilla de la extremidad inferior, el test nórdico de isquiotibiales fue el utilizado, ya que es considerado como uno de los ejercicios *gold standard* para ello y como predictor de lesiones musculotendinosas (Nishida et al., 2022). Los resultados no ofrecieron mejoras significativas en grados de ruptura ni en el torque aplicado en ninguno de los dos grupos tras la realización del FRWU. Tras el seguimiento, el FRG no mostró ninguna mejora, en cambio, el CG mostró un aumento significativo de 7.6° en el ángulo de ruptura ($p=0.02$) y de 91.7 newtons en el torque aplicado ($p=0.03$), pero con un tamaño del efecto nulo. Y es que la aplicación del FR con la intención de aumentar la fuerza de la extremidad inferior aun no parece arrojar resultados importantes, siendo similar a lo ocurrido en el salto. Aunque hay autores que sí que encontraron mejoras en la fuerza, como Behara & Jacobson (2017), Lee et al. (2018) y Peacock et al. (2014), los estudios de Junker & Stöggl (2015) y Healey et al. (2014) no mostraron cambios la máxima contracción isométrica voluntaria de los flexores de rodilla, Fleckenstein et al. (2016) mostró una disminución significativa de fuerza, Monteiro et al. (2016) nos muestra que a mayor tiempo de aplicación de FR mayor es la disminución de fuerza y Ye et al. (2019) observaron que 10 series de 30seg de aplicación unilateral en los

isquiotibiales mejoraron el ROM pero disminuyeron su capacidad para generar fuerza, especialmente durante la fase inicial de la contracción explosiva máxima. Con respecto a la musculatura flexora de rodilla, Kasahara et al. (2023) observó que el uso del FR disminuye el *stiffness* muscular en flexores de rodilla y aumentan el ROM de dicha articulación sin disminuir la máxima contracción isométrica y concéntrica voluntaria. Y la revisión de DeBruyne et al. (2017) mostró la efectividad del FR para aumentar la flexibilidad de los isquiotibiales, que parece ser mayor con aplicaciones de larga duración pero sus ganancias parecen disminuir rápidamente después de su uso. De tal manera que, no existe aún un consenso sobre la eficacia del FR como parte del calentamiento para las variables de rendimiento como el salto y la fuerza, aunque todo apunta, según las investigaciones más recientes, que puliendo ciertos aspectos que aún no se conocen, podría ser una herramienta interesante para mejorar el rendimiento deportivo.

Como prueba predictora de lesión de rodilla, en específico de patologías en la cara medial de la rodilla como ligamento cruzado anterior, menisco interno, ligamento colateral medial, etc., se llevó a cabo la prueba de salto en caída, la cual mide el valgo dinámico de rodilla (Numata et al., 2018). Este es el primer estudio que aplica dicha prueba como parte de la investigación de los efectos del FR sobre el rendimiento, observando que ambos grupos disminuyeron el ángulo de valgo de rodilla, pero el FRG obtuvo mejores resultados que el CG. Tras el periodo de FRWU el FRG obtuvo una disminución significativa de 4.7° en la rodilla izquierda ($p=0.000$) con un tamaño del efecto grande, mientras que el CG no mostró diferencias significativas. Tras el periodo de seguimiento el FRG mostró una disminución de 3.8° en la rodilla derecha ($p=0.01$) con un tamaño del efecto mediano frente al CG que de nuevo no mostró significancia. Esto podría indicar que el FR puede ser una herramienta interesante como predictora de lesiones de rodilla en la extremidad inferior, ya que consigue una disminución de los grados de valgo de rodilla y con ello, una disminución del riesgo de lesión (Larwa et al., 2021).

Con respecto a las mejoras en el ROM, aquí es donde el FR parece arrojar mejores resultados. En este estudio se analizó la movilidad de tobillo midiendo los grados de dorsiflexión de tobillo mediante el *Lunge test*, uno de los test más

validados en este campo y que arroja información, no solo sobre la movilidad del tobillo, sino que además, sobre la inestabilidad de la articulación talocrural y la predicción de lesiones (Pope et al., 1998). Se conoce que una disminución de la flexión dorsal de tobillo conlleva una alteración de la biomecánica podal y por tanto de una alteración funcional del pie (Bohannon et al., 1989). Dado que el cuerpo es un complejo de cadenas musculofasciales y articulares, esta alteración funcional podría transmitirse hasta el tríceps sural y de ahí a articulaciones más proximales como rodilla o cadera (Bolívar et al., 2013). Es por ello que la evaluación de la dorsiflexión de tobillo es esencial para identificar los factores de riesgo de una amplia variedad de lesiones de la extremidad inferior (Bonnell et al., 2010).

Se encontró un aumento significativo tras las 12 semanas de FRWU solo en el FRG de 6.5° en la dorsiflexión del tobillo izquierdo ($p=0.000$) y de 7.1° en la dorsiflexión del tobillo derecho ($p=0.000$), ambas con un tamaño del efecto grande. Tras el seguimiento, solo se encontró un aumento significativo de 3.28° en el tobillo derecho ($p=0.01$) con un tamaño del efecto mediano. El CG no mostró mejoras significativas.

Y es que como se ha comentado anteriormente, el FR parece ofrecer una mejora importante en la movilidad y no solo a nivel de tobillo, sino que en diferentes articulaciones de la extremidad inferior como en la cadera según Romero Moraleda et al. (2020) que mostraron un incremento 15% en el ROM de cadera tras la aplicación de FR en el cuádriceps, de Souza et al. (2016) observaron mejoras de alrededor 5 grados de flexión de cadera con la aplicación en los isquiotibiales, Behara & Jacobson (2017) muestran un incremento del 16% en el ROM de cadera con la aplicación en glúteos, cuádriceps, isquiosurales y gastrocnemios. Con respecto a la rodilla, Cheatham et al. (2015) observó un aumento de 8° el ROM en rodilla tras la aplicación en el cuádriceps, Mohr et al. (2014) mostraron un aumento en el ROM de rodilla tras la aplicación en isquiotibiales y MacDonald et al. (2013) vieron que la aplicación en cuádriceps aumentaba el ROM en rodilla del 12.7% a los 2 min y un 10.3% a los 10 min. Por último, con respecto al ROM de tobillo, el estudio de Aune et al. (2019) mostró un incremento de 3.4° en la flexión plantar de tras ser aplicado en el gemelo manteniéndose hasta los 30 min y disminuyendo progresivamente casi hasta el punto de partida a las 24h, Phillips et al. (2021) mostraron un aumento de 9° en el ROM de tobillo justo tras aplicarse en gemelos respecto al grupo control, con un aumento de 4.5° en la pierna dominante y de 4.4°

para la pierna no dominante, Smith et al. (2018) encontraron un aumento del 7% en el ROM de tobillo a los 20 minutos de la aplicación del FR y, Kasahara et al. (2022) y Nakamura et al. (2021), observaron una mejora del ROM de tobillo a los 30 minutos. De tal manera que se observa la mejora significativa del ROM articular posterior a la aplicación del FR.

Por otro lado, la gran mayoría de artículos se centran en el estudio a corto plazo de los efectos producidos por el FR, incluso como se puede observar en los últimos artículos nombrados, los autores coincidían en que a partir de los 30 minutos se produce una disminución importante del efecto producido por el FR y a las 3 horas casi se obtiene el estado basal hasta las 24 horas. Los artículos que estudian los efectos del FR a largo plazo son más limitados y controvertidos, pues en el caso de Hodgson et al. (2012) que tras 4 semanas de intervención no informaron de un aumento del ROM articular o de Afanador-Restrepo et al. (2023) no encontraron diferencias significativas en el ROM articular tras 4 semanas. En cambio, otros autores como Kiyono et al. (2022) quienes tras 5 semanas de intervención se encontró un aumento significativo del ROM, Guillot et al. (2019) tras una intervención de 6 semanas más una semana de seguimiento confirmaron que el FR es propenso a mejorar el rango de movimiento articular y patrones de movilidad específicos durante el rendimiento deportivo y que además sirve como profilaxis y Junker & Stöggl (2015) tras 8 semanas concluyeron que la utilización del FR como parte del calentamiento conlleva una mejora del ROM de tobillo sin disminuir la estabilidad de la extremidad inferior. Hasta la fecha, este es el primer estudio que lleva a cabo una intervención de 12 semanas y parece ser que, como confirma una reciente revisión, es necesario una intervención con FR mayor a 4 semanas con un mínimo de 3 veces a la semana para inducir ganancias significativas en el ROM (Konrad et al., 2022).

Por último, hacer referencia al equilibrio dinámico del miembro inferior. Para su medición se eligió el *Y-Balance test* por su alta fiabilidad y por requerir fuerza, flexibilidad y equilibrio, siendo un buen predictor de lesiones (Plisky et al., 2006). El FRG mostró un aumento significativo ($p < 0.05$) entre el 7 y el 10% en todas las distancias alcanzadas, con un tamaño del efecto grande, tras las 12 semanas de FRWU. También mostró mejoras en las distancias anteriores derecha e izquierda

alrededor del 13% tras el seguimiento ($p<0.05$). El CG solo mostró mejoras en las distancias anteriores entre el 8 y el 10% ($p<0.05$) tras el FRWU.

Debido a que éste es el primer artículo que analiza dicha prueba tras la aplicación del FR, sus efectos son desconocidos. Todo apunta a que las mejoras obtenidas en esta prueba tienen una estrecha relación con los resultados que se observan en la dorsiflexión de tobillo. Padua et al. (2019) confirman en su estudio que una baja dorsiflexión de tobillo conllevaría una disminución en la capacidad de equilibrio de la extremidad inferior. Por otro lado, durante la aplicación del FR, las posturas utilizadas, como por ejemplo, durante la aplicación en el cuádriceps la postura es similar a la de plancha y esto podría ejercer efectos indirectos sobre la estabilidad del *core*, suponiendo una mejora en el equilibrio (Junker & Stöggl, 2019). Esto se corresponde con los valores obtenidos por el FRG en tras el FRWU. Por otro lado, Engquist et al. (2015) comparó los alcances del *Y-Balance test* en las tres direcciones entre universitarios deportistas y universitarios que no practicaban deporte, encontrando que el grupo de deportistas presentó mejores resultados para el alcance anterior alrededor de 75%, posteromedial de 85-90% y posterolateral de 90-95%, respondiendo así a una mejor integración sensorial para responder de manera más eficaz a las distintas tareas motrices. Tras la aplicación del FRWU las medias de las distancias alcanzadas aumentaron casi hasta alcanzar los rangos establecidos para disminuir el riesgo de lesión tanto en la AR (pierna derecha: $T0=66.6\pm11.7$ versus $T1=75.2\pm7.4$; y pierna izquierda: $T0=66.6\pm7$ versus $T1=76.1\pm7.4$), en la PMR (pierna derecha: $T0=70.1\pm9.1$ versus $T1=81\pm7.3$; y pierna izquierda: $T0=73.4\pm8.2$ versus $T1=81.3\pm8.7$) y en la PLR (pierna derecha: $T0=77.6\pm11.7$ versus $T1=85.9\pm9$; y pierna izquierda: $T0=77.9\pm9.8$ versus $T1=85.6\pm8.3$). Disminuyendo así el riesgo de lesión de la extremidad inferior.

Cabe destacar, que en esta investigación se llevó a cabo un periodo de seguimiento de 4 semanas tras acabar el FRWU, siendo la primera hasta el momento, durante el cual las mejoras obtenidas disminuyen casi hasta los valores basales y es que, al parecer, esto se debe a que los mecanismos por los cuales el FR provoca adaptaciones en las diferentes variables son motivo de debate, ya que el término “auto-liberación miofascial” está relacionado con una adaptación únicamente aguda en la elasticidad del tejido blando, el umbral del dolor y la tolerancia al estiramiento (Behm et al., 2016). Todo esto debido a la rica inervación

sensorial del tejido blando que interviene tanto en las adaptaciones específicas del tejido, es decir, el aumento de la temperatura de la piel, del tejido muscular y de la fascia (Beardsley & Škarabot, 2015), las mejoras en la función vascular (Okamoto et al., 2014) y la reducción de la rigidez viscoelástica (Heiß et al., 2019); así como en las adaptaciones sistémicas, relacionadas con una inhibición de la actividad simpática inducida por los mecanorreceptores aumentando la relajación muscular, tal y como se observa en el estudio de Ketelhut et al. (2020) tras 15 minutos de utilización de FR. Así pues, debido a la estimulación sensorial y la respuesta sistémica aguda local, se asume que la percepción del dolor alterada es lo que podría provocar las adaptaciones en las diferentes variables, en lugar de la rigidez muscular (Wilke et al., 2019). Por otro lado, en ocasiones el CG consigue mejores resultados que el FRG incluso tras el periodo de seguimiento, y es que según Warneke et al. (2023), en su reciente revisión, los posibles aumentos agudos provocados por el FR no pueden atribuirse únicamente a su uso, sino que los efectos del calentamiento activo en sí podrían ser los responsables.

Para finalizar, la búsqueda del mayor potencial del deportista se acompaña de la mano de conseguir la menor incidencia de lesiones posible. Según Teramoto et al. (2017), las localizaciones más frecuentes de las lesiones en el baloncesto profesional son los tobillos, rodillas y el muslo, siendo los tipos más frecuentes las lesiones musculotendinosas y los esguinces ligamentosos de tobillo y rodilla. Una de las causas principales, sobre todo en lesiones de tobillo y rodilla, es la limitación de la dorsiflexión de tobillo, afectando a la biomecánica de carrera y del aterrizaje tras el salto y alterando el equilibrio (Lazarou et al., 2018). Según uno de los últimos artículos publicados por Desai et al. (2023) el FR disminuye alrededor del 85% la probabilidad de sufrir una lesión conforme más constancia de realización exista y esto sumado a lo que se ha observado a lo largo de este apartado, el FR podría arrojar ciertas mejoras en el rendimiento deportivo en deportistas.

VII – CONCLUSIONES

VII - CONCLUSIONES

- 1) El protocolo de foam roller como parte del calentamiento mejora el rendimiento deportivo y disminuye el riesgo de lesión al mejorar significativamente variables como la flexión dorsal de tobillo y el equilibrio de la extremidad inferior. Mediante la mejora de estas variables, se mantendrá una biomecánica adecuada en todo el cuerpo durante la actividad deportiva, consiguiendo una mayor y mejor activación muscular y, por tanto, se podrán realizar los movimientos técnicos de manera más efectiva y completa. Aun así, no se puede asegurar que sea una técnica con gran influencia en la mejora del salto y la fuerza de la extremidad inferior.
- 2) Introducir el foam roller como parte del calentamiento durante 12 semanas parece ofrecer mejoras significativas en casi todas las variables del rendimiento, sobre todo en el rango de movimiento de tobillo y el equilibrio de la extremidad inferior, y en la disminución del riesgo de lesión. En cambio, tras finalizar el periodo de seguimiento, a las 16 semanas, se observa una disminución de las mejoras obtenidas, llegando incluso a alcanzar los valores basales, e incluso, en ciertas ocasiones, el grupo control posee mejores capacidades que el grupo experimental. Por tanto, todo indica que el foam roller debe utilizarse con continuidad y durante toda la temporada para conseguir mantener las mejoras el mayor tiempo posible ya que su no utilización disminuye rápidamente estas adaptaciones.
- 3) Establecer un protocolo específico de utilización del foam roller como herramienta de calentamiento es esencial. Según esta investigación, su aplicación durante el calentamiento activo, 3 series de 60 segundos de manera bilateral para gemelos, isquiotibiales, cuádriceps y de manera unilateral para tensor de la fascia lata y glúteo, un mínimo de 3 veces por semana, parece ser efectivo para obtener mejoras en ciertas variables del rendimiento deportivo como el rango de movimiento de la flexión dorsal de tobillo y el equilibrio, y disminuir el riesgo de lesión.

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Esta tesis doctoral tiene varias limitaciones que merecen atención.

