



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en
el rendimiento físico de jóvenes futbolistas

Autora:

Dña. Elena Isla Paredes

Directores:

Dr. D. Pedro Guillén García

Dr. D. Francisco Esparza Ros

Dr. D. Javier Mallo Sainz

Murcia, Octubre de 2021



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en
el rendimiento físico de jóvenes futbolistas

Autora:

Dña. Elena Isla Paredes

Directores:

Dr. D. Pedro Guillén García

Dr. D. Francisco Esparza Ros

Dr. D. Javier Mallo Sainz

Murcia, Octubre de 2021



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

AUTORIZACIÓN DE LO/S DIRECTOR/ES DE LA TESIS
PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Pedro Guillén García, el Dr. D. Francisco Esparza Ros y el Dr. D. Javier Mallo Sainz como Directores de la Tesis Doctoral titulada *“Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en el rendimiento físico de jóvenes futbolistas”* realizada por D^a. Elena Isla Paredes en el Departamento de 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, 1393/2007, 56/2005 Y 778/98, en Murcia a 29 de Octubre de 2021.

RESUMEN

Introducción

La efectividad de diferentes rutinas de calentamiento para la prevención de lesiones en el fútbol base se ha demostrado en la literatura, aunque existe una falta de información sobre los efectos que este tipo de programas pudieran tener sobre variables que inciden en el rendimiento físico en el fútbol.

Material y Método

Un total de 41 jugadoras y 51 jugadores de categorías sub-16 y sub-14 fueron divididos en dos grupos. Por un lado, el grupo experimental (GE) realizó un programa de activación neuromuscular mientras que los jugadores del grupo de control (GC) continuaron con su rutina habitual de calentamiento. Todos los jugadores completaron las mismas pruebas físicas antes y después de un período de intervención de 12 semanas de duración.

Resultados

La velocidad de ejecución del Back Squat aumentó en el GE tanto en las jugadoras (27%; tamaño del efecto = 0,95) como en los jugadores (15%; tamaño del efecto = 0,86). Así mismo, las futbolistas (8%; tamaño del efecto = 0,51) y los futbolistas (18%; tamaño del efecto = 0,65) del GE mejoraron la velocidad en el Hip Thrust. También se apreciaron incrementos en la capacidad de salto (5-7%; tamaño del efecto: 0,39-0,42) en ambos grupos de futbolistas como consecuencia de la intervención.

Conclusiones

Los resultados de la investigación proporcionan evidencia de que un programa de calentamiento neuromuscular de 12 semanas puede ser efectivo para la mejora de diversas variables relacionadas con el rendimiento físico en jóvenes futbolistas.

Palabras clave

Fútbol, calentamiento, preparación física, prevención de lesiones, fuerza, equilibrio

ABSTRACT

Introduction

The protective effects of different warm-up injury prevention routines in youth soccer have been demonstrated in the literature, however, there is a paucity of information regarding the effects that these kinds of programs have on soccer-specific physical performance variables.

Material and Method

A total of 41 female and 51 male under-16 and under-14 soccer players were divided into two groups. One group performed a neuromuscular activation program twice a week, whereas the other group continued with their habitual warm-up routine for the same duration. Both groups of players performed strength, jumping and balance tests before and after the intervention period.

Results

Substantially greater improvements were detected in the mean velocity for the squat (27%; Effect Size = 0.95 for females; 15%; Effect Size = 0.86 for males) and the hip thrust (8%; Effect Size = 0.51 for females; 18%; Effect Size = 0.85 for males) in the experimental group in comparison to the control group. In addition, after the intervention period players in the experimental group showed an increase in the jumping height (5-7%; Effect Size = 0.39-0.42).

Conclusions

The results of this study provide evidence that a 12-week neuromuscular warm-up program can be effective to improve different physical performance variables in young soccer players of both genders.

Keywords

Soccer, warm up, fitness, injury prevention, strength, balance.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de una manera especial a mis directores. Al Prof. Dr. D. Pedro Guillén García, todo un gran honor para mí que aceptase dirigir esta Tesis Doctoral. Profesionales como él, hacen que sientas pasión por la medicina. Durante este proceso recordaba sus consejos como “quien cada día no es mejor, pronto dejará de ser bueno”. Referente en lo personal y lo profesional, al igual que el Dr. D. Francisco Esparza Ros, mi mentor, por todos los conocimientos y consejos de vida que me transmite, le estaré eternamente agradecida. Y al Dr. D. Javier Mallo Sainz, por lo que en un principio parecía una utopía, se convirtiese en una realidad. Por transmitirme su pasión por las ciencias experimentales aplicadas al fútbol profesional, su disciplina y buen hacer. Ellos han sido la base y mi guía en este arduo proceso de doctorado en tiempos de pandemia.

Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Murcia, por permitirme la ejecución de este proyecto que culmina con el presente trabajo de investigación. Guardo especial estima a esta Universidad, ya que también fui alumna de la XI Promoción del Máster de Traumatología del Deporte.

A mi tutora, la Dra. Dña. Silvia Montoro García, por su apoyo y colaboración que siempre me ha brindado durante el programa de doctorado.

Al equipo de investigación de la Real Federación de Fútbol de Madrid, por facilitarme las herramientas necesarias para que este estudio pudiera llevarse a cabo. A la Dra. Dña. Blanca Romero Moraleda y el Dr. D. José María Moya Morales, por haberme dado la oportunidad de desarrollar un trabajo de estas características

y a su grupo de investigación (Carmen Repullo, Ángel Cuéllar, Jaime González y Daniel Varela), por colaborar en la recogida de datos durante los periodos de intervención.

Al Dr. D. Carlos Hernández-Gil, al Dr. Pablo Hernández Esteban y D. José Ángel García Redondo por su contribución e ideas al inicio del proyecto y a Teresa Pastor Novella por las magníficas ilustraciones que se incluyen en el presente documento.

A los equipos de fútbol y a todos los participantes del estudio, ya que sin su valiosa contribución no hubiera sido posible llevar a cabo la investigación.

A mi familia, por su apoyo incondicional que me ayuda a conseguir todos mis objetivos. En concreto a mis padres, ejemplo de trabajo y superación diario, difícil de igualar y que, junto a mi hermano Alberto, formamos un gran equipo.

“El camino al éxito pasa por la disciplina, el trabajo bien
hecho y una buena dosis de ilusión”
Dr. D. Pedro Guillén

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE LOS DIRECTORES	
RESUMEN	
ABSTRACT	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	17
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS.....	19
I – INTRODUCCIÓN.....	23
1.1 APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL FÚTBOL.....	25
1.2 DEMANDAS FÍSICAS DEL FÚTBOL.....	26
1.3 EPIDEMIOLOGÍA LESIONAL DEL FÚTBOL.....	29
1.4 PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO EN JÓVENES FUTBOLISTAS.....	34
1.5 PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO PARA LA REDUCCIÓN DE LA INCIDENCIA LESIONAL EN JÓVENES FUTBOLISTAS.....	40
II – JUSTIFICACIÓN.....	45
III – OBJETIVOS.....	51
IV – MATERIAL Y MÉTODOS.....	55
4.1 PARTICIPANTES.....	57

4.2 PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.....	58
4.2.1 Diseño Experimental.....	58
4.2.2 Pruebas de fuerza.....	64
4.2.3 Pruebas de fuerza explosiva.....	66
4.2.4 Pruebas de equilibrio.....	69
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	70
V – RESULTADOS.....	73
5.1 RESULTADOS GENERALES.....	75
5.2 PRUEBAS DE FUERZA.....	83
5.3 PRUEBAS DE FUERZA EXPLOSIVA.....	85
5.4 PRUEBAS DE EQUILIBRIO.....	89
VI – DISCUSIÓN.....	93
VII – CONCLUSIONES.....	107
VIII – LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN....	111
IX – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
X – ANEXOS.....	135

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ANOVA: Análisis de la Varianza

BS: Back Squat

CMJ: Counter-movement jump (salto con contra-movimiento)

CMJ-5: CMJ con cargas externas de 5 kg

CMJ-10: CMJ con cargas externas de 10 kg

CMJ-D: CMJ con la pierna derecha

CMJ-I: CMJ con la pierna izquierda

DOMS: Delayed Onset Muscle Soreness (Dolor Muscular de Inicio Retardado)

FC_{máx}: Frecuencia cardiaca máxima

FIFA: Federación Internacional de Fútbol Asociado

F-MARC: FIFA Medical and Assessment Research Centre

GE: Grupo Experimental

GC: Grupo Control

GPS: Global Positioning Systems (sistemas de posicionamiento global)

HT: Hip Thrust

IMC: Índice de Masa Corporal

ISAK: International Society for Advancement in Kinanthropometry (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)