En primer lugar, el foam roller es una herramienta relativamente novedosa, la cual encontramos de diversos tamaños, colores, formas, materiales, rugosidades e incluso con o sin vibración. Existen diferencias entre autores sobre si su uso sería más recomendado como parte del calentamiento, es decir, previo a la actividad física, con la finalidad de potenciar el rendimiento, o posterior a esta con la finalidad de ayudar a la recuperación muscular. Aunque en los últimos años, han aparecido nuevos estudios que investigan los efectos producidos por el foam roller sobre el cuerpo humano, aún no se conocen con seguridad y se siguen teorizando. También, se habla de la importancia del nivel de experiencia del sujeto con esta herramienta y de la presión ejercida durante el rodado por cada sujeto, dependiendo casi por completo de una escala subjetiva de incomodidad o dolor, desconociendo con exactitud si realizarlo de manera unilateral o bilateral, con la finalidad de ejercer más o menos presión en la zona sobre la que rodar, puede ofrecer mejores o peores beneficios. Por último, se desconoce con exactitud si existe un tiempo mínimo necesario de rodado para ejercer algún efecto o si un rodado excesivo puede conllevar un empeoramiento de los efectos provocados. Todo esto, dificulta la existencia de un protocolo estandarizado que facilite la utilización de esta herramienta de forma adecuada, por lo que, en la actualidad, cada autor propone su propio protocolo basándose en lo publicado por otros autores.

En segundo lugar, con respecto a esta investigación, el tamaño de la muestra fue pequeño. Por un lado, esto es debido a la dificultad de reclutar a este tipo de sujetos, como son los deportistas, pues un protocolo a tan largo plazo en plena temporada es complicado de querer realizar y de gestionar. Por otro lado, se mezclaron sujetos masculinos y femeninos, aunque en partes iguales, pero no se pudieron estudiar si existen diferencias entre sexos a la hora de aplicar esta herramienta. Y, por último, se piensa que la aplicación del protocolo de calentamiento mediante foam roller a todos los sujetos, sin un grupo control, podría haber aportado más información relevante a los efectos provocados por esta herramienta en específico.

Finalmente, el foam roller parece tener un alto potencial como herramienta de calentamiento e incluso, en el día a día, los deportistas transmiten sus sensaciones positivas tras su utilización, por lo que sería necesario estudios futuros que estandaricen un protocolo específico a largo plazo con esta herramienta, con un tamaño muestral más grande y centrados en evaluar solo ciertas capacidades físicas y así poder ratificar nuestros hallazgos.

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelkrim, N., Fazaa, S., & Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75; discussion 75. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.032318>
- Aboodarda, S. J., Spence, A. J., & Button, D. C. (2015). Pain pressure threshold of a muscle tender spot increases following local and non-local rolling massage. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16, 265. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0729-5>
- Afanador-Restrepo, D. F., Rodríguez-López, C., Rivas-Campo, Y., Baena-Marín, M., Castellote-Caballero, Y., Quesada-Ortiz, R., Osuna-Pérez, M. C., Carcelén-Fraile, M. D. C., & Aibar-Almazán, A. (2023). Effects of Myofascial Release Using Finding-Oriented Manual Therapy Combined with Foam Roller on Physical Performance in University Athletes. A Randomized Controlled Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1364. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021364>
- Anderson, B. L., Harter, R. A., & Farnsworth, J. L. (2020). The Acute Effects of Foam Rolling and Dynamic Stretching on Athletic Performance: A Critically Appraised Topic. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(3), 501-506. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0059>

- Asmussen, E., & Bøje, O. (1945). Body Temperature and Capacity for Work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 10(1), 1-22. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1945.tb00287.x>
- Aune, A. A. G., Bishop, C., Turner, A. N., Papadopoulos, K., Budd, S., Richardson, M., & Maloney, S. J. (2019). Acute and chronic effects of foam rolling vs eccentric exercise on ROM and force output of the plantar flexors. *Journal of Sports Sciences*, 37(2), 138-145. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1486000>
- Baker, D., & Nance, S. (1999). The Relation Between Running Speed and Measures of Strength and Power in Professional Rugby League Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 230.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Balsalobre-Fernández, C., & Jimenez-Reyes, P. (2014). *Entrenamiento de fuerza: Nuevas perspectivas metodológicas*. <https://books.apple.com/es/book/entrenamiento-de-fuerza-nuevas-perspectivas/id808033756>
- Balsalobre-Fernández, C., Romero-Franco, N., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Concurrent validity and reliability of an iPhone app for the measurement of ankle dorsiflexion and inter-limb asymmetries. *Journal of Sports Sciences*, 37(3), 249-253. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1494908>

- Barbany, J. (2008). *Fisiología del ejercicio y del entrenamiento* (1ª). Paidotribo.
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Baumgart, C., Freiwald, J., Kühnemann, M., Hotfiel, T., Hüttel, M., & Hoppe, M. W. (2019). Foam Rolling of the Calf and Anterior Thigh: Biomechanical Loads and Acute Effects on Vertical Jump Height and Muscle Stiffness. *Sports*, 7(1), 27. <https://doi.org/10.3390/sports7010027>
- Beardsley, C., & Škarabot, J. (2015). Effects of self-myofascial release: A systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(4), 747-758. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.08.007>
- Behara, B., & Jacobson, B. H. (2017). Acute Effects of Deep Tissue Foam Rolling and Dynamic Stretching on Muscular Strength, Power, and Flexibility in Division I Linemen. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(4), 888. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001051>
- Behm, D. G., Blazeovich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 41(1), 1-11. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0235>
- Bell, M. P., & Ferguson, R. A. (2009). Interaction between muscle temperature and contraction velocity affects mechanical efficiency during moderate-intensity cycling exercise in young and older women. *Journal of Applied*

- Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 107(3), 763-769.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91654.2008>
- Bennell, K. L., Talbot, R. C., Wajswelner, H., Techovanich, W., Kelly, D. H., & Hall, A. J. (1998). Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 44(3), 175-180. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(14\)60377-9](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(14)60377-9)
- Berdejo del Fresno, D. (2011). *Calentamiento competitivo en baloncesto: Revisión bibliográfica y propuesta*. <https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/6593>
- Binkhorst, R. A., Hoofd, L., & Vissers, A. C. (1977). Temperature and force-velocity relationship of human muscles. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 42(4), 471-475.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1977.42.4.471>
- Bishop, D. (2003a). Warm up I: Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(6), 439-454. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00005>
- Bishop, D. (2003b). Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00002>
- Bishop, D., Bonetti, D., & Spencer, M. (2003). The effect of an intermittent, high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance. *Journal of Sports Sciences*, 21(1), 13-20. <https://doi.org/10.1080/0264041031000070912>

- Bishop, D., & Maxwell, N. S. (2009). Effects of active warm up on thermoregulation and intermittent-sprint performance in hot conditions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 196-204. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.05.013>
- Bohannon, R. W., Tiberio, D., & Zito, M. (1989). Selected measures of ankle dorsiflexion range of motion: Differences and intercorrelations. *Foot & Ankle*, 10(2), 99-103. <https://doi.org/10.1177/107110078901000209>
- Bolívar, Y. A., Munuera, P. V., & Padillo, J. P. (2013). Relationship between tightness of the posterior muscles of the lower limb and plantar fasciitis. *Foot & Ankle International*, 34(1), 42-48. <https://doi.org/10.1177/1071100712459173>
- Bonnel, F., Toullec, E., Mabit, C., Tourné, Y., & Sofcot. (2010). Chronic ankle instability: Biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research: OTSR*, 96(4), 424-432. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.04.003>
- Boone, J., & Bourgois, J. (2013). Morphological and physiological profile of elite basketball players in Belgian. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 630-638. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.630>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Brown, D. J., & Fletcher, D. (2017). Effects of Psychological and Psychosocial Interventions on Sport Performance: A Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(1), 77-99. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0552-7>

- Buñuel, P., Ibáñez, S., Giménez Fuentes-Guerra, J., Robles, Á., & Sánchez, M. (2005). Multifactor characteristics in the process of development of the male expert basketball player in Spain. *International Journal of Sport Psychology*, 36, 151-171.
- Burnley, M., Jones, A. M., Carter, H., & Doust, J. H. (2000). Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 89(4), 1387-1396. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.4.1387>
- Calleja, J., Vaquera, A., Lekue, J., Leibar, X., & Terrados, N. (2008). *Calentamiento y vuelta a la calma en el baloncesto*. Paidotribo.
- Casado, J. M., Díaz del Cueto, M., & Cobo, R. (1999). *Nuevos fundamentos teóricos. Primer ciclo de la E.S.O.* Pila Teleña «La pequeña Editorial Deportiva». <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=557417>
- Castagna, C., Chaouachi, A., Rampinini, E., Chamari, K., & Impellizzeri, F. (2009). Aerobic and explosive power performance of elite italian regional-level basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1982-1987. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b7f941>
- Cavanaugh, M. T., Döweling, A., Young, J. D., Quigley, P. J., Hodgson, D. D., Whitten, J. H. D., Reid, J. C., Aboodarda, S. J., & Behm, D. G. (2017). An acute session of roller massage prolongs voluntary torque development and diminishes evoked pain. *European Journal of Applied Physiology*, 117(1), 109-117. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3503-y>

- Chaouachi, A., Brughelli, M., Chamari, K., Levin, G. T., Ben Abdelkrim, N., Laurencelle, L., & Castagna, C. (2009). Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1570-1577. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a4e7f0>
- Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., & Lee, M. (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: A systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 827-838.
- Claudino, J. G., Cardoso Filho, C. A., Bittencourt, N. F. N., Gonçalves, L. G., Couto, C. R., Quintão, R. C., Reis, G. F., de Oliveira Júnior, O., Amadio, A. C., Boullosa, D., & Serrão, J. C. (2021). Eccentric Strength Assessment of Hamstring Muscles with New Technologies: A Systematic Review of Current Methods and Clinical Implications. *Sports Medicine - Open*, 7, 10. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00298-7>
- Cometti, G. (2006). *La preparación física en el baloncesto*. Paidotribo.
- D'Andrea, J., Wicke, J., & Kleber, F. (2017). Foam Rolling as a Warm-up Technique for Anaerobic Power Activities. *Clinmedjournals.Org*, 3(5). <https://doi.org/10.23937/2469-5718/1510077>
- de Souza, L. L., de Araujo, F. L. B., da Silva, F. A. M., Mucciaroni, T. S., & de Araujo, J. E. (2016). Unilateral and Immediate Stimulation of Acupuncture Points Xiaohai (SI8) and Jianwaishu (SI14) of the Small Intestine Meridian Increases Electromyographic Activity and Strength in the Ipsilateral and

- Contralateral Upper Trapezius Muscle. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, 9(5), 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.jams.2016.07.004>
- DeBruyne, D. M., Dewhurst, M. M., Fischer, K. M., Wojtanowski, M. S., & Durall, C. (2017). Self-Mobilization Using a Foam Roller Versus a Roller Massager: Which Is More Effective for Increasing Hamstrings Flexibility? *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(1), 94-100. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0035>
- Delextrat, A., Badiella, A., Saavedra, V., Matthew, D., Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2015). Match activity demands of elite Spanish female basketball players by playing position. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15, 687-703(17). <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868824>
- Desai, P., Jungmalm, J., Börjesson, M., Karlsson, J., & Grau, S. (2023). Effectiveness of an 18-week general strength and foam-rolling intervention on running-related injuries in recreational runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.14313>
- Ebben, W. P., & Petushek, E. J. (2010). Using the reactive strength index modified to evaluate plyometric performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 1983-1987. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e72466>
- Engquist, K. D., Smith, C. A., Chimera, N. J., & Warren, M. (2015). Performance Comparison of Student-Athletes and General College Students on the Functional Movement Screen and the Y Balance Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2296-2303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000906>

- Erčulj, F., Blas, M., & Bračič, M. (2010). Physical demands on young elite European female basketball players with special reference to speed, agility, explosive strength, and take-off power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 2970-2978. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e38107>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). *G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences*. 39, 175-191. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
- Fernández Lázaro, D., Fernández Lázaro, C. I., Santamaría, G., & Seco Calvo, J. (2023). Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 40(215), 145-154.
- Ferraro, E., Giammarioli, A. M., Chiandotto, S., Spoletini, I., & Rosano, G. (2014). Exercise-Induced Skeletal Muscle Remodeling and Metabolic Adaptation: Redox Signaling and Role of Autophagy. *Antioxidants & Redox Signaling*, 21(1), 154-176. <https://doi.org/10.1089/ars.2013.5773>
- Fink, W. J., Costill, D. L., & Van Handel, P. J. (1975). Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 34(3), 183-190. <https://doi.org/10.1007/BF00999931>
- Fisher, M., Paolone, V., Rosene, J., Drury, D., Van Dyke, A., & Moroney, D. (1999). The effect of submaximal exercise on recovery hemodynamics and thermoregulation in men and women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(4), 361-368. <https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608056>

- Flamini, M. (1985). Essential physiological elements of warming up. *Basket (Magazine of the Italian Basketball Federation)*, 11(10), 263-267.
- Fleckenstein, J., Niederer, D., Auerbach, K., Bernhörster, M., Hübscher, M., Vogt, L., & Banzer, W. (2016). No Effect of Acupuncture in the Relief of Delayed-Onset Muscle Soreness: Results of a Randomized Controlled Trial. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 26(6), 471-477. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000259>
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 140-148. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c643a0>
- Freiwald, J. (2000). *Eel calentamiento en el deporte* (1ª). Hispano Europea S.A. <https://www.agapea.com/libros/El-calentamiento-en-el-deporte-9788425511349-i.htm>
- Freiwald, J., Baumgart, C., Kühnemann, M., & Hoppe, M. (2016). Foam-rolling in sport and therapy – Potential benefits and risks. *Sports Orthopaedics and Traumatology Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie*. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2016.07.002>
- Gerbino, A., Ward, S. A., & Whipp, B. J. (1996). Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 80(1), 99-107. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.1.99>

- Ghosh, S., Hota, M., Chai, X., Kiranya, J., Ghosh, P., He, Z., Ruiz-Ramie, J. J., Sarzynski, M. A., & Bouchard, C. (2019). Exploring the underlying biology of intrinsic cardiorespiratory fitness through integrative analysis of genomic variants and muscle gene expression profiling. *Journal of Applied Physiology*, 126(5), 1292-1314. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00035.2018>
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(Pt 5), 1077-1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Giovanelli, N., Vaccari, F., Floreani, M., Rejc, E., Copetti, J., Garra, M., Biasutti, L., & Lazzer, S. (2018). Short-Term Effects of Rolling Massage on Energy Cost of Running and Power of the Lower Limbs. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(10), 1337-1343. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0142>
- González, J. C., & Cepeda, N. T. (2018). *Fisiología, entrenamiento y medicina del baloncesto (Bicolor)*. Paidotribo.
- Gonzalo-Skok, O., Serna, J., Rhea, M. R., & Marín, P. J. (2015). Relationships between functional movement tests and performance tests in young elite male basketball players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(5), 628-638.
- GraphPad Software. (2023). *Randomly assign subjects to treatment groups*. <https://www.graphpad.com/quickcalcs/randomize1/>

- Gray, S. C., Devito, G., & Nimmo, M. A. (2002). Effect of active warm-up on metabolism prior to and during intense dynamic exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(12), 2091-2096. <https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00034>
- Gray, S., & Nimmo, M. (2001). Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*, 19(9), 693-700. <https://doi.org/10.1080/02640410152475829>
- Gray, S. R., Soderlund, K., Watson, M., & Ferguson, R. A. (2011). Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*, 462(6), 885-893. <https://doi.org/10.1007/s00424-011-1032-4>
- Guillot, A., Kerautret, Y., Queyrel, F., Schobb, W., & Di Rienzo, F. (2019). Foam Rolling and Joint Distraction with Elastic Band Training Performed for 5-7 Weeks Respectively Improve Lower Limb Flexibility. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(1), 160-171.
- Haff, G., & Triplett, N. (2016). *Essentials of strength training and conditioning* (4^a). Human Kinetics. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog?cmd=PureSearch&term=101647597%5Bnlmid%5D>
- Harre, D., & Barsch, J. (1982). *Principles of sports training: Introduction to the theory and methods of training* (1st ed). Sportverlag.

- Hawley, J., & Burke, L. (2000). *Rendimiento Deportivo Máximo: Estrategias para el Entrenamiento y la Nutrición en el Deporte*. Editorial Paidotribo.
- Healey, K. C., Hatfield, D. L., Blanpied, P., Dorfman, L. R., & Riebe, D. (2014). The effects of myofascial release with foam rolling on performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 61-68. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182956569>
- Hedrick, A. (1992). Physiological Responses to Warm-Up. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 14(5), 25. [https://doi.org/10.1519/0744-0049\(1992\)014<0025:PRTWU>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/0744-0049(1992)014<0025:PRTWU>2.3.CO;2)
- Hedrick, A. (2006). Learning From Each Other: Warming Up. *Strength and Conditioning Journal*, 28. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2006\)28\[43:LFEOWU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2006)28[43:LFEOWU]2.0.CO;2)
- Heiß, R., Mayer, I., Hüttel, M., Lutter, C., Forst, R., Hoppe, M., Freiwald, J., Roemer, F., & Hotfiel, T. (2019). *Evaluation of Tissue Stiffness in Athletes with Different Experience in Foam Rolling Assessed by Acoustic Radiation Force Impulse Elastography*. 23. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1687708>
- Hendricks, S., Hill, H., Hollander, S. den, Lombard, W., & Parker, R. (2020). Effects of foam rolling on performance and recovery: A systematic review of the literature to guide practitioners on the use of foam rolling. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(2), 151-174. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.10.019>
- Hodgson, R. J., O'Connor, P. J., Hensor, E. M. A., Barron, D., & Robinson, P. (2012). Contrast-enhanced MRI of the subdeltoid, subacromial bursa in painful and

- painless rotator cuff tears. *The British Journal of Radiology*, 85(1019), 1482-1487. <https://doi.org/10.1259/bjr/45423226>
- Hoffman, J. R., Tenenbaum, G., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (1996). Relationship Between Athletic Performance Tests and Playing Time in Elite College Basketball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(2), 67.
- Hotfiel, T., Swoboda, B., Krinner, S., Grim, C., Engelhardt, M., Uder, M., & Heiss, R. U. (2017). Acute Effects of Lateral Thigh Foam Rolling on Arterial Tissue Perfusion Determined by Spectral Doppler and Power Doppler Ultrasound. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 893-900. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001641>
- Hunter, J. G., Garcia, G. L., Ranadive, S. M., Shim, J. K., & Miller, R. H. (2021). Roller Massage Prior to Running Does Not Affect Gait Mechanics in Well-Trained Runners. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(8), 1178-1186. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0055>
- Jones, J., & Legg, J. (2022). *Preparing players physically to play basketball*. World Association of Basketball Coache. <https://wabc.fiba.com/s>
- Junker, D. H., & Stöggl, T. L. (2015). The Foam Roll as a Tool to Improve Hamstring Flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3480-3485. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001007>
- Junker, D., & Stöggl, T. (2019). The Training Effects of Foam Rolling on Core Strength Endurance, Balance, Muscle Performance and Range of Motion: A

- Randomized Controlled Trial. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(2), 229-238.
- Kalichman, L., & Ben David, C. (2017). Effect of self-myofascial release on myofascial pain, muscle flexibility, and strength: A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(2), 446-451. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.11.006>
- Kasahara, K., Konrad, A., Yoshida, R., Murakami, Y., Koizumi, R., Sato, S., Ye, X., Thomas, E., & Nakamura, M. (2022). Comparison of the Prolonged Effects of Foam Rolling and Vibration Foam Rolling Interventions on Passive Properties of Knee Extensors. *Journal of Sports Science & Medicine*, 21(4), 580-585. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.580>
- Kasahara, K., Konrad, A., Yoshida, R., Murakami, Y., Sato, S., Koizumi, R., Behm, D. G., & Nakamura, M. (2023). The comparison between foam rolling either combined with static or dynamic stretching on knee extensors' function and structure. *Biology of Sport*, 40(3), 753-760. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2023.119987>
- Ketelhut, S., Möhle, M., & Hottenrott, K. (2020). Acute Effects of Self-myofascial Release using a Foam Roller on Arterial Stiffness in Healthy Young Adults. *Artery Research*, 26. <https://doi.org/10.2991/artres.k.200615.001>
- Kiens, B., Saltin, B., Walløe, L., & Wesche, J. (1989). Temporal relationship between blood flow changes and release of ions and metabolites from muscles upon single weak contractions. *Acta Physiologica Scandinavica*, 136(4), 551-559. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1989.tb08701.x>

- Kim, K., Park, S., Goo, B.-O., & Choi, S.-C. (2014). Effect of Self-myofascial Release on Reduction of Physical Stress: A Pilot Study. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(11), 1779-1781. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1779>
- Kiyono, R., Onuma, R., Yasaka, K., Sato, S., Yahata, K., & Nakamura, M. (2022). Effects of 5-Week Foam Rolling Intervention on Range of Motion and Muscle Stiffness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(7), 1890-1895. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003757>
- Konrad, A., Nakamura, M., Tilp, M., Donti, O., & Behm, D. G. (2022). Foam Rolling Training Effects on Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(10), 2523-2535. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01699-8>
- Konrad, A., Nakamura, M., Warneke, K., Donti, O., & Gabriel, A. (2023). The contralateral effects of foam rolling on range of motion and muscle performance. *European Journal of Applied Physiology*, 123(6), 1167-1178. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05142-2>
- Kons, R. L., Orssatto, L. B. R., Ache-Dias, J., De Pauw, K., Meeusen, R., Trajano, G. S., Dal Pupo, J., & Detanico, D. (2023). Effects of Plyometric Training on Physical Performance: An Umbrella Review. *Sports Medicine - Open*, 9, 4. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00550-8>
- Koźlenia, D., & Domaradzki, J. (2022). Acute Effect of Short Intensive Self-Myofascial Release on Jump Performance in Amateur Athletes: A Randomized Cross-Over Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 16816. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416816>

- Krause, F., Wilke, J., Niederer, D., Vogt, L., & Banzer, W. (2019). Acute effects of foam rolling on passive stiffness, stretch sensation and fascial sliding: A randomized controlled trial. *Human Movement Science*, 67, 102514. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.102514>
- Lanaspa, E. G., & Gracia, P. T. (1994). *Cualidades físicas: I, Resistencia y flexibilidad*. Imagen y Deporte.
- Larwa, J., Stoy, C., Chafetz, R. S., Boniello, M., & Franklin, C. (2021). Stiff Landings, Core Stability, and Dynamic Knee Valgus: A Systematic Review on Documented Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Male and Female Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3826. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073826>
- Lavarello Salinas, J. R., Aguayo, E., & Mena Miranda, L. E. (2004). Un modelo predictivo para el logro del rendimiento deportivo superior. *Lecturas: Educación física y deportes*, 73, 13.
- Lazarou, L., Kofotolis, N., Pafis, G., & Kellis, E. (2018). Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31(3), 437-446. <https://doi.org/10.3233/BMR-170836>
- Lee, C.-L., Chu, I.-H., Lyu, B.-J., Chang, W.-D., & Chang, N.-J. (2018). Comparison of vibration rolling, nonvibration rolling, and static stretching as a warm-up exercise on flexibility, joint proprioception, muscle strength, and balance in young adults. *Journal of Sports Sciences*, 36(22), 2575-2582. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1469848>

- Lorenzo, A. (1998). Adecuación de la preparación física en el entrenamiento técnico-táctico en baloncesto. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 12. www.efdeportes.com
- Lorenzo, A. (2015). Adecuación de la preparación física en el entrenamiento técnico-táctico en baloncesto. *GPSport Spain*. <https://www.researchgate.net/publication/268274694>
- Macdonald, G. Z., Button, D. C., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2014). Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(1), 131-142. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a123db>
- MacDonald, G. Z., Penney, M. D. H., Mullaley, M. E., Cuconato, A. L., Drake, C. D. J., Behm, D. G., & Button, D. C. (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 812-821. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bc1>
- Madoni, S. N., Costa, P. B., Coburn, J. W., & Galpin, A. J. (2018). Effects of Foam Rolling on Range of Motion, Peak Torque, Muscle Activation, and the Hamstrings-to-Quadriceps Strength Ratios. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 1821-1830. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002468>
- Maloney, S. J., Richards, J., & Fletcher, I. M. (2018). A Comparison of Bilateral and Unilateral Drop Jumping Tasks in the Assessment of Vertical Stiffness. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(3), 199-204. <https://doi.org/10.1123/jab.2017-0094>

- Mancha Triguero, D. (2021). *Avances en el análisis y evaluación de la condición física de jugadores de baloncesto* (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Extremadura]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=289173>
- Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (2007). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Editorial Paidotribo.
- Matvéev, L. (1983). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Ráduga.
- Matveev, L. P. (2001). *Teoría general del entrenamiento*. Paidotribo.
- Mayer, I., Hoppe, M. W., Freiwald, J., Heiss, R., Engelhardt, M., Grim, C., Lutter, C., Huettel, M., Forst, R., & Hotfiel, T. (2020). Different Effects of Foam Rolling on Passive Tissue Stiffness in Experienced and Nonexperienced Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(7), 926-933. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0172>
- McGill, S. M., Andersen, J. T., & Horne, A. D. (2012). Predicting performance and injury resilience from movement quality and fitness scores in a basketball team over 2 years. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1731-1739. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182576a76>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(11), 1523-1546. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x>
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387-397. <https://doi.org/10.1080/02640419508732254>

- Mohr, A. R., Long, B. C., & Goad, C. L. (2014). Effect of foam rolling and static stretching on passive hip-flexion range of motion. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(4), 296-299. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0025>
- Monteiro, E., Cavanaugh, M., Frost, D., & Novaes, J. (2016). Is self-massage an effective joint range-of-motion strategy? A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.10.003>
- Monteiro, E. R., Škarabot, J., Vigotsky, A. D., Brown, A. F., Gomes, T. M., & Novaes, J. da S. (2017). Maximum repetition performance after different antagonist foam rolling volumes in the inter-set rest period. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(1), 76-84.
- Montoro, R., & De la Paz, L. (2015). Razonamientos sobre el rendimiento deportivo. Sus principales indicadores en corredores de 400 metros planos. *EFDeportes.com*, 202. <https://efdeportes.com/efd202/el-rendimiento-deportivo-en-corredores-de-400.htm>
- Morales-Artacho, A. J., Lacourpaille, L., & Guilhem, G. (2017). Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 1959-1969. <https://doi.org/10.1111/sms.12832>
- Muñoz, D. (2009). El calentamiento en Educación Física. Fundamentos, tipos y funciones. Sesión práctica. *efdeportes.com*, 13(129). <https://www.efdeportes.com/efd129/el-calentamiento-en-educacion-fisica.htm>

- Nakamura, M., Onuma, R., Kiyono, R., Yasaka, K., Sato, S., Yahata, K., Fukaya, T., & Konrad, A. (2021). The Acute and Prolonged Effects of Different Durations of Foam Rolling on Range of Motion, Muscle Stiffness, and Muscle Strength. *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(1), 62-68. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.62>
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N., & Chen, B. (2009). Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(3), 425-432. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00789.x>
- Nishida, S., Nakamura, M., Kiyono, R., Sato, S., Yasaka, K., Yoshida, R., & Nosaka, K. (2022). Relationship between Nordic hamstring strength and maximal voluntary eccentric, concentric and isometric knee flexion torque. *PloS One*, 17(2), e0264465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264465>
- Numata, H., Nakase, J., Kitaoka, K., Shima, Y., Oshima, T., Takata, Y., Shimozaki, K., & Tsuchiya, H. (2018). Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 26(2), 442-447. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4681-9>
- Okamoto, T., Masuhara, M., & Ikuta, K. (2014). Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 69-73. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829480f5>
- Padua, E., D'Amico, A. G., Alashram, A., Campoli, F., Romagnoli, C., Lombardo, M., Quarantelli, M., Di Pinti, E., Tonanzi, C., & Annino, G. (2019).

- Effectiveness of Warm-Up Routine on the Ankle Injuries Prevention in Young Female Basketball Players: A Randomized Controlled Trial. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(10), 690. <https://doi.org/10.3390/medicina55100690>
- Padulo, J., Attene, G., Migliaccio, G. M., Cuzzolin, F., Vando, S., & Ardigò, L. P. (2015). Metabolic optimisation of the basketball free throw. *Journal of Sports Sciences*, 33(14), 1454-1458. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990494>
- Parodi-Feye, A. S., Macedo-Curbelo, A., Torena-Díaz, M., & Magallanes, C. (2023). Repeat Jump Ability: Propuesta de un nuevo test para evaluar potencia máxima, potencia media e índice de fatiga. *MLS Sport Research*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.54716/mlssr.v3i2.2456>
- Peacock, C. A., Krein, D. D., Silver, T. A., Sanders, G. J., & Von CarloWitz, K.-P. A. (2014). An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing. *International Journal of Exercise Science*, 7(3), 202-211.
- Pearce, A. J., Rowe, G. S., & Whyte, D. G. (2012). Neural conduction and excitability following a simple warm up. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(2), 164-168. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.09.001>
- Phillips, J., Diggin, D., King, D. L., & Sforzo, G. A. (2021). Effect of Varying Self-myofascial Release Duration on Subsequent Athletic Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 746-753. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002751>
- Platonov, V. N. (1988). *L'Entrainement sportif: Théorie et méthodologie*. Revue E.P.S.

- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>
- Pombo Fernández, M., & Da Silva Pina Da Morais, F. (1997). Bases teórico-prácticas del calentamiento de competición en el fútbol. *Training fútbol: Revista técnica profesional*, 13, 22-29.
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2012). Oxygen uptake kinetics. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 933-996. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100072>
- Pope, R., Herbert, R., & Kirwan, J. (1998). Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in Army recruits. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 44(3), 165-172. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(14\)60376-7](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(14)60376-7)
- Raposo, A. V. (2000). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo*. Editorial Paidotribo.
- Ratamess, N., Alvar, B., Evetoch, T., Housh, T., Kibler, W., & Kraemer, W. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, 687-708.
- Reina, M., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2020). Activity Demands and Speed Profile of Young Female Basketball Players Using Ultra-Wide Band Technology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1477. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051477>

- Rey, E., Padrón-Cabo, A., Costa, P. B., & Barcala-Furelos, R. (2019). Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2194-2201. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002277>
- Richman, E. D., Tyo, B. M., & Nicks, C. R. (2019). Combined Effects of Self-Myofascial Release and Dynamic Stretching on Range of Motion, Jump, Sprint, and Agility Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1795-1803. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002676>
- Romero Moraleda, B., López Rosillo, A., González, J., & Morencos Martínez, E. (2020). Efectos del foam roller sobre el rango de movimiento, el dolor y el rendimiento neuromuscular: Revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 38, 879-885.
- Romero-Franco, N., Romero-Franco, J., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Jogging and Practical-Duration Foam-Rolling Exercises and Range of Motion, Proprioception, and Vertical Jump in Athletes. *Journal of Athletic Training*, 54(11), 1171-1178. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-474-18>
- Romero-Moraleda, B., La Touche, R., Lerma-Lara, S., Ferrer-Peña, R., Paredes, V., Peinado, A. B., & Muñoz-García, D. (2017). Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: A randomized controlled clinical trial. *PeerJ*, 5, e3908. <https://doi.org/10.7717/peerj.3908>
- Röthlin, P., Birrer, D., Horvath, S., & Grosse Holtforth, M. (2016). Psychological skills training and a mindfulness-based intervention to enhance functional athletic performance: Design of a randomized controlled trial using

- ambulatory assessment. *BMC Psychology*, 4(1), 39.
<https://doi.org/10.1186/s40359-016-0147-y>
- RStudio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development for R* [Software]. RStudio.
<http://www.rstudio.com/>
- Salazar, H., García, F., Svilar, L., & Castellano, J. (2021). Physical Demands in Three Different Basketball Competitions Played By the Same Under-18 Players. *Montenegrin Journal of Sports Science & Medicine*, 10.
<https://doi.org/10.26773/mjssm.210909>
- Salinas, E., & Alvero, J. R. (2001). Salinas E, Alvero JR. Niveles de ácido láctico por puestos específicos en jugadores de baloncesto en competiciones oficiales. *I Congreso Ibérico de Baloncesto*.
- Sánchez, D. B. (2004). *El calentamiento: Una vía para la autogestión de la actividad física*. INDE.
- Sánchez Sánchez, M. (2007). El acondicionamiento físico en baloncesto. *Apunts Sports Medicine*, 42(154), 99-107.
- Sarzynski, M. A., Loos, R. J. F., Lucia, A., Pérusse, L., Roth, S. M., Wolfarth, B., Rankinen, T., & Bouchard, C. (2016). Advances in Exercise, Fitness, and Performance Genomics in 2015. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(10), 1906-1916. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000982>
- Sebastiani, E. M., Obrador, E. M. S. i, & Barragán, C. A. G. (2000). *Cualidades físicas*. INDE.