LC: Límites de confianza

RFFM: Real Federación de Fútbol de Madrid

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

UCAM: Universidad Católica de Murcia

UEFA: Unión Europea de Fútbol Asociado

YB: Y-Balance Test

YB-D: Puntuación final de Y-Balance Test con pierna derecha

YB-DA: Y-Balance Test anterior con pierna derecha

YB-DPL: Y-Balance Test posterolateral con pierna derecha

YB-DPM: Y-Balance Test posteromedial con pierna derecha

YB-I: Puntuación final de Y-Balance Test con pierna izquierda

YB-IA: Y-Balance Test anterior con pierna izquierda

YB-IPL: Y-Balance Test posterolateral con pierna izquierda

YB-IPM: Y-Balance Test posteromedial con pierna izquierda

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para mostrar el cronograma del estudio.....	59
Figura 2. Medición de variables antropométricas siguiendo el protocolo ISAK.....	61
Figura 3. Programa de entrenamiento neuromuscular durante el periodo experimental.....	62
Figura 4. Ejecución del ejercicio de Back Squat.....	65
Figura 5. Ejecución del ejercicio de Hip Thrust	65
Figura 6. Ejecución del salto bilateral con contra-movimiento.....	67
Figura 7. Ejecución del salto bilateral con resistencias externas.....	67
Figura 8. Ejecución de los saltos monopodales.....	68
Figura 9. Ejecución de la prueba de equilibrio “Y-Balance”	70
Figura 10. Eficiencia del programa de entrenamiento en el Grupo Experimental en comparación con el Grupo Control para las jugadoras.....	79
Figura 11. Eficiencia del programa de entrenamiento en el Grupo Experimental en comparación con el Grupo Control para los jugadores.....	82
Figura 12. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Back Squat para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	83
Figura 13. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Back Squat para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	84
Figura 14. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Hip Thrust para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	84
Figura 15. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Hip Thrust para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	85

Figura 16. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	86
Figura 17. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	86
Figura 18. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ con cargas externas de (a) 5 kg y (b) 10 kg para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	87
Figura 19. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ con cargas externas de (a) 5 kg y (b) 10 kg para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	87
Figura 20. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ monopodal para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	88
Figura 21. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ monopodal para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	89
Figura 22. Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las dos piernas en las distintas direcciones para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención. (a) YB-DA; (b) YB-DPL; (c) YB-DPM; (d) YB-IA; (e) YB-IPL; (f) YB-IPM.....	90
Figura 23 Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	91
Figura 24. Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las dos piernas en las distintas direcciones para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención. (a) YB-DA; (b) YB-DPL; (c) YB-DPM; (d) YB-IA; (e) YB-IPL; (f) YB-IPM.....	91
Figura 25. Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos descriptivos de la muestra de las jugadoras.	75
Tabla 2. Datos descriptivos de la muestra de los jugadores.	75
Tabla 3. Análisis de la varianza con medidas repetidas para todas las variables obtenidas en las pruebas físicas realizadas a las jugadoras.....	76
Tabla 4. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para las jugadoras del Grupo Control después del período de intervención	78
Tabla 5. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para las jugadoras del Grupo Experimental después del período de intervención.....	78
Tabla 6. Análisis de la varianza con medidas repetidas para todas las variables obtenidas en las pruebas físicas realizadas a los jugadores.....	80
Tabla 7. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para los jugadores del Grupo Control después del período de intervención.....	81
Tabla 8. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para los jugadores del Grupo Experimental después del período de intervención.....	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Información a los participantes y tutores sobre propósitos y objetivos del estudio, confidencialidad de los datos y beneficios y riesgos derivados del mismo.	137
Anexo 2. Consentimiento informado de los participantes.....	140
Anexo 3. Comité ético de la UCAM.....	141
Anexo 4. Artículo de investigación publicado en el “Journal of Human Kinetics”.....	143

I - INTRODUCCIÓN

I - INTRODUCCIÓN

1.1 APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL FÚTBOL

El fútbol es el deporte más practicado a nivel mundial, con aproximadamente 265 millones de jugadores entre hombres y mujeres.^{1,2} Gran parte del crecimiento actual se debe al aumento del número de mujeres que juegan al fútbol, así como la práctica de este deporte en países donde no era históricamente frecuente como China e India.²⁻⁴

La práctica del fútbol requiere de una compleja interacción entre todas las estructuras que conforman al deportista que, para Seirul-lo⁵, son la bioenergética, condicional, cognitiva, coordinativa, socio-afectiva, emotivo-volitiva, expresivo-creativa y mental. De esta manera, el deportista se organiza en distintas escalas y múltiples niveles que guardan una relación no-lineal entre los mismos y que deben ser estudiados bajo una perspectiva sistémica.