- Sefton, J. (2004). Myofascial Release for Athletic Trainers, Part I: Theory and Session Guidelines. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 9(1), 48-49. <https://doi.org/10.1123/att.9.1.48>
- Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 2(4), 267-278. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502040-00004>
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Slimani, M., Chamari, K., Miarka, B., Vecchio, F. B. D., & Chéour, F. (2016). Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*, 53, 231. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0026>
- Smith, J. C., Pridgeon, B., & Hall, M. C. (2018). Acute Effect of Foam Rolling and Dynamic Stretching on Flexibility and Jump Height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2209. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002321>
- Stovern, O., Henning, C., Porcari, J., Doberstein, S., Emineth, K., Arbey, B., & Foster, C. (2019). *The Effect of Training with a Foam Roller on Ankle and Knee Range of Motion, Hamstring Flexibility, Agility, and Vertical Jump Height*. 15, 39-49.
- Su, H., Chang, N.-J., Wu, W.-L., Guo, L.-Y., & Chu, I.-H. (2017). Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups

- on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(6), 469-477. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0102>
- Taylor, J. B., Ford, K. R., Nguyen, A.-D., & Shultz, S. J. (2016). Biomechanical Comparison of Single- and Double-Leg Jump Landings in the Sagittal and Frontal Plane. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 4(6), 2325967116655158. <https://doi.org/10.1177/2325967116655158>
- Taylor, M., Gould, D., & Rolo, C. (2008). Performance strategies of US Olympians in practice and competition. *High Ability Studies*, 19. <https://doi.org/10.1080/13598130801980281>
- Teramoto, M., Cross, C. L., Cushman, D. M., Maak, T. G., Petron, D. J., & Willick, S. E. (2017). Game injuries in relation to game schedules in the National Basketball Association. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(3), 230-235. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.020>
- Terrados, N. (1988). Bases médicas y fisiológicas del calentamiento y el estiramiento como prevención de lesiones deportivas. *Medicina del Ejercicio*, 2(2), 23-25.
- Terrados, N., & Calleja, J. (2008). *Fisiología, entrenamiento y medicina del Baloncesto*. Paidotribo.
- Trninić, S., Marković, G., & Heimer, S. (2001). Effects of developmental training of basketball cadets realised in the competitive period. *Collegium Antropologicum*, 25(2), 591-604.
- Van Den Tillaar, R., Lerberg, E., & von Heimburg, E. (2019). Comparison of three types of warm-up upon sprint ability in experienced soccer players. *Journal*

- of Sport and Health Science*, 8(6), 574-578.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.05.006>
- Van Raalte, J. L., Brewer, B. W., Cornelius, A. E., Keeler, M., & Gudjenov, C. (2019). Effects of a Mental Warmup on the Workout Readiness and Stress of College Student Exercisers. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(3), 42. <https://doi.org/10.3390/jfmk4030042>
- Vaquera, A., Calleja, J., Rodríguez, J. A., Lekue, J., & Laibar, X. (2002). Propuesta de calentamiento competitivo para baloncesto de alto nivel. *RendimientoDeportivo.com*, 2.
- Verkhoshansky, Y. V. (1997). The Path to Scientific Theory and Methodology of Sports Training. *Teoriya I Praktika Fizicheskoi*.
- Villar, C. Á. del. (1992). *La Preparación Física Del Fútbol Basada en el Atletismo*. Gymnos, Editorial, S.L.
- Vinuesa, M., & Coll, J. (1984). *Teoría Básica Del Entrenamiento*. Lib Deportivas Esteban Sanz.
- Vorobyev, A. N. (1978). *Training methods. In: A Textbook on Weightlifting. Budapest: International Weightlifting*. International Weightlifting Federation.
- Warneke, K., Aragão-Santos, J., Alizadeh, S., Bahrami, M., Anvar, S., Konrad, A., & Behm, D. (2023). Are Acute Effects of Foam-Rolling Attributed to Dynamic Warm Up Effects? A Comparative Study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 22(2). <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.180>
- Webborn, N., Williams, A., McNamee, M., Bouchard, C., Pitsiladis, Y., Ahmetov, I., Ashley, E., Byrne, N., Camporesi, S., Collins, M., Dijkstra, P., Eynon, N.,

- Fuku, N., Garton, F. C., Hoppe, N., Holm, S., Kaye, J., Klissouras, V., Lucia, A., ... Wang, G. (2015). Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: Consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 49(23), 1486-1491. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095343>
- Weineck, J. (2004). *Entrenamiento óptimo: Cómo lograr el máximo rendimiento* (5ª). Editorial Hispano Europea. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=54906>
- Wheeler, A. H. (2004). Myofascial pain disorders: Theory to therapy. *Drugs*, 64(1), 45-62. <https://doi.org/10.2165/00003495-200464010-00004>
- Wiewelhove, T., Döweling, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in Physiology*, 10, 376. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00376>
- Wilke, J., Niemeyer, P., Niederer, D., Schleip, R., & Banzer, W. (2019). Influence of Foam Rolling Velocity on Knee Range of Motion and Tissue Stiffness: A Randomized, Controlled Crossover Trial. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(7), 711-715. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0041>
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>

- Ye, X., Killen, B. S., Zelizney, K. L., Miller, W. M., & Jeon, S. (2019). Unilateral hamstring foam rolling does not impair strength but the rate of force development of the contralateral muscle. *PeerJ*, 7, e7028. <https://doi.org/10.7717/peerj.7028>
- Young, W. (2006). *Laboratory strength assessment of athletes*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Laboratory-strength-assessment-of-athletes-Young/ab1b4df8950c0561c468bff6469c748f29bfa137>
- Young, W., Wilson, G., & Byrne, C. (1999). Relationship between strength qualities and performance in standing and run-up vertical jumps. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(4), 285-293.
- Yuan, H., Mao, J., Lai, C., Lu, H., Xue, Y., & Liu, Q. (2023). Acute effects of foam rolling and dynamic stretching on angle-specific change of direction ability, flexibility and reactive strength in male basketball players. *Biology of Sport*, 40(3), 877-887. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.121325>
- Zaragoza, J. (1996). Análisis de la actividad competitiva (I). *Clinic: Revista técnica de baloncesto*, 9(33), 5.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male basketball players—A review of observational and experimental studies. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), 332-339. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.02.009>
- Zügel, M., Maganaris, C. N., Wilke, J., Jurkat-Rott, K., Klingler, W., Wearing, S. C., Findley, T., Barbe, M. F., Steinacker, J. M., Vleeming, A., Bloch, W., Schleip, R., & Hodges, P. W. (2018). Fascial tissue research in sports medicine: From molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus

statement. *British Journal of Sports Medicine*, 52(23), 1497.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099308>

X – ANEXOS

X - ANEXOS

ANEXO 1. Consentimiento informado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, ..., con DNI:.....

DECLARO:

Haber sido informado/a del estudio y procedimientos de la investigación del Proyecto titulado: Eficacia de un calentamiento con Foam Roller durante 3 meses en jugadores seniors de baloncesto: un ensayo controlado aleatorizado.

Los investigadores que van a acceder a mis datos personales y a los resultados de las pruebas son: DANIEL CASADO GÓMEZ, JAVIER REINA ABELLÁN Y IVÁN NÁCHER MOLTÓ

Asimismo, he podido hacer preguntas del estudio, comprendiendo que me presto de forma voluntaria al mismo y que en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo.

CONSIENTO:

1.-) Someterme a las siguientes pruebas: parámetros antropométricos, flexión dorsal de tobillo, estabilidad de tobillo, valgo de rodilla, salto y protocolo de trabajo mediante foam roller.

2.-) El uso de los datos obtenidos según lo indicado en el párrafo siguiente:

En cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016 y Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales, le comunicamos que la información que ha facilitado y la obtenida como consecuencia de las pruebas a las que se va a someter pasará a formar parte del fichero automatizado INVESALUD, cuyo titular es la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN ANTONIO, con la finalidad de INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO CIENCIAS EXPERIMENTALES Y CIENCIAS DE LA SALUD. Tiene derecho a acceder a esta información y cancelarla o rectificarla, dirigiéndose al domicilio de la entidad, en Avda. de los Jerónimos de Guadalupe 30107 (Murcia). Esta entidad le garantiza la adopción de las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dichos datos.

En Guadalupe (Murcia) a.....de.....de 202

El / La participante,

El / La investigador/a,

Fdo:.....

Fdo:.....

ANEXO 2: Revocación del consentimiento informado.**REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, ... con DNI:.....

REVOCO MI CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO

Proyecto titulado: **Eficacia de un calentamiento con Foam Roller durante 3 meses en jugadores seniors de baloncesto: un ensayo controlado aleatorizado.**

En Guadalupe (Murcia) a de de 202

El / La participante,

El / La investigador/a,

Fdo:.....

Fdo:.....

ANEXO 3: Hoja informativa de la intervención.**DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA SUJETOS SOMETIDOS A ESTUDIO
(HOJA INFORMATIVA)****1. EN QUÉ CONSISTE Y PARA QUÉ SIRVE:**

El presente estudio analizará la comparación entre los datos antropométricos, de flexión dorsal de tobillo, de estabilidad de tobillo, de valgo de rodilla y de salto, recogidos al inicio del protocolo de calentamiento mediante el uso de foam roller, con los datos obtenidos (de los mismos parámetros) a los tres meses y a los cuatro meses.

La finalidad es conocer los efectos producidos por un protocolo de calentamiento mediante foam roller, tres veces por semana durante tres meses. Y realizar otra medición un mes posterior al final del protocolo para conocer si se mantienen esos efectos.

Esperamos encontrar una mejora de los diferentes parámetros y una reducción de lesiones, para así mejorar el rendimiento.

2. COMO SE REALIZA:

Se realizará una entrevista inicial para conocer la edad, horas de entrenamiento y otros datos que puedan ser de interés como las mediciones antropométricas y necesarias para el análisis de las diferentes pruebas.

Posteriormente, se llevará a cabo la primera medición, donde el participante debe realizar:

- Test de Lunge.
- Y-Balance Test.
- Salto negativo desde cajón para analizar el valgo de rodilla mediante video.
- Salto: CMJ, multisalto en 15'' y Drop Jump unipodal (todos analizados mediante aplicación de video)

Una vez realizada la primera medición (pre-protocolo), se explicará a cada uno de los participantes como deben realizar el protocolo de calentamiento mediante foam roller aplicada a la musculatura de la pierna, tres veces por semana durante tres meses. A partir de aquí, el participante trabajará de manera individual y supervisado por el fisioterapeuta.

Finalizado el protocolo, se realiza la segunda medición (post-protocolo), realizando las mismas pruebas que la primera vez.

Al mes, se realizará la tercera medición (post-1mes) para conocer si se mantienen o no los efectos producidos por el protocolo. Mismas pruebas que las veces anteriores.

3. QUÉ EFECTOS LE PRODUCIRÁ:

Beneficios en los diferentes parámetros del salto (altura, potencia, tiempo de vuelo...) y una mejora del equilibrio y movilidad de tobillo.

4. EN QUÉ LE BENEFICIARÁ:

Una posible reducción de lesiones y mejora en el rendimiento.

5. QUÉ RIESGOS TIENE:**5.1 LOS MÁS FRECUENTES:**

Ninguno.

5.2 LOS MÁS GRAVES:

Ninguno.

6. SITUACIONES ESPECIALES QUE DEBEN SER TENIDAS EN CUENTA:

No debe haber sufrido ninguna lesión músculo-esquelética o cirugía en la extremidad inferior en el último año previo al estudio y/o que presente una patología ortopédica o neurológica de miembro inferior diagnosticada.

7. OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS (a considerar por el/la profesional)

-

8. OTRAS CUESTIONES PARA LAS QUE LE PEDIMOS SU CONSENTIMIENTO:

Pedimos el consentimiento informado para la toma de medidas antropométricas y para la utilización de los datos personales.

ANEXO 4: Comité de ética.



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:	“Eficacia de un calentamiento con Foam Roller durante 3 meses en jugadores seniors de baloncesto: un ensayo controlado aleatorizado”	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
Dr.	Javier Reina Abellán	jreina@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	26/05/2023
--------------	------------

Código	CE052314
---------------	----------

Tipo de Experimentación

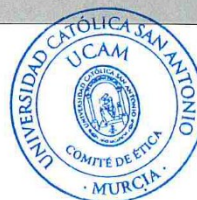
Investigación experimental clínica con seres humanos	
Investigación experimental no clínica con seres humanos	X
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, personas sanas, tejidos embrionarios o fetales	
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos	
Investigación observacional, psicológica o comportamental en humanos	
Uso de datos personales, información genética, etc.	X
Experimentación animal	
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas	
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs)	

Comentarios Respecto al Tipo de Experimentación

Nada Obsta

Comentarios Respecto a la Metodología de Experimentación

Nada Obsta





COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

Sugerencias al Investigador

A la vista de la solicitud de informe adjunto por el Investigador y de las recomendaciones anteriormente expuestas el dictamen del Comité es:

Emitir Informe Favorable	☒
Emitir Informe Desfavorable	☐
Emitir Informe Favorable condicionado a Subsanación	☐

MOTIVACIÓN

Incrementará conocimientos en su área

Vº Bº El Presidente,

Fdo.: José Alberto Cánovas Sánchez



El Secretario,

Fdo.: José Alarcón Teruel

ANEXO 5: Hoja informativa del FRWU para los sujetos.




PROTOCOLO DE CALENTAMIENTO CON FOAM ROLLER
SENIORS MASCULINO Y FEMENINO

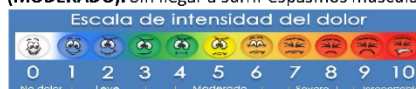


¡¡Hola!! Si tienes esta hoja es porque **has sido seleccionado/a para participar en el estudio**, a partir de ahora debes llevar a cabo un protocolo de calentamiento con foam roller.

Yo te facilitaré el material (del que eres totalmente responsable) y te dejaré, en esta hoja, la información necesaria para el desarrollo del protocolo.

Se ruega y es de suma importancia que se cumplan con “obligación” las pautas que se exponen a continuación:

- Debes saber que es un **CALENTAMIENTO**, por lo que se debe realizar previo al entrenamiento.
- **¿CUÁNDO?** → **Todos los días de entrenamiento** (si eres senior masculino: lunes, miércoles y viernes; si eres senior femenino: martes, jueves y viernes). No se realizará los días de partido.
- **¿CÓMO?**
 - **Gemelos** → sentado en el suelo con manos a los lados del tronco, situamos el foam roller debajo de ambas piernas a la altura del tendón de Aquiles. A partir de aquí, levantamos un poco el culo del suelo y con las manos nos ayudamos a desplazar el foam roller desde tendón de Aquiles a parte posterior de rodilla. **2 PIERNAS A LA VEZ.**
 - **Isquios** → misma posición que en la anterior, sentado en el suelo con manos a los lados del tronco, situamos el foam roller debajo de ambas piernas un poquito por encima de la rodilla. A partir de aquí, levantamos un poco el culo del suelo y con las manos nos ayudamos a desplazar el foam roller desde parte superior de la rodilla al culo. **2 PIERNAS A LA VEZ.**
 - **Glúteos**: misma posición que en las anteriores, sentado en el suelo con manos a los lados del tronco, situamos el foam roller debajo de los glúteos y rodillas semiflexionadas. A partir de aquí, con las manos nos ayudamos a desplazar el foam roller. **2 PIERNAS A LA VEZ.**
 - **Cintilla iliotibial/TFL** → en posición lateral, pierna que está arriba flexionada por encima de la que pega al suelo y manos apoyadas en el suelo, situamos el foam roller a la altura de la cadera. Nos ayudamos de las manos para desplazar el foam roller desde la cadera a la rodilla. **PRIMERO UNA PIERNA Y LUEGO LA OTRA.**
 - **Cuádriceps** → en posición de plancha (mirando al suelo), con codos apoyados, colocamos el foam roller por encima de la rodilla. Nos ayudamos de los brazos para desplazar el foam roller desde la rodilla hasta casi la cadera. **2 PIERNAS A LA VEZ.**
- **¿CUÁNTAS VECES?** → cada músculo se debe trabajar **3x60”**.
- **¿DEBO SENTIR DOLOR?** → en una escala de dolor (dibujito de abajo), debéis estar como mucho **entre 5-7 (MODERADO)**. Sin llegar a sufrir espasmos musculares o calambres.



ANEXO 6: Artículo científico.



Casado D, Nacher I, Pardo J, Reina J. Effectiveness of a Foam Roller Warm-Up in Professional Basketball Players: A Randomized Controlled Trial. *IJSPT*. Published online January 1, 2025. doi:10.26603/001c.127266

Original Research

Effectiveness of a Foam Roller Warm-Up in Professional Basketball Players: A Randomized Controlled Trial

Daniel Casado¹, Ivan Nacher^a, Juan Pardo³, Javier Reina²

¹ Health Sciences PhD Program, Universidad Católica San Antonio de Murcia, ² Physiotherapy Department, Universidad Católica San Antonio de Murcia, ³ Department of Mathematics, Physics and Technological Sciences, Universidad Cardenal Herrera CEU

Keywords: Athletic performance, balance, physical conditioning, range of motion, team sports

<https://doi.org/10.26603/001c.127266>

International Journal of Sports Physical Therapy

Background

The foam roller is considered a versatile tool. Along with an active warm-up, it appears to positively affect range of motion, stability, muscle stiffness, and perceived exertion with no reductions in performance.

Hypothesis/Purpose

The main purpose of the study was to observe the effects of the utilization of a foam roller during the warm-up on ankle mobility and lower limb stability, and secondarily, to assess if any induced effects were sustained over time.

Study design

Randomized controlled trial.

Methods

Twenty-two healthy male subjects were randomly assigned to two groups: the control group, which only carried out a general warm-up over a period of four months, and the foam roller group, which followed a specific warm-up routine using a foam roller for a period of three months plus one month of follow-up in which no foam rolling was performed. Two outcome measurements were taken pre- and post- intervention to assess ankle mobility: the Dorsi-Flexion Lunge test and the Y-Balance test (YBT) for the lower quarter. Outcomes were measured at three time points: before the protocol was initiated, at the end of the protocol (at 12 weeks), and after a one-month follow-up period (at 16 weeks).

Results

A significant increase was observed in the dorsiflexion of the right ($p < 0.001$) and left ($p < 0.001$) ankles in the experimental group. Significant increases were also noticed in the anterior ($p < 0.003$), posteromedial ($p < 0.050$), and posterolateral ($p < 0.050$) reach distances of the right leg and in the anterior ($p < 0.002$), posteromedial ($p < 0.010$), and posterolateral ($p < 0.030$) reach distances of the left leg during the YBT in the experimental group. The control group also showed significant differences in the right ($p < 0.007$) and left ($p < 0.010$) anterior reach distances on the YBT. At the one-month follow-up period, the improvements that had been obtained in both groups were lost, except for the dorsiflexion of the right ankle ($p < 0.050$) and right ($p < 0.010$) and left ($p < 0.030$) anterior reach distance on the YBT in the experimental group.

^a Corresponding author:

Ivan Nacher

Physiotherapy Department, Catholic University San Antonio of Murcia (UCAM)

Guadalupe, 30107, Murcia, Spain

inacher@ucam.edu

Tel.: 0034 652687182

Fax: 0034968482358

Conclusions

The foam roller can be used as a part of a pre-training warm-up routine to enhance the dorsiflexion range of motion and performance on the YBT.

Level of Evidence

3. Registered as a clinical trial at [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) with registration number: NCT05971316.

INTRODUCTION

A “warm-up” is defined as a period of exercise that precedes the physical activity or sports practice, and the intention is to gradually adapt the body both physically and mentally.¹ This process improves neuromuscular performance, reduces the risk of injuries during the sport activity,² and is essential to achieve optimal performance. Regarding the physiological mechanisms that are responsible for the effects of warm-up,³ both active^{4,5} and passive⁶ warm-up have been shown to result in an increase in the range of movement (ROM)⁷ and a reduction in muscle stiffness.^{8,9} These beneficial effects can be attributed to an increase in the rate of metabolic chemical reactions and muscle temperature, alterations in viscoelastic and thixotropic properties, and an enhanced sensitivity of the nerve receptors in the muscle.¹⁰ Furthermore, the increase in the elasticity of muscle fibers that follows the warm-up period enhances the muscle's capacity to absorb energy within the muscle-tendon unit, thereby supporting an increase in tension and preventing injuries to muscle and tendon fibers.⁵ The most recent research on the efficacy of various warm-up methods, both active and passive, indicates that a general warm-up and a sport-specific warm-up are recommended in team sports such as soccer, basketball, handball and rugby, amongst others.¹¹ However, since the sport-specific warm-up is primarily based on trial and error, identifying the most effective warm-up methods for each sport can prove challenging.¹²

The foam roller (FR) has been identified as a potentially beneficial tool for use as part of a warm-up routine to exercise or pre-competition,¹³ both in amateur and professional athletes. The primary objective of incorporating the FR into a warm-up routine is to enhance athletic performance.¹⁴⁻¹⁶ The FR technique involves the athlete using a roller, typically made of high- to medium-density foam, to apply a direct pressure to a specific muscle group.¹⁷ The use of the FR has been demonstrated to have a wide range of beneficial effects, including an increase in flexibility,⁹ improved muscle recovery,^{18,19} reduced soft tissue adhesion, decrease in delayed-onset muscle soreness,²⁰ modulation of the nervous system function,²¹ enhanced vascular response,^{22,23} increased ROM,⁷ and improved muscle performance before and after exercise.^{24,25} In contrast, meta-analytic evidence on lower limb performance in parameters related to strength, speed, and jump height continues to show controversial data on a significant improvement when a FR routine is applied.²⁶

At the present time, there is no standardized FR application protocol. However, recent studies have provided some notable guidelines. For instance, the use of FR in combina-

tion with an active warm-up before a training session has been shown to be more effective in improving ROM and flexibility.²⁷ When combined with other techniques, such as dynamic stretching or cycling, significant improvements have been observed.^{5,9,13} The minimum application time to induce physiological changes appears to be 90 seconds, as reported in several series.²⁸ Additionally, the athlete's experience with this tool²⁹ and the possibility of rolling at higher speed³⁰ should be taken into account, as they may contribute to a more pronounced decrease in tissue stiffness.

The sport of basketball is defined by a series of continuous movements, which include sprints, changes of direction, and high-impact jumps. These actions underscore the significance of both aerobic and anaerobic physical capacities, as well as lower limb strength, agility, and ROM. Limitations of ROM have been demonstrated to be a main predictor of lower limb injuries,³¹ and consequently, are a crucial element in the reduction of the risk of injury and the optimization of the athletic performance.³² Within the context of basketball, lateral ankle sprains represent a particularly prevalent musculoskeletal injury.³³ The primary underlying cause may be attributed to a limitation of ankle dorsiflexion ROM, which affects the biomechanics of the foot³⁴ and of running and landing, alters balance, and increases the risk of injury to more proximal joints such as the knee or the hip.^{35,36} Foam rolling has demonstrated a significant impact on ROM, not only in the dorsiflexion of the ankle,^{28,37-40} but also in the knee^{7,18,25} and hip.^{41,42} It has been shown that ankle dorsiflexion is intimately connected to lower limb balance. A reduction in ankle dorsiflexion has been linked to a decline in lower limb balance, whereas an increase in ankle dorsiflexion has been associated with an enhanced lower limb balance.³³ The FR can be used as an unstable surface and presents a challenge to maintain the stability and balance of the body. Use of body weight and postures during rolling may be associated with secondary effects on core stability.⁴³

This is the first study to examine the impact of FR as a component of the warm-up routine in professional basketball players over a three-month period of time. The main purpose of the study was to observe the effects of the utilization of a foam roller during the warm-up on ankle mobility and lower limb stability, and secondarily, to assess if any induced effects were sustained over time.

MATERIALS AND METHODS

PARTICIPANTS

A randomized controlled study with two parallel groups was carried out. The sample for this study of healthy male professional basketball players was recruited from the Spanish national division and had to be between 19 and 29 years of age. In order to be included in the study, participants were required to meet several criteria. These included engaging in a minimum of three training sessions per week, participating in weekend competitions, having prior experience in the use of a FR, not having sustained significant musculoskeletal injuries or undergone surgery in the lower limbs within the year preceding the study, and not having a diagnosed orthopedic or neurological pathology in the lower limbs. Injuries that impeded compliance with the prescribed minimum training sessions per week or the established warm-up routine lead to exclusion. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of the Catholic University San Antonio of Murcia (UCAM) (reference no.: CE052314, [ClinicalTrials.gov](https://www.clinicaltrials.gov) registration number: NCT05971316). Informed consent was obtained from all the subjects involved in the study.

The 24 participants were randomly assigned to two study groups using the GraphPad Software (<https://www.graphpad.com/quickcalcs/randomize1/>). The control group (CG) consisted of 12 participants who underwent a general basketball warm-up. The experimental group, the foam roller group (FRG), consisted of 12 participants who performed a foam roller warm-up (FRWU), which added to the general warm-up performed by the CG.

PROCEDURE

There were three data collection timepoints for both groups. Initial pre-FRWU measurement (T0, week 0) was conducted. Subsequently, FRG participants were instructed on the FRWU they were to perform over the subsequent three-month period (weeks 1 to 12). In contrast, CG subjects only engaged in a general basketball warm-up, as prescribed by the strength and conditioning coach. This warm-up comprised mobility exercises, ballistic stretches, changes of direction and ball exercises. A second post-FRWU measurement (T1) was conducted at week 12. Following a four-week follow-up period during which neither the FRWU nor the general warm-up was performed for either group, a third post-FRWU measurement (T2, week 16) was conducted (Figure 1).

Prior to the completion of the primary tests, anthropometric data including body mass and height, were obtained. Body mass was determined using a TANITA BC-601 scale (Tanita®, Illinois, USA) with an accuracy of 0.1 kg. Height was assessed with a TANITA HR001 stadiometer (Tanita®, Illinois, USA), with a graduation of 1 mm, a measurement range from 0 to 210 cm, and an accuracy of 0.1 cm. Subsequently, the body mass index (BMI) of each of the participants was calculated (kg/m^2).

TEST 1: ANKLE DORSIFLEXION

In order to assess ankle dorsiflexion, the dorsiflexion lunge test (DLT)⁴⁴ was utilized. Data were recorded using the MyRom app from MyJumpLab for iOS. This method has been fully validated, exhibiting a standard error of estimate of 0.48° , an intraclass correlation coefficient of 0.976, and a coefficient of variation of $5.1 \pm 2.3\%$, which is comparable to the results obtained using a digital inclinometer (coefficient of variation = $4.9 \pm 2.5\%$).⁴⁵

The subject, barefoot and facing a wall, positioned the first toe to be measured on a line marked on the floor at a 15 cm distance from the wall. A strap was utilized to secure the mobile phone at the tibial midline, located 15 cm distal to the tibial tuberosity⁴⁴ (Figure 2). Participants were instructed to attempt to contact the wall using their knee, thereby performing a maximal dorsiflexion without lifting the heel off the ground, on three attempts. In the event that the subject contacted the wall during the initial attempt, he was instructed to withdraw his foot from the starting line and to repeat the three attempts. The degrees of both ankles were automatically obtained using the inclinometer of the mobile phone. The same procedure was then repeated for both ankles, and the mean value from the three attempts subsequently utilized for data analysis.

TEST 2: BALANCE

The YBT was selected to assess lower limb stability. This is a valid adaptation of the star excursion balance test (SEBT) that evaluates coordination, balance, flexibility, and lower limb strength, specifically through the anterior reach (AR), posteromedial reach (PMR), and posterolateral reach (PLR) distances. The protocol established by Plisky et al.⁴⁶ was utilized employing the Y-Balance Test Kit™ (Functional Movement Systems, Chatham, VA, USA). The YBT intraclass correlation coefficient for intrarater reliability ranges from 0.85 to 0.91, whereas the interrater reliability ranged from 0.99 to 1.00; additionally, composite reach score reliability was 0.91.⁴⁷ Subject was positioned in a unipedal, barefoot position, with the leg to be tested situated at the center of the inverted Y test equipment. With the hands firmly placed on the hips, athletes were instructed to slide the block as far as possible with the foot, not lifting the heel, and return to the initial upright position. Once three successful reaches had been achieved, athletes went on to the next foot. The order of performance was as follows: right AR, left AR, right PMR, left PMR, right PLR, and left PLR (Figure 3). For the purpose of data analysis, relative distance was employed. This was defined as the percentage obtained by dividing the absolute reach distance achieved in each of the directions by the limb length to be evaluated and multiplying the result by 100.

FOAM ROLLER ROUTINE: FOAM ROLLER WARM-UP

FRWU was conducted exclusively by subjects of the FRG for a period of three months, prior to their training sessions and in combination with the general warm-up routine prescribed by the strength and conditioning coach. In contrast,

Effectiveness of a Foam Roller Warm-Up in Professional Basketball Players: A Randomized Controlled Trial

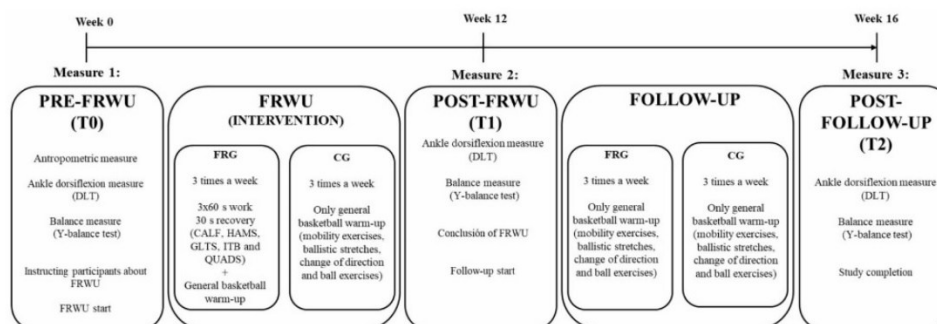


Figure 1. Flow chart of the experimental design.

Note: FRWU: foam roller warm-up; FRG: foam roller group; CG: control group; DLT: dorsiflexion lunge test; HAMS: hamstrings; GLTS: gluteal muscles; ITB: iliotibial band; QUADS: quadriceps.