A pesar de la interacción dinámica co-existente entre todas las estructuras, la mayor parte de los estudios publicados hasta la fecha en el deporte del fútbol se han centrado en los aspectos bioenergéticos y condicionales, sobre todo en poblaciones de jugadores de nivel profesional⁶⁻⁸, siendo mucho menos frecuentes los estudios dedicados al fútbol femenino y, en especial, a jugadores menores de 14 años. Debido al gran volumen de jóvenes que practican el deporte a todos los niveles, resulta de esencial interés indagar sobre qué estrategias de entrenamiento son las más adecuadas para los futbolistas en las edades de iniciación.

De manera general, las dos principales direcciones que han guiado los trabajos de investigación enfocados en jóvenes futbolistas han sido el aumento del rendimiento físico y la prevención de las lesiones.^{9,10} Aunque en algunos casos

pudieran parecer objetivos antagónicos, realmente ambos enfoques se complementan, puesto que una mejora de la condición física debería llevar consigo una mayor resistencia a la lesión, mientras que el hecho de no experimentar infortunios conlleva una mayor disponibilidad para la práctica deportiva.

Las investigaciones sobre las demandas que exige el juego del fútbol y la epidemiología lesional del mismo, así como sobre los programas diseñados para incidir en ambas variables, son aspectos que cobran especial relevancia para optimizar las estrategias de entrenamiento de jóvenes futbolistas, de ahí que serán abordados con mayor profundidad a lo largo de los siguientes apartados.

1.2 DEMANDAS FÍSICAS DEL FÚTBOL

Son abundantes los estudios que han tratado de describir las exigencias físicas y fisiológicas que experimentan los futbolistas durante un partido de fútbol, aunque la mayoría de estos trabajos se han centrado en poblaciones de jugadores de edad sénior y alto nivel.¹¹⁻¹³ Es por ello que conviene indagar con mayor profundidad en cuáles son las demandas del juego en otras muestras de futbolistas.

Los métodos empleados para el registro de la participación de los futbolistas en la competición han ido evolucionado a lo largo de los años, pasando de los clásicos métodos de anotación manual de la distancia¹⁴ o de análisis temporal del juego (“time-and-motion analysis”)¹⁵ a otros más sofisticados que utilizaban técnicas de video a partir de las cuáles se identificaba la posición del futbolista en el terreno de juego a través de la digitalización manual¹⁶ o semi-automática por técnicas de reconocimiento de imagen.^{17,18} En la actualidad, los sistemas de digitalización semi-automática de la posición son los que con mayor frecuencia emplean los clubes de alto nivel para la obtención de parámetros físicos del juego,

tal y como sucede en la primera y segunda división española que utilizan el sistema Mediacoach® (tecnología Tracab®). Debido a la cuantía económica que este tipo de procedimientos supone y su difícil portabilidad, muchos equipos optan por el uso de dispositivos de GPS (“Global Positioning Systems” o sistemas de posicionamiento global) para hacer el seguimiento de los futbolistas. Hoy en día, el uso de GPS se ha extendido en el fútbol puesto que desde el año 2015 la Asamblea General de la International Board (circular 1494 de la FIFA de 8 de Julio) permite su uso en los partidos de competición. Esto ha derivado en que exista un mayor conocimiento de las demandas físicas del juego en distintas poblaciones de deportistas.¹⁹

En términos generales, los futbolistas profesionales de la Liga de Fútbol Profesional española recorren como promedio 10,4 km durante los partidos,¹⁸ siendo un valor prácticamente idéntico a los 10,3 km que completaban las futbolistas durante el último Mundial disputado en Francia en el verano del año 2019.²⁰ En el caso de jugadores jóvenes de género masculino, los valores de distancia total oscilan entre los 6,2 km recorridos por jugadores de 12 años y los 7,9 km por jugadores de 16 años,^{21,22} mientras que las jugadoras de 12 años estudiadas por Barbero *et al.*²³ recorrían en torno a los 4 km durante partidos de fútbol-7.

Aunque el aumento de la distancia total recorrida parece guardar una relación lineal con la edad de los deportistas²⁴ conviene tomar en consideración las distintas dimensiones de los terrenos de juego y, sobre todo, la duración de los períodos de juego en cada uno de los estudios analizados. Es por ello que resulte más adecuado expresar los valores de distancia total recorrida en función del tiempo total de juego. De este modo, la distancia relativa completada por futbolistas de edad senior, tanto masculinos como femeninos, durante los partidos se sitúa en torno a los 110 m·min⁻¹. En el caso de jóvenes futbolistas los valores son algo ligeramente

inferiores, aunque depende en gran medida del diseño experimental de la investigación,²⁵ pudiendo reducirse hasta los 80 m·min⁻¹ en jugadoras de fútbol-7.²³

En cualquier caso, la distancia total recorrida es una variable insuficiente por sí sola para interpretar las demandas físicas del juego puesto que el fútbol es un ejercicio de tipo intermitente, de ahí que sea esencial entender cómo se distribuyen los esfuerzos en el transcurso de un partido. En este sentido, resulta fundamental atender a los esfuerzos que se realizan a elevada velocidad, habiéndose demostrado que éste es el parámetro que mejor se relaciona con el nivel de la competición.²⁶ Dicho de otro modo, cuanto mayor es el nivel competitivo de los futbolistas, mayor es la cantidad de metros recorridos a altas velocidades. De cara a la comparación entre investigaciones es importante indicar la velocidad que delimita el umbral de esta categoría de esfuerzos, así como el tipo de metodología empleada para su registro.

A pesar de que la comparación intra-estudios sea complicada de llevar a cabo por las anteriores limitaciones, los futbolistas masculinos de élite recorren durante los partidos una media de 540 m a velocidades superiores a los 21 km·h⁻¹,¹⁸ mientras que las jugadoras profesionales recorren unos 550 m por encima de los 18 km·h⁻¹.²⁷ En el caso de jugadores más jóvenes, Bucheitt *et al.*²⁴ determinaron que los de edad sub-12 recorrían 196 m a velocidades mayores de 19 km·h⁻¹, mientras que los sub-16 promediaban 386 m por encima de dicha velocidad. En el caso de jugadoras sub-12, la distancia recorrida por encima de los 13 km·h⁻¹ era de 249 m,²³ lo que refleja una menor intensidad global de la competición en los futbolistas en formación.

El estudio de la actividad que realiza el deportista durante el juego, que se conoce habitualmente como carga externa,²⁸ debe complementarse con el análisis de la repercusión que dicha actividad tiene en el organismo, o lo que es lo mismo,

la carga interna del ejercicio.²⁹ Esto se ha realizado habitualmente a través del registro de parámetros fisiológicos como la frecuencia cardiaca o el lactato.³⁰

Aunque los valores absolutos de frecuencia cardiaca durante el ejercicio puedan ser bastante diferentes según la edad de los deportistas, cuando éstos se expresan de manera relativa a la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) de los sujetos, estas diferencias son menos notorias e incluso pueden llegar a desaparecer. Así, Mallo¹⁸ reflejó valores medios del 85% de la $FC_{\text{máx}}$ en futbolistas sénior de categoría masculina, valor casi idéntico al reportado para jugadores masculinos de edad sub-15^{31,32} y para jugadoras femeninas de edad sub-12.²³ En cuanto a los valores de lactato, éstos pueden ser muy variables durante el juego ya que se ven influenciados por la actividad física realizada en los minutos previos a la extracción de la muestra de sangre.³⁰ Estudios llevados a cabo con futbolistas masculinos de edad senior reflejan valores que pueden ir desde los 3,7 a los 16 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.^{15,33,34} En el caso de jugadores más jóvenes, Castagna *et al.*³² hallaron valores en el rango de los 3 a los 8 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ en partidos en los que participaban jugadores de 11 años de edad.