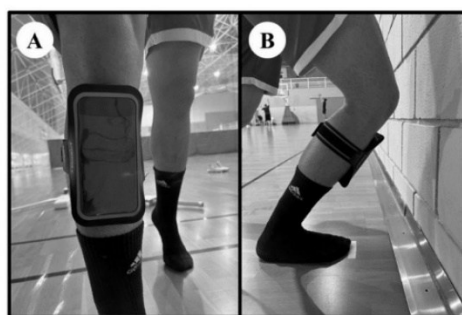


Figure 2. Frontal (A) and lateral (B) views of the dorsiflexion lunge test.

participants or the CG only performed a general warm-up routine that was identical to the one that was carried out by the experimental group, and which included mobility exer-

cises, ballistic stretching, changes of direction and ball exercises.

FRWU was designed with a special focus on the lower limb musculature and was developed based on adaptations from previous studies.^{39,48,49} Participants were instructed to perform three sets of 60 seconds of work with a 30 second rest period between sets, three times per week (during training sessions), using a smooth, high-density foam roller (33 centimeters long and with a diameter of 13 centimeters), which is commonly available on the market. Exercises were bilateral for calf muscles, hamstrings, quadriceps, and gluteal muscles, and unilateral for the iliotibial band. Participants only applied their body weight with a moderate pressure ranging a self-report of between 5 and 7 on a numerical subjective scale (where 0 represents the absence of discomfort and 10 represents the maximum level of discomfort), and they avoided muscle spasms or cramps.⁵⁰

For each segment of the lower limb, participants rolled the foam roller in a continuous motion from the top to the bottom of the muscle or muscle group, returning to the starting position at the conclusion of the movement.

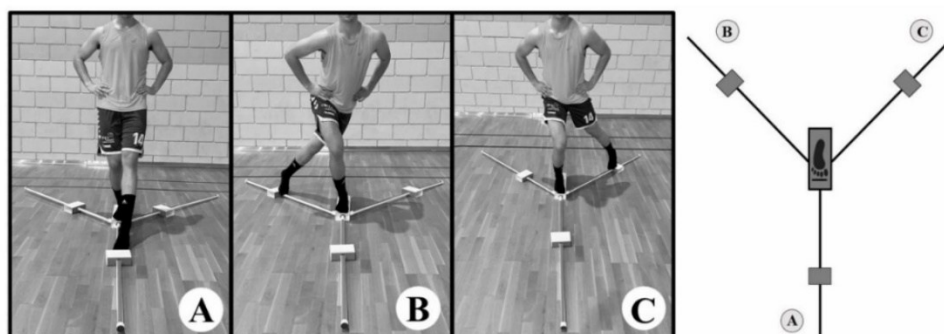


Figure 3. YBT anterior reach (A), posterolateral reach (B) and posteromedial reach (C).

Effectiveness of a Foam Roller Warm-Up in Professional Basketball Players: A Randomized Controlled Trial

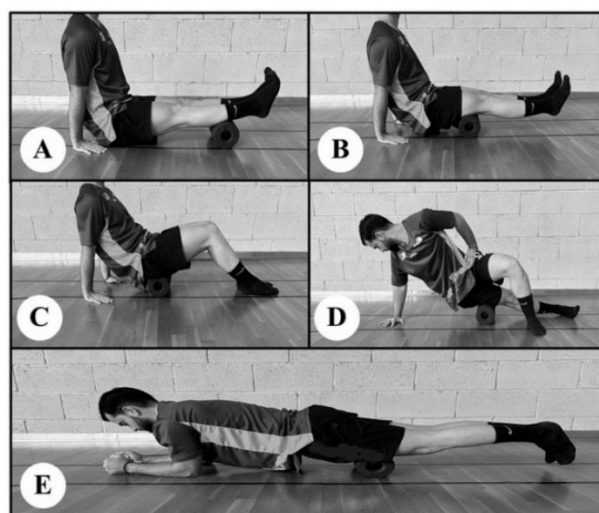


Figure 4. Foam roller warm-up protocol for the calves (A), hamstrings (B), gluteal muscles (C), ITB (D), and quadriceps (E).

For hamstrings, calves, and gluteal muscles, participants adapted a seated position with the roller positioned beneath the targeted muscle group, with the legs elevated for the hamstrings and calves and supported for the glutes. Hands were placed on the ground with fingers pointing toward the body, thereby supporting a portion of the participants' body weight. In the case of the quadriceps, subjects assumed a prone position, with forearms on the ground in a plank position, and the foam roller was positioned under their thighs. Finally, for the iliotibial band, participants assumed a lateral position, with one leg crossed in front of the other and the bottom leg slightly elevated off the ground (Figure 4).

STATISTICAL ANALYSIS

All data were stored in a database that had been specifically designed for this study. A review was conducted to identify any inaccurate data entries or extreme outliers, i.e., data that were considered not to be representative of the study variables and none were found. All descriptive and inferential statistical analyses were performed using various libraries within the RStudio advanced statistical processing program.⁵¹ An independent sample t-test was used to assess for significant differences between the two groups. Paired t-tests were used to assess the mean difference before and after the intervention and to assess if significant differences had occurred. Data normality was examined through the Shapiro-Wilk test. In cases where these assumptions were not met, a non-parametric equivalent test was employed, such as the Wilcoxon signed-rank test. Significance level was set at $p < 0.05$ for all of the tests.

Moreover, to describe the magnitude of the difference or the relationship between the means of two paired groups, the effect sizes were calculated using the Cohen's d which provides an indication of the practical significance, or the strength of observed the relationship, which is independent of the sample size. Finally, to calculate the study power, a *post-hoc* analysis was performed using the results obtained through the G*Power program.⁵² A significance level of $\alpha < 0.05$ was established, employing a one-tailed test, as improvement was obtained, and a large effect size was assumed for the variables of interest in the study.

RESULTS

Twenty-four subjects were recruited and enrolled in the study. Subsequently, two subjects were excluded from the study due to an injury and their inability to comply with the routine, resulting in a final study sample of 22 participants. (Table 1). There were no statistically significant differences between the groups.

ANKLE DORSIFLEXION

The comparison of the ankle dorsiflexion means between both groups at the three measurement points revealed no statistically significant differences. Both groups exhibited non-significantly different values at T0 (pre-FRWU) (for the FRG: $p = 0.355$; and for the CG: $p = 0.227$). Whereas at T1 (post-FRWU), the FRG ($p = 0.092$) displayed higher mean values than the CG ($p = 0.379$), again without significant differences. Results were not statistically significant, with the FRG ($p = 0.583$) mean being lower than that of the CG ($p = 0.086$). (Table 2).

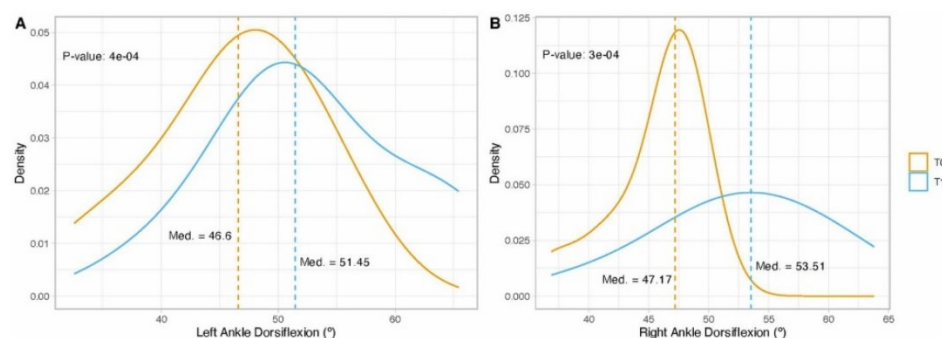
Table 1. Participant characteristics. Values are reported as mean and standard deviation (SD).

	FRG	CG	TOTAL	p-value
Participants, n	11	11	22	
Age, years	23.7 (4.5)	22.2 (4.7)	23.0 (4.6)	0.3439 ^a
Body mass, kg	77.5 (13.0)	85.4 (20.5)	81.4 (17.2)	0.2901 ^b
Height, cm	180 (0.1)	180 (0.1)	180 (0.1)	0.6387 ^b
Body mass index, kg/m ²	24.7 (4.3)	26.1 (2.8)	25.4 (3.6)	0.3815 ^b

FRG: foam roller group; CG: control group. ^aWilcoxon rank sum test. ^bTwo sample t-test.**Table 2. Ankle dorsiflexion means for the foam roller group and the control group over time. All are reported in degrees.**

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Left	46.3 (7.0)	52.8 (8.1)	47.4 (5.0)	46.2 (5.6)	49.2 (7.0)	51.1 (5.5)
Right	45.7 (3.9)	52.7 (7.1)	48.9 (5.9)	46.0 (7.33)	47.7 (8.8)	49.1 (7.2)

Values are represented in terms of the mean and standard deviation (SD). FRG: foam roller group; CG: control group.

**Figure 5. Comparison of medians in ankle dorsiflexion between T0 and T1 in the FRG. Med.: median; density: proportion of individuals.**

A significant increase was observed between T0 and T1 between groups for dorsiflexion of both the right ($p = 0.001$) and left ($p = 0.001$) ankles, with a large effect size ($d > 0.8$) observed exclusively in the FRG. However, a significant increase was observed only in the FRG for the ROM of the right ankle ($p = 0.041$) in the T0-T2 (pre-FRWU to follow-up) comparison, with a medium effect size ($d = 0.6$). No statistically significant differences were observed in the CG. (Table 3).

Figure 5 presents a comparison of medians exclusively for the FRG between T0 and T1. Left and right ankle dorsiflexion is shown. A shift to the right is observed in both the density curve and the median of both ankles, in the left ankle grades (medT0 = 46.6° versus medT1 = 51.45°; $p = 0.149$) and in the right ankle grades (medT0 = 47.1° versus medT1 = 53.5°; $p = 0.336$).

BALANCE

A comparison of the means of the YBT outcomes between the two groups at the three measurement points revealed a significant increase in percentage distance only at T1 for the FRG for right PMR ($p = 0.003$) and left PLR ($p = 0.005$) and also for the CG for right PMR ($p = 0.014$) and left PLR ($p = 0.024$) (Table 4).

A significant increase was observed in all of the YBT distances within the FRG between T0 and T1, exhibiting a large effect size for right ($p = 0.003$, $d = 1.1$) and left ($p = 0.002$, $d = 1.3$) AR, for right ($p = 0.050$, $d = 1.3$) and left ($p = 0.010$, $d = 0.8$) PMR, and for right ($p = 0.050$, $d = 0.8$) and left ($p = 0.030$, $d = 0.9$) PLR. In contrast, CG showed a significant increase only in right ($p = 0.007$, $d = 1.3$) and left ($p = 0.010$, $d = 1.2$) AR between T0 and T1. With regard to the improvements observed between T0 and T2, a significant increase was identified only in the FRG for right ($p =$

0.010, $d = 1.3$) and left ($p = 0.030$, $d = 1.2$) AR, with a large effect sizes (Table 5).

Figure 6 presents a comparison of medians exclusively for FRG between T0 and T1, for all of the distances of the YBT. A shift to the right is observed in the density curve and the median of both lower limbs in left AR (medT0 = 63.73% versus medT1 = 78.43%; $p = 0.002$), right AR (medT0 = 63.73% versus medT1 = 78.1%; $p = 0.003$), left PMR (medT0 = 73.64% versus medT1 = 80%; $p = 0.015$), right PMR (medT0 = 69.09% versus medT1 = 80.87%; $p = 0.052$), left PLR (medT0 = 73.53% versus medT1 = 84.55%; $p = 0.035$) and right PLR (medT0 = 73.91% versus medT1 = 83.33%; $p = 0.050$).

Finally, post-hoc statistical power of 0.84 was achieved, which is the minimum common convention for statistical power required for a study, although the sample was small.

DISCUSSION

Based on the literature review that was conducted, and to the best of the authors' knowledge, this is the first study to evaluate the potential benefits of FR as a component of an active warm-up routine prior to the sport practice over a 12-week period of time, specifically in terms of enhancing ankle mobility and lower limb balance. Furthermore, the study sought to ascertain whether these outcomes were maintained over time, with a four-week follow-up period. The obtained results indicated a significant improvement in the right and left ankle dorsiflexion for the FRG following the FRWU. With regard to the lower limb balance, significant improvements were observed in all of the variables of the YBT for the FRG following the FRWU. However, these improvements were not sustained during the follow-up period for any of the tests. Significant improvements were only observed in the CG in the right and left AR in the YBT.

The observed increase in the ankle dorsiflexion degrees is supported by a substantial body of evidence from previous studies, which demonstrates that foam rolling results in an immediate enhancement of the ROM, not only in the ankle, but also in other joints such as the hip^{41,42} and the knee.^{18,25,53} Results of the current study indicate that the foam roller group exhibited an increase in the ankle dorsiflexion of 6.5° on the left side and 7.1° on the right after 12 weeks of foam roller warm-up. Prior research has demonstrated that FR can facilitate a 3.4° increase in plantar flexion following its application to the calf, for three sets of 60 seconds on, 30 seconds off, for 4 weeks, every day of the week³⁷ and a 9° enhancement in acute ankle ROM was seen with a 4.5° increase observed on the dominant leg and a 4.4° increase on the non-dominant leg, following 1 minute of foam rolling to the quadriceps and calf.³⁸ Additionally, a 7% increase in the ankle ROM after 3 sets of 30 seconds of application and 30 seconds of rest,³⁹ and an enhancement in the ankle dorsiflexion were both noted without modifying the maximal muscle torque, regardless of the performance of one set, 3 sets or 10 sets of 30 seconds.²⁸ On the other hand, the implementation of FR over a six-week intervention period has been demonstrated to result in an enhanced ankle ROM and targeted movement

patterns during the athletic activities, thereby reducing the risk of injury and enhancing athletic performance.⁵⁴ A notable 11% increase in the ankle ROM was observed after five weeks of intervention.⁵⁰ Furthermore, incorporating FR into the warm-up for eight weeks resulted in an enhanced ankle ROM without compromising the lower limb stability.⁵⁵ The obtained results and a recent review indicate that an FR intervention longer than four weeks and with a minimum of three sessions per week induces a significant effect on gains in the ankle ROM.⁵⁶ Therefore, based on the aforementioned studies and the data obtained in this study, the use of the FR on the lower limb as a part of an active warm-up over a long period of time (three months) can be used to improve the ankle dorsiflexion ROM of both ankles. Thus, this is the only study that corroborates the improvements seen and provides evidence that prolonged use of FR is associated with enhanced ankle range of motion.

Currently, there are no published references on the influence of FR on lower limb stability. Hence, this article, makes a novel contribution to the existing literature on the topic. The importance of the improvements in lower limb stability, which appear to be closely related to the improvements in the ankle dorsiflexion ROM, cannot be overstated. Previous authors have demonstrated that a reduction in the ankle dorsiflexion results in a decline in lower limb balance.³³ Additionally, the performance of FR interventions can provide core muscular activation levels that are comparable to or even higher than those achieved with plank exercises.⁵⁵ This is because the postures that are applied during the use of FR, such as those adopted for the quadriceps, are similar to the ones that are applied in the plank position. This could exert an enhancing and activating effect on core stability, thus indirectly contributing to improving the lower limb balance as measured by the YBT.⁵⁷ The findings of the current study indicate that improvements were observed in all of the lower limb balance parameters, which occurred with enhanced ankle dorsiflexion range ROM in both ankles.

In addition to being a valid method for measuring lower limb balance, the YBT is also considered to be a reliable test for assessing the risk of lower limb injury.^{46,58} In a study performed by Engquist et al.,⁵⁹ the YBT was administered to university athletes and non-athlete university students, and results demonstrated that the athlete group exhibited a superior performance in the anterior reach (75% better), posteromedial reach (85-90% better), and posterolateral reach (90-95% better) compared to the non-athlete group. Following the application of the FRWU in this study, the mean distances achieved by the FRG nearly reached the benchmarks established by Engquist et al.⁵⁹ for all of the reach distances in both legs. Athletes in the current study demonstrated improved reaches which may relate to enhanced sensory integration, enabling optimal responses to diverse motor tasks and offering a potential for reduction of lower extremity injuries.

Following the four-week follow-up period (T2), during which FR was not employed, the enhancements achieved by the FRG exhibited a notable decline, approaching the values observed at T0. This is not surprising as the main

Effectiveness of a Foam Roller Warm-Up in Professional Basketball Players: A Randomized Controlled Trial

Table 3. Comparison and intragroup differences in ankle dorsiflexion across different time points, with associated effect sizes. All differences are reported in degrees.

	FRG						CG					
	T0-T1			T0-T2			T0-T1			T0-T2		
	MD	CI 95%	d	MD	CI 95%	d	MD	CI 95%	d	MD	CI 95%	d
Left	6.5*	[3.7,9.3]	0.8 (L)	1.15	[1.1,3.5]	0.1 (N)	2.9	[2.6,8.4]	0.4 (S)	4.9	[0.3,10.0]	0.9 (L)
Right	7.1*	[4.1,10.0]	0.9 (L)	3.28*	[0.9,5.7]	0.6 (M)	1.7	[4.3,7.7]	0.2 (S)	3.1	[0.1,6.1]	0.4 (S)

Cohen's values (d) are indicated as follows: L for large, M for medium, S for small, and N for negligible. MD: mean difference; CI: confidence intervals; FRG: foam roller group; CG: control group. * Statistically significant differences at $p < 0.05$.

Table 5. Comparison and intragroup differences in lower limb balance across different time points. All values are reported as percentages (normalized to limb length).

	FRG						CG					
	T0-T1			T0-T2			T0-T1			T0-T2		
	MD	CI 95%	d	MD	CI 95%	d	MD	CI 95%	d	MD	CI 95%	d
Right AR	8.6*	[3.6,13.6]	1.1 (L)	12.7*	[2.9,22.5]	1.0 (L)	8.2*	[2.8,13.6]	1.3 (L)	5.5	[6.7,17.6]	0.4 (S)
Right PMR	10.3*	[5.9,16.0]	1.3 (L)	3.6	[3.4,10.7]	0.3 (S)	2.3	[3.5,8.2]	0.3 (S)	2.2	[6.1,10.5]	0.2 (N)
Right PLR	8.3*	[0.1,16.5]	0.8 (L)	6.2	[1.2,14.5]	0.6 (M)	0.9	[5.2,7.2]	0.1 (N)	1.1	[7.4,9.7]	0.1 (N)
Left AR	9.5*	[4.4,14.6]	1.3 (L)	13.2*	[1.4,25.0]	0.9 (L)	9.9*	[2.9,17.0]	1.2 (L)	6.7	[6.6,20.1]	0.4 (S)
Left PMR	7.9*	[1.8,14.0]	0.9 (L)	3.5	[3.2,10.3]	0.3 (S)	3.7	[3.1,10.6]	0.5 (M)	1.9	[7.8,11.6]	0.1 (N)
Left PLR	7.7*	[0.6,14.8]	0.8 (L)	5.2	[4.1,14.6]	0.5 (S)	0.4	[4.4,5.2]	0.1 (N)	1.6	[6.4,9.6]	0.1 (N)

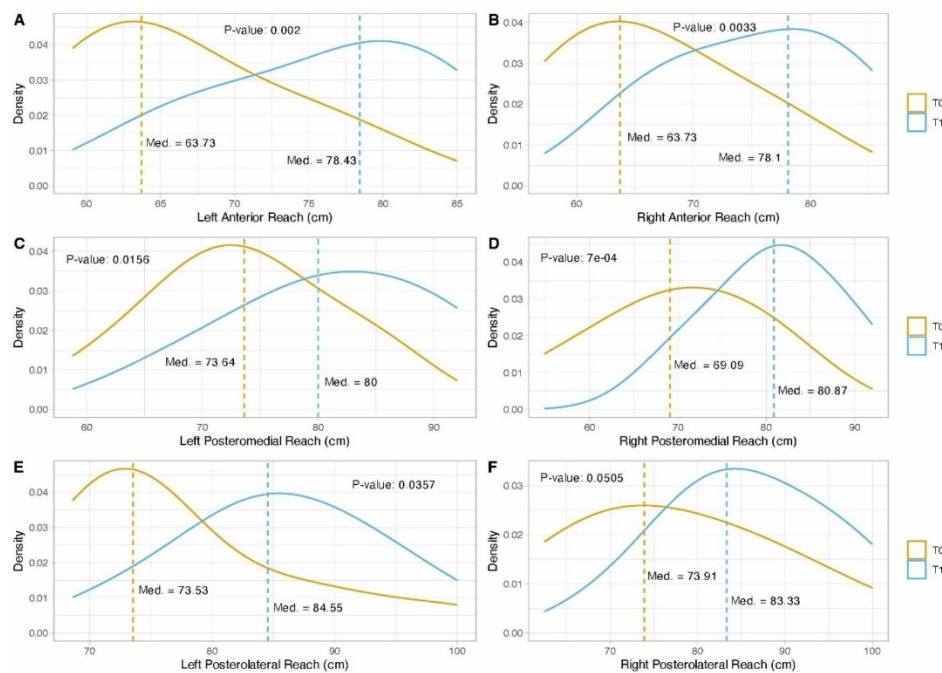
Cohen's values (d) are indicated as follows: L for large, M for medium, S for small, and N for negligible. MD: mean difference; CI: confidence intervals; FRG: foam roller group; CG: control group; AR: anterior reach; PMR: posteromedial reach; PLR: posterolateral reach. * Statistically significant differences at $p < 0.05$.

Figure 6. Comparison of medians in the reaches of the balance test between T0 and T1 in the FRG.

Med.: median; density: proportion of individuals.

Table 4. Reach outcomes between the foam roller group and the control group over time. All values are reported as percentages (normalized to limb length).

	FRG			CG		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Right AR	66.6 (11.7)	75.2 (7.4)	79.4 (15.4)	68.5 (7.5)	76.7 (4.5)	73.9 (17.6)
Right PMR	70.1 (9.1)	81.0 (7.3)*	73.7 (13.1)	72.9 (8.5)	75.3 (4.7)*	70.7 (13.7)
Right PLR	77.6 (11.7)	85.9 (9.0)	84.3 (10.2)	79.7 (9.7)	80.7 (5.7)	80.9 (13.3)
Left AR	66.6 (7.0)	76.1 (7.4)	79.8 (17.5)	68.3 (9.6)	78.2 (6.5)	75.1 (20.0)
Left PMR	73.4 (8.2)	81.3 (8.7)	76.9 (11.9)	73.4 (8.4)	77.2 (5.8)	75.3 (14.9)
Left PLR	77.9 (9.8)	85.6 (8.3)*	83.1 (12.0)	79.4 (7.7)	79.8 (4.6)*	81.0 (12.4)

Values are represented in terms of the mean in percentage and standard deviation (SD). FRG: foam roller group; CG: control group; AR: anterior reach; PMR: posteromedial reach; PLR: posterolateral reach. * Statistically significant differences at $p < 0.05$.

benefits of foam rolling are acute adaptations of soft tissue elasticity, pain threshold, and stretch tolerance.⁶⁰ This is a result of the rich sensory innervation of soft tissue, which plays an important role in specific tissue adaptations, including increased skin, muscle, and fascia temperature,²⁴ improvements in vascular function,²³ and reduced muscle stiffness.⁶¹ Additionally, FR contributes to systemic adaptations, which are related to the inhibition of the mechanoreceptors. These adaptations are thought to result in increased muscle relaxation after approximately fifteen minutes of use.⁶² It can be reasonably assumed that the altered perception of pain, which is a result of the sensory stimulation and the acute local systemic response, is the reason for the observed increase in ROM rather than muscle stiffness.⁶⁵ Therefore, this would suggest that a FR is suitable tool for use during the warm-up prior to explosive actions due to its acute potential. However, it should be noted that the effects of this technique can affect endurance actions, as improvements are maintained for thirty minutes⁴⁰ and then begin to decline drastically after sixty minutes,⁶⁴ with values similar to the initial values being observed at three hours.⁶⁵ This would underpin the assertion that, after using FR for a period of three consecutive months, discontinuing its application, even for a brief time interval (one month), results in a regression to the initial values observed at the onset of the first three months.

The findings of this study indicate that the regular practice of FR for a minimum of three sessions per week over an extended period of time, with no interruptions, results in an enhancement in ankle dorsiflexion ROM and lower limb balance, which can positively impact the biomechanics of running and landing after jumping, as well as altering the balance of lower extremities.³⁵ ROM and balance factors are considered to be the main causes of ankle injuries in basketball.⁶⁶ As previously hypothesized, alterations in such factors can result in a reduction in the probability of lower extremity injuries by up to 85% and an enhancement in athletic performance.⁶⁷

It must be acknowledged that this study is not without limitations. Firstly, the FR is a relatively novel tool, that presents certain challenges in establishing a standardized protocol for its use. Secondly, the sample size was small, primarily due to the inclusion of professional basketball players who were required to possess proficiency in the use

of the FR, which presented a challenge in terms of recruitment. However, adequate post-hoc power was achieved. Thirdly, a follow-up period of an equal duration to that of the intervention would allow for the clarification of whether the observed improvements are maintained over time or diminish rapidly. Due to the small sample size, this work can only be considered to be an exploratory study with the aim of generating new hypotheses that should lead to additional trials. Accordingly, further research with a larger sample size and beyond male basketball players is required to validate these findings.

CONCLUSION

The results of the present study demonstrate the effectiveness of the foam roller as a component of a warm-up routine for male basketball athletes, with a particular emphasis on ankle dorsiflexion and lower limb balance. Enhancement in the degrees of dorsiflexion of both ankles and in all of the distances of the YBT was seen post intervention in the experimental group, after a three-month period of continuous use. The FR could be a valuable tool to incorporate into the pre-training warm-up routine for basketball athletes to improve ankle dorsiflexion and lower limb stability.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest. This research received no external funding.

ACKNOWLEDGMENTS

We appreciate the voluntary participation of all of the players and their invaluable kindness.

Submitted: May 20, 2024 CST, Accepted: November 18, 2024

CST

© The Author(s)

REFERENCES

1. Hedrick A. Physiological responses to warm-up. *Natl Strength Cond Assoc J.* 1992;14(5):25. [https://doi.org/10.1519/0744-0049\(1992\)014%3C0025:PRTWU%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/0744-0049(1992)014%3C0025:PRTWU%3E2.3.CO;2)
2. Hedrick A. Learning from each other: warming up. *Strength Cond J.* 2006;28. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2006\)28\[43:LFEOWU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2006)28[43:LFEOWU]2.0.CO;2)
3. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Med.* 2015;45(11):1523-1546. doi:[10.1007/s40279-015-0376-x](https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x)
4. Bishop D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med.* 2003;33(7):483-498. doi:[10.2165/00007256-200333070-00002](https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00002)
5. Morales-Artacho AJ, Lacourpaille L, Guilhem G. Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: cycling vs foam rolling. *Scand J Med Sci Sports.* 2017;27(12):1959-1969. doi:[10.1111/sms.12832](https://doi.org/10.1111/sms.12832)
6. Opplert J, Babault N. Acute Effects of dynamic stretching on mechanical properties result from both muscle-tendon stretching and muscle warm-up. *J Sports Sci Med.* 2019;18(2):351-358.
7. MacDonald GZ, Penney MDH, Mullaley ME, et al. An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):812-821. doi:[10.1519/JSC.0b013e31825c2bc1](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bc1)
8. Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2010;24(1):140-148. doi:[10.1519/JSC.0b013e3181c643a0](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c643a0)
9. Su H, Chang NJ, Wu WL, Guo LY, Chu IH. Acute effects of foam rolling, static stretching, and dynamic stretching during warm-ups on muscular flexibility and strength in young adults. *J Sport Rehabil.* 2017;26(6):469-477. doi:[10.1123/jsr.2016-0102](https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0102)
10. Axelson HW, Hagbarth KE. Human motor control consequences of thixotropic changes in muscular short-range stiffness. *J Physiol.* 2001;535(Pt 1):279-288. doi:[10.1111/j.1469-7793.2001.00279.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00279.x)
11. Van Den Tillaar R, Lerberg E, von Heimburg E. Comparison of three types of warm-up upon sprint ability in experienced soccer players. *J Sport Health Sci.* 2019;8(6):574-578. doi:[10.1016/j.jshs.2016.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.05.006)
12. Bishop D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med.* 2003;33(6):439-454. doi:[10.2165/00007256-200333060-00005](https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00005)
13. D'Andrea J, Wicke J, Kleber F. Foam rolling as a warm-up technique for anaerobic power activities. *Clinmedjournals.org.* 2017;3(5). doi:[10.23937/2469-5718/1510077](https://doi.org/10.23937/2469-5718/1510077)
14. Peacock CA, Krein DD, Silver TA, Sanders GJ, Von CarloWitz KPA. An acute bout of self-myofascial release in the form of foam rolling improves performance testing. *Int J Exerc Sci.* 2014;7(3):202-211. doi:[10.70252/DTPM9041](https://doi.org/10.70252/DTPM9041)
15. Ferreira RM, Martins PN, Goncalves RS. Effects of self-myofascial release instruments on performance and recovery: an umbrella review. *Int J Exerc Sci.* 2022;15(3):861-883.
16. Healey KC, Hatfield DL, Blanpied P, Dorfman LR, Riebe D. The effects of myofascial release with foam rolling on performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):61-68. doi:[10.1519/JSC.0b013e3182956569](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182956569)
17. Freiwald J, Baumgart C, Kühnemann M, Hoppe M. Foam-rolling in sport and therapy – Potential benefits and risks. *Sports Orthop Traumatol.* Published online July 1, 2016. doi:[10.1016/j.orthtr.2016.07.002](https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2016.07.002)
18. Macdonald GZ, Button DC, Drinkwater EJ, Behm DG. Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(1):131-142. doi:[10.1249/MSS.0b013e3182a123db](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a123db)
19. Rey E, Padrón-Cabo A, Costa PB, Barcala-Furelos R. Effects of foam rolling as a recovery tool in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2019;33(8):2194-2201. doi:[10.1519/JSC.0000000000002277](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002277)
20. Romero-Franco N, Romero-Franco J, Jiménez-Reyes P. Jogging and practical-duration foam-rolling exercises and range of motion, proprioception, and vertical jump in athletes. *J Athl Train.* 2019;54(11):1171-1178. doi:[10.4085/1062-6050-474-18](https://doi.org/10.4085/1062-6050-474-18)