1.3 EPIDEMIOLOGÍA LESIONAL EN EL FÚTBOL

El manejo del móvil con el pie, la existencia de disputas con adversarios y la realización de acciones intermitentes de máxima intensidad en los tres ejes espaciales convierten al fútbol en un deporte con elevado riesgo de lesión.³⁵ Estos episodios lesionales pueden repercutir en el rendimiento competitivo de los equipos³⁶ y, como consecuencia, en la economía de los clubes por los períodos en los que no pueden disponer de jugadores a los que se les está pagando un salario.³⁷

Para poder profundizar en el estudio de las lesiones en el fútbol uno de los primeros aspectos que debe considerarse es la descripción de su epidemiología.^{38,39}

Mientras que en el caso del fútbol masculino el número de estudios publicados al respecto ha sido abundante,^{40,41} no ha sido hasta los últimos años cuando se ha comenzado a profundizar sobre la ocurrencia de lesiones en mujeres.⁴²⁻⁴⁴

Desde hace algunos años la Comisión Médica de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) ha tratado de sistematizar el proceso de control y registro de las lesiones en el fútbol mediante la generación de un documento de consenso.⁴⁵ Este procedimiento ha sido seguido en numerosas competiciones internacionales dando lugar a una abundante documentación bibliográfica bajo un mismo marco descriptivo.⁴⁶⁻⁵² Siguiendo estas pautas, se ha podido estimar que la incidencia de lesiones en torneos internacionales de fútbol masculino oscila entre las 27,5 y las 41,6 lesiones por cada 1000 horas de práctica deportiva.^{40,53,54} En el caso del fútbol nacional, Larruskain *et al.*⁵⁵ determinaron una tasa de 8,3 lesiones por 1000 horas de práctica en un club de la primera división española en un estudio descriptivo llevado a cabo a lo largo de cinco temporadas.

Partiendo de estos datos globales de la incidencia lesional en el fútbol de alto nivel, conviene desglosar los factores que inciden en ella. En su estudio sobre el tema utilizando equipos que participan en la máxima competición continental masculina, la Liga de Campeones de la Unión Europea de Fútbol Asociado (UEFA), Walden *et al.*⁵³ concluyeron que el país del equipo estudiado o el estilo de juego de los equipos son variables que incidían en la tasa de infortunios. Otro aspecto de esencial consideración es el momento en que se produce la lesión, puesto que se han registrado riesgos mucho mayores en situaciones de competición en relación a las sesiones de entrenamiento.^{40,53,54} Así mismo, el mecanismo más común de lesión descrito en diversas publicaciones es el contacto directo con otro jugador.^{48,52} En cuanto a la localización de las lesiones, aproximadamente el 70% de ellas atañen a los miembros inferiores, en especial a las zonas del tobillo, rodilla, muslo y cara

posterior de la pierna en forma de contusiones, esguinces de ligamentos y distensiones musculares.^{49,56,57} Dentro de estas lesiones musculares, las que afectan a la musculatura isquiotibial y aductora son las más frecuentes en futbolistas masculinos.^{58, 59}

En el caso de futbolistas de género femenino, un estudio publicado con una población de futbolistas de la primera división de España cifró la incidencia lesional en 6,3 lesiones por cada 1000 horas de práctica.⁵⁵ Valores ligeramente inferiores se han determinado en futbolistas de la máxima categoría en Alemania⁶⁰ y Estados Unidos⁴²: 3,3 y 1,9 lesiones por 1000 horas de práctica, respectivamente. En cualquier caso, los estudios epidemiológicos de fútbol femenino coinciden en resaltar que la competición conlleva entre 6 y 12 veces mayor riesgo de lesión que el entrenamiento.^{42,55,60}

Al igual que sucedía con los hombres, el mecanismo más común de lesión en las futbolistas era el contacto directo con un adversario.⁶¹ La mayor parte de las lesiones en las jugadoras se localizan en los miembros inferiores (73%), principalmente en las articulaciones de la rodilla y el tobillo,⁶² siendo la tipología más común las musculares (31%), seguidas de los esguinces (19%), contusiones (16%) y fracturas (12%).^{63,64} De manera complementaria, es destacable la elevada incidencia de lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla en las futbolistas,^{49,59,65-67} así como de traumatismos craneo-encefálicos.⁶⁸

A la hora de comparar la epidemiología lesional entre futbolistas masculinos y femeninos, para evitar el sesgo que puede producirse debido al empleo de metodologías diferentes para el registro, conviene acudir a estudios que han seguido el mismo criterio para estudiar ambas poblaciones de deportistas. Así, Hagglund *et al.*⁵⁴ examinaron la incidencia lesional en hombres y mujeres de un club de fútbol de élite sueco y hallaron que los jugadores masculinos tenían una

incidencia entre el 20 y 40% mayor que las mujeres, aunque el número de lesiones de carácter moderado y severo fueron similares en ambos grupos. Con un diseño experimental similar, Larruskain *et al.*⁵⁵ estudiaron un equipo de élite español que compartía un mismo servicio médico y determinaron también una incidencia 30-40% mayor de lesiones en los futbolistas masculinos. Estos autores concluyeron también que mientras los hombres estaban más predispuestos a sufrir lesiones en la musculatura isquiotibial y aductora, en las mujeres eran más predominantes las lesiones musculares en el cuádriceps y las articulares de la rodilla y el tobillo.⁵⁵ En un estudio previo, Joseph *et al.*⁶⁹ ya habían advertido como la ratio de lesiones ligamentosas en las mujeres era de dos a seis veces mayor que en los hombres.

El conocimiento de la epidemiología de las lesiones en futbolistas jóvenes es importante para poder prescribir programas de entrenamiento preventivos que contribuyan a reducir la incidencia lesional según la edad de los futbolistas. A pesar de tratarse de jóvenes deportistas, es un factor de especial consideración puesto que el 18% de las lesiones en el fútbol base pueden llevar consigo períodos de baja superiores a los 28 días.⁷⁰

El número de lesiones de jóvenes futbolistas oscila entre las 15-20 lesiones por 1000 horas de práctica que pueden producirse en los partidos y las 1-5 lesiones por 1000 horas que ocurren durante los entrenamientos.⁷¹ En una revisión más reciente del tema Jones *et al.*⁷⁰ también mostraron una mayor incidencia lesional en la competición (0,4 a 80 lesiones por 1000 horas) frente a los entrenamientos (0,69 a 7,9 lesiones por 1000 horas), con un valor global de 5,8 lesiones por 1000 horas de práctica.

El riesgo de lesión parece guardar una relación directa con la edad de los futbolistas, puesto que los jugadores de entre 17 y 21 años presentaban una incidencia de 7,9 lesiones por 1000 horas, mientras que para los que tenían entre 9

y 16 años el valor era de 3,7 lesiones por 1000 horas.⁷⁰ Este aspecto ha sido también abordado en otras investigaciones, por lo cual parece demostrado que los futbolistas jóvenes de mayor edad tienen más riesgo de lesión que aquellos de menor edad.^{54,72-75}

Otro aspecto que puede incidir en la incidencia lesional de los jóvenes deportistas es su competencia en el deporte. De este modo, tanto Peterson *et al.*⁷⁴ como Junge *et al.*⁷⁶ revelaron que los futbolistas jóvenes de menor nivel presentaban un mayor riesgo de sufrir una lesión en el juego que aquéllos de nivel superior. Este factor podría incidir en que en algunos estudios se hayan determinado mayores ratios de lesiones en situaciones de entrenamiento de jóvenes futbolistas que, incluso, en poblaciones de futbolistas profesionales.⁷⁷

Al igual que sucedía con los adultos, las lesiones de los jóvenes futbolistas se localizan de manera predominante en las extremidades inferiores, siendo las más comunes las distensiones musculares, los esguinces articulares y las contusiones.⁷¹ De manera más detallada, Jones *et al.*⁷⁰ cifraron en un 37% el número de lesiones musculares que experimentan los jóvenes futbolistas en relación al total de infortunios.

En el caso de jóvenes jugadoras, la incidencia lesional se sitúa en torno a las 3,7 lesiones por 1000 horas de práctica.⁷⁸ Al igual que sucedía con las jugadoras de edad sénior, el riesgo de lesión fue mayor en los episodios de competición (entre 8,3 y 23,3 lesiones por 1000 horas) que en los entrenamientos (1,1-4,6 lesiones por 1000 horas).⁷⁸⁻⁸¹ Existen datos contradictorios sobre los factores que afectan a la incidencia lesional en las futbolistas adolescentes. Por una parte, Soligard *et al.*⁸² reportaron mayores riesgos de lesión en las jugadoras con mayor competencia en el deporte en comparación con aquéllas peor cualificadas. Por el contrario, Le Gall *et al.*⁸¹ presentaron datos opuestos en su estudio, puesto que el riesgo de lesión era

menor en las futbolistas de élite de categoría sub-19 frente a aquellas de máximo nivel de edad sub-15. Semejante hallazgo había sido también previamente expuesto por Emery *et al.*,⁸⁰ que determinaron un mayor riesgo lesión en las jugadoras sub-16 que en las de categoría sub-18.