21. Kim S, Bleakney R, Boynton E, et al. Investigation of the static and dynamic musculotendinous architecture of supraspinatus. *Clin Anat.* 2010;23(1):48-55. doi:[10.1002/ca.20896](https://doi.org/10.1002/ca.20896)
22. Hotfiel T, Swoboda B, Krinner S, et al. Acute effects of lateral thigh foam rolling on arterial tissue perfusion determined by spectral doppler and power doppler ultrasound. *J Strength Cond Res.* 2017;31(4):893-900. doi:[10.1519/JSC.0000000000001641](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001641)
23. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):69-73. doi:[10.1519/JSC.0b013e31829480f5](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829480f5)
24. Beardsley C, Škarabot J. Effects of self-myofascial release: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19(4):747-758. doi:[10.1016/j.jbmt.2015.08.007](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.08.007)
25. Cheatham SW, Kolber MJ, Cain M, Lee M. The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(6):827-838.
26. Konrad A, Nakamura M, Behm DG. The effects of foam rolling training on performance parameters: a systematic review and meta-analysis including controlled and randomized controlled trials. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(18):11638. doi:[10.3390/ijerph191811638](https://doi.org/10.3390/ijerph191811638)
27. Hendricks S, Hill H, Hollander S den, Lombard W, Parker R. Effects of foam rolling on performance and recovery: A systematic review of the literature to guide practitioners on the use of foam rolling. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(2):151-174. doi:[10.1016/j.jbmt.2019.10.019](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.10.019)
28. Nakamura M, Onuma R, Kiyono R, et al. The acute and prolonged effects of different durations of foam rolling on range of motion, muscle stiffness, and muscle strength. *J Sports Sci Med.* 2021;20(1):62-68. doi:[10.52082/jssm.2021.62](https://doi.org/10.52082/jssm.2021.62)
29. Mayer I, Hoppe MW, Freiwald J, et al. Different effects of foam rolling on passive tissue stiffness in experienced and nonexperienced athletes. *J Sport Rehabil.* 2020;29(7):926-933. doi:[10.1123/jsr.2019-0172](https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0172)
30. Wilke J, Niemeyer P, Niederer D, Schleip R, Banzer W. Influence of foam rolling velocity on knee range of motion and tissue stiffness: a randomized, controlled crossover trial. *J Sport Rehabil.* 2019;28(7):711-715. doi:[10.1123/jsr.2018-0041](https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0041)
31. Gonzalo-Skok O, Serna J, Rhea MR, Marín PJ. Relationships between functional movement tests and performance tests in young elite male basketball players. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(5):628-638.
32. Bonnel F, Toullec E, Mabit C, Tourné Y, Sofcot. Chronic ankle instability: biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* 2010;96(4):424-432. doi:[10.1016/j.otsr.2010.04.003](https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.04.003)
33. Padua E, D'Amico AG, Alashram A, et al. Effectiveness of warm-up routine on the ankle injuries prevention in young female basketball players: a randomized controlled trial. *Med Kaunas Lith.* 2019;55(10):690. doi:[10.3390/medicina55100690](https://doi.org/10.3390/medicina55100690)
34. Bohannon RW, Tiberio D, Zito M. Selected measures of ankle dorsiflexion range of motion: differences and intercorrelations. *Foot Ankle.* 1989;10(2):99-103. doi:[10.1177/107110078901000209](https://doi.org/10.1177/107110078901000209)
35. Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *J Back Musculoskeletal Rehabil.* 2018;31(3):437-446. doi:[10.3233/BMR-170836](https://doi.org/10.3233/BMR-170836)
36. Bolívar YA, Munuera PV, Padillo JP. Relationship between tightness of the posterior muscles of the lower limb and plantar fasciitis. *Foot Ankle Int.* 2013;34(1):42-48. doi:[10.1177/1071100712459173](https://doi.org/10.1177/1071100712459173)
37. Aune AAG, Bishop C, Turner AN, et al. Acute and chronic effects of foam rolling vs eccentric exercise on rom and force output of the plantar flexors. *J Sports Sci.* 2019;37(2):138-145. doi:[10.1080/02640414.2018.1486000](https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1486000)
38. Phillips J, Diggin D, King DL, Sforzo GA. Effect of varying self-myofascial release duration on subsequent athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2021;35(3):746-753. doi:[10.1519/JSC.0000000000002751](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002751)
39. Smith JC, Pridgeon B, Hall MC. Acute effect of foam rolling and dynamic stretching on flexibility and jump height. *J Strength Cond Res.* 2018;32(8):2209. doi:[10.1519/JSC.0000000000002321](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002321)
40. Kasahara K, Konrad A, Yoshida R, et al. Comparison of the prolonged effects of foam rolling and vibration foam rolling interventions on passive properties of knee extensors. *J Sports Sci Med.* 2022;21(4):580-585. doi:[10.52082/jssm.2022.580](https://doi.org/10.52082/jssm.2022.580)

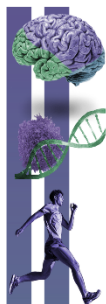
41. Romero Moraleda B, López Rosillo A, González J, Morencos Martínez E. Efectos del foam roller sobre el rango de movimiento, el dolor y el rendimiento neuromuscular: revisión sistemática. *Retos Nuevas Tend En Educ Física Deporte Recreación*. 2020;(38):879-885. doi:[10.47197/retos.v38i38.75532](https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.75532)
42. Behara B, Jacobson BH. Acute effects of deep tissue foam rolling and dynamic stretching on muscular strength, power, and flexibility in division I linemen. *J Strength Cond Res*. 2017;31(4):888. doi:[10.1519/JSC.0000000000001051](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001051)
43. Lukas C. *Faszienbehandlung mit der Blackroll [Treatment of fascia with the blackroll]*. BoD - Books on Demand; 2012. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-rxgblWaR0C&oi=fnd&pg=PA19&ots=KEcQh1SQkq&sig=sv2_NAInI-JmT-IHjv2lzmC0Sk4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
44. Bennell KL, Talbot RC, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly DH, Hall AJ. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother*. 1998;44(3):175-180. doi:[10.1016/S0004-9514\(14\)60377-9](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60377-9)
45. Balsalobre-Fernández C, Romero-Franco N, Jiménez-Reyes P. Concurrent validity and reliability of an iPhone app for the measurement of ankle dorsiflexion and inter-limb asymmetries. *J Sports Sci*. 2019;37(3):249-253. doi:[10.1080/02640414.2018.1494908](https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1494908)
46. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(12):911-919. doi:[10.2519/jospt.2006.2244](https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244)
47. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North Am J Sports Phys Ther*. 2009;4(2):92-99.
48. Baumgart C, Freiwald J, Kühnemann M, Hotfiel T, Hüttel M, Hoppe MW. Foam rolling of the calf and anterior thigh: biomechanical loads and acute effects on vertical jump height and muscle stiffness. *Sports*. 2019;7(1):27. doi:[10.3390/sports7010027](https://doi.org/10.3390/sports7010027)
49. Madoni SN, Costa PB, Coburn JW, Galpin AJ. Effects of foam rolling on range of motion, peak torque, muscle activation, and the hamstrings-to-quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res*. 2018;32(7):1821-1830. doi:[10.1519/JSC.0000000000002468](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002468)
50. Kiyono R, Onuma R, Yasaka K, Sato S, Yahata K, Nakamura M. Effects of 5-week foam rolling intervention on range of motion and muscle stiffness. *J Strength Cond Res*. 2022;36(7):1890-1895. doi:[10.1519/JSC.0000000000003757](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003757)
51. RStudio Team. RStudio: integrated development for R. 2020. <http://www.rstudio.com/>
52. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Beh Res Methods*. 2007;39:175-191. doi:[10.3758/bf03193146](https://doi.org/10.3758/bf03193146)
53. Mohr AR, Long BC, Goad CL. Effect of foam rolling and static stretching on passive hip-flexion range of motion. *J Sport Rehabil*. 2014;23(4):296-299. doi:[10.1123/jsr.2013-0025](https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0025)
54. Guillot A, Kerautret Y, Queyrel F, Schobb W, Di Rienzo F. Foam rolling and joint distraction with elastic band training performed for 5-7 weeks respectively improve lower limb flexibility. *J Sports Sci Med*. 2019;18(1):160-171.
55. Junker D, Stöggel T. The training effects of foam rolling on core strength endurance, balance, muscle performance and range of motion: a randomized controlled trial. *J Sports Sci Med*. 2019;18(2):229-238.
56. Konrad A, Nakamura M, Tilp M, Dönti O, Behm DG. Foam rolling training effects on range of motion: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2022;52(10):2523-2535. doi:[10.1007/s40279-022-01699-8](https://doi.org/10.1007/s40279-022-01699-8)
57. Zahiri A, Alizadeh S, Daneshjoo A, Pike N, Konrad A, Behm DG. Core muscle activation with foam rolling and static planks. *Front Physiol*. 2022;13:852094. doi:[10.3389/fphys.2022.852094](https://doi.org/10.3389/fphys.2022.852094)
58. Butler RJ, Lehr ME, Fink ML, Kiesel KB, Plisky PJ. Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: an initial study. *Sports Health*. 2013;5(5):417-422. doi:[10.1177/1941738113498703](https://doi.org/10.1177/1941738113498703)
59. Engquist KD, Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Performance comparison of student-athletes and general college students on the Functional Movement Screen and the Y-balance test. *J Strength Cond Res*. 2015;29(8):2296-2303. doi:[10.1519/JSC.0000000000000906](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000906)
60. Behm DG, Wilke J. Do self-myofascial release devices release myofascia? rolling mechanisms: a narrative review. *Sports Med*. 2019;49(8):1173-1181. doi:[10.1007/s40279-019-01149-y](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01149-y)

61. Heiß R, Mayer I, Hüttel M, et al. Evaluation of tissue stiffness in athletes with different experience in foam rolling assessed by acoustic radiation force impulse elastography. *Sem Musculoskel Radiol*. 2019;23. doi:[10.1055/s-0039-1687708](https://doi.org/10.1055/s-0039-1687708)
62. Ketelhut S, Möhle M, Hottenrott K. Acute Effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial stiffness in healthy young adults. *Artery Res*. 2020;26. doi:[10.2991/artres.k.200615.001](https://doi.org/10.2991/artres.k.200615.001)
63. Wilke J, Müller AL, Giesche F, Power G, Ahmed H, Behm DG. Acute effects of foam rolling on range of motion in healthy adults: a systematic review with multilevel meta-analysis. *Sports Med*. 2020;50(2):387-402. doi:[10.1007/s40279-019-01205-7](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01205-7)
64. Kasahara K, Konrad A, Yoshida R, et al. Comparison of the effects of different foam rolling durations on knee extensors function. *Biol Sport*. 2024;41(2):139-145. doi:[10.5114/biolSport.2024.131820](https://doi.org/10.5114/biolSport.2024.131820)
65. Giovanelli N, Vaccari F, Floreani M, et al. Short-term effects of rolling massage on energy cost of running and power of the lower limbs. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(10):1337-1343. doi:[10.1123/ijsspp.2018-0142](https://doi.org/10.1123/ijsspp.2018-0142)
66. Lebleu J, Mahaudens P, Pitance L, et al. Effects of ankle dorsiflexion limitation on lower limb kinematic patterns during a forward step-down test: A reliability and comparative study. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2018;31(6):1085-1096. doi:[10.3233/BMR-171063](https://doi.org/10.3233/BMR-171063)
67. Desai P, Jungmalm J, Börjesson M, Karlsson J, Grau S. Effectiveness of an 18-week general strength and foam-rolling intervention on running-related injuries in recreational runners. *Scand J Med Sci Sports*. Published online January 11, 2023. doi:[10.1111/sms.14313](https://doi.org/10.1111/sms.14313)

ANEXO 7: Comunicación científica nacional.



ANEXO 8: Comunicación científica internacional.



XV CONGRESO INTERNACIONAL DE FISIOTERAPIA UMH



13, 14, 15 marzo 2025

El uso del foam roller como parte del calentamiento mejora la dorsiflexión de tobillo y el equilibrio: un ensayo clínico aleatorizado.

Daniel Casado^{1,*}; Iván Nácher²; Javier Reina²; Lara Sánchez¹.

¹ Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud, Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM); ² Departamento de Fisioterapia, Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM); * Autor de correspondencia: Daniel Casado, dcasado9@alu.ucam.edu.

INTRODUCCIÓN

Nace en los años 50 como y su composición era de madera. En los años 70 se comienza a fabricar en espuma de alta densidad y era utilizado como una herramienta de automasaje para bailarines. En los 90's se adentra por primera vez en el mundo del fitness y, a partir de aquí, su popularidad empieza a aumentar hasta hoy en día que es una conocida herramienta de auto-liberación miofascial y que podemos encontrar de muchos tamaños, colores y formas.

Siguiendo la evidencia científica el uso del foam roller (FR) conlleva: un aumento del rendimiento, una mayor recuperación muscular, un aumento de la flexibilidad y del ROM, una disminución de la adherencia de los tejidos y de las DOMS, una modulación del sistema nervioso e incluso un aumento de la vasodilatación. Todas ellas, adaptaciones muy similares a las de un calentamiento genérico. Aún no se han encontrado evidencias de su potencial en la mejora en la fuerza.

OBJETIVO:

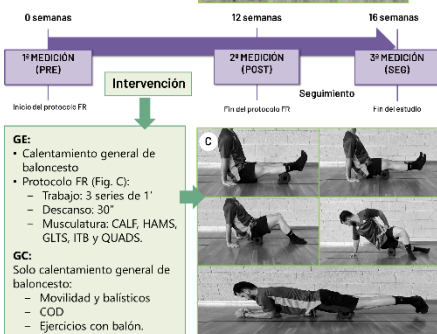
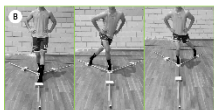
Observar los efectos del FR sobre la movilidad del tobillo y la estabilidad de la extremidad inferior y además, evaluar si los efectos inducidos pueden mantenerse en el tiempo.



METODOLOGÍA

22 sujetos, masculinos, jugadores de baloncesto profesional, fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: Grupo Control (GC) y Grupo Experimental (GE). Se midieron dos parámetros:

- Dorsiflexión de tobillo (Dorsiflexion Lunge Test) (Fig. A).
- Equilibrio de la extremidad inferior (Y-Balance Test) (Fig. B).



CONCLUSIONES

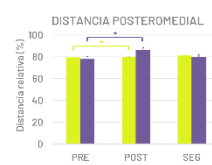
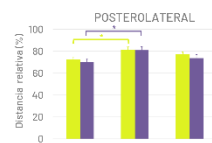
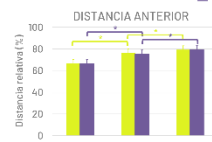
- El FR como parte de un calentamiento general durante 3 meses en jugadores de baloncesto conlleva una mejora de la flexión dorsal de tobillo y el equilibrio de la extremidad inferior.
- Las mejoras encontradas tras el protocolo de FR no se mantuvieron tras el período de seguimiento, lo que sugiere una mejora gracias a su continua utilización.
- Las adaptaciones provocadas por el FR podrían reducir el riesgo de lesión del MMII y con ello una mejora del rendimiento deportivo.

RESULTADOS

Y-BALANCE TEST (YBT):

Mejora significativa entre el PRE-POST en las distancias anterior ($p < 0.01$), posterolateral ($p < 0.02$) y posteromedial ($p < 0.01$) en el GE, tanto en el lado izquierdo como en el derecho.

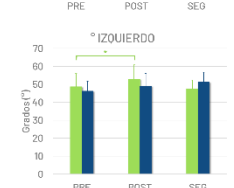
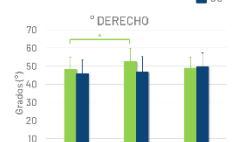
■ IZO ■ DRCH



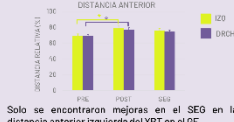
DORSIFLEXION LUNGE TEST:

Mejora significativa entre el PRE-POST solo en el GE, tanto en el lado izquierdo ($p < 0.01$) como en el derecho ($p < 0.01$).

■ GE ■ GC



El GC solo mostró mejoras significativas ($p < 0.05$) en la distancia anterior izquierda y derecha del YBT entre el PRE-POST.



Solo se encontraron mejoras en el SEG en la distancia anterior izquierda del YBT en el GE.

ESCANEA EL CÓDIGO QR

En él podrás escuchar un breve resumen sobre esta investigación y también encontrarás referencias bibliográficas que pueden ser de tu interés.





El Vicerrector de Estudiantes y Coordinación,
D. José Juan López Espín,

CERTIFICA que

**Daniel Casado Gómez, Javier Reina Abellán, Iván
Nácher Moltó, Lara Sánchez Torres**

han presentado el póster

**“El uso del foam roller como parte del
calentamiento mejora la dorsiflexión de tobillo
y el equilibrio: un ensayo clínico aleatorizado.”**

en el **XV Congreso Internacional de Fisioterapia de
la Universidad Miguel Hernández**,
celebrado en Alicante, del 13 al 15 de marzo de 2025.

2º PREMIO PÓSTER TESIS DOCTORALES

Y para que conste a los efectos oportunos, firmo electrónicamente.

D. José Juan López Espín
Vicerrector de Estudiantes y Coordinación
Universidad Miguel Hernández



Código Seguro de Verificación(CSV): PFUMHNDc3MmYzMjQ0OGUyMi0
Copia auténtica de documento firmado electrónicamente. Puede verificar su integridad en <https://sede.umh.es/csv>
Firmado por JOSE JUAN LOPEZ ESPIN el día 2025-03-26