En cuanto a la localización de las lesiones, los miembros inferiores acaparan la gran parte de lesiones en las jóvenes futbolistas (79-89%), siendo las más comunes los esguinces de ligamentos, roturas musculares y contusiones.⁸³ Dentro de las lesiones que experimentan las adolescentes es destacable la elevada incidencia de lesiones de ligamento cruzado anterior de la rodilla, que es una lesión de gran severidad puesto que conlleva un período prolongado de baja deportiva. Datos publicados por la mutualidad de deportistas de la Real Federación de Fútbol de Madrid revelaron que 1 de cada 529 futbolistas de la región sufría una rotura de ligamento cruzado anterior a lo largo de la temporada.⁸⁴ Según los datos de este autor, la incidencia de la citada lesión en futbolistas femeninas es 4,2 veces más frecuente que en los masculinos, de ahí la importancia que los protocolos de entrenamiento y prevención puedan tener en esta población de deportistas.

1.4 PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN JÓVENES FUTBOLISTAS

El juego del fútbol, en todos sus distintos niveles, exige un óptimo desarrollo de las distintas dimensiones del futbolista, como son la física, técnica, táctica y mental. La dimensión física o condicional del jugador integra las distintas manifestaciones anatómicas, fisiológicas y neuromusculares que le permiten dar respuesta en forma de movimiento a cuantas situaciones plantea el deporte. En cualquier caso, los valores condicionales deben estar adecuadamente desarrollados

en el contexto del propio juego, puesto que el fútbol requiere de elementos cognitivos para dar la solución más adecuada a las situaciones que se presentan de manera episódica, que implican una relación con el balón y una interacción con compañeros y adversarios dentro de unas coordenadas espacio-temporales determinadas.⁸⁵

El fútbol no se caracteriza por la prevalencia de una cualidad física determinada sino que exige un compendio de las mismas, entre las que se incluyen la resistencia, velocidad, fuerza o agilidad, principalmente.⁸⁶ El desarrollo de estas cualidades físicas debe comenzar desde etapas tempranas, como la infancia o la adolescencia⁸⁷ y respetar una adecuada organización y secuenciación de los contenidos dentro de una planificación a largo plazo,^{88,89} puesto que la edad cronológica de los deportistas incide de manera determinante en las prestaciones de cada capacidad física.⁹⁰

En las edades de iniciación, se antoja imprescindible el desarrollo de las habilidades motrices fundamentales, así como los patrones motrices específicos que caracterizan cada especialidad deportiva, es decir, todo lo que configura la coordinación intra-personal del deportista.¹⁸ El aprendizaje y control motor cobra especial relevancia en estas etapas puesto que sirven para comprender cómo el movimiento se organiza y ejecuta.⁹¹ Esta organización progresiva de la motricidad requiere una gestión de las capacidades neuromusculares del sujeto y de un óptimo desarrollo de la fuerza, ya que esta cualidad constituye el “génesis de la motricidad”.⁹² Así mismo, el desarrollo de la fuerza se ha mostrado efectivo para la mejora de los patrones de movimiento en distintas etapas de desarrollo⁹³ y para la prevención de lesiones.⁹⁴

A pesar de la importancia que tienen capacidades físicas como la fuerza a la hora de practicar el deporte, no existen demasiados estudios que hayan examinado

el efecto que tienen los programas de fuerza en el rendimiento físico de jóvenes futbolistas⁹⁵ y su influencia en las variables de rendimiento.⁹⁶ Es por ello que parece fundamental investigar cómo deberían organizarse los programas de entrenamiento para intentar optimizar las distintas variables físicas que inciden en el rendimiento de los jugadores en etapas de formación.

El efecto de incluir ejercicios clásicos de fuerza, como podrían ser la sentadilla con barra apoyada en nuca (ejercicio conocido como “Back Squat” en la literatura de entrenamiento anglosajona) o el empuje de cadera (“Hip Thrust”) en el entrenamiento ha sido estudiado en recientes publicaciones. Millar *et al.*⁹⁷ concluyeron que la realización de un programa de entrenamiento durante un período de seis semanas basado en la ejecución del Back Squat y el Hip Thrust en futbolistas femeninos de 15 años, proporcionaba un estímulo eficaz para la mejora del rendimiento físico en este deporte.

Similares efectos beneficiosos fueron también hallados por González *et al.*⁹⁸ al estudiar un grupo de jugadoras adolescentes de entre 15 y 17 años de edad que no tenían experiencia previa en el trabajo de fuerza con cargas y que llevaron a cabo un programa de siete semanas de duración. El empleo del Back Squat y el Hip Thrust como contenidos de las sesiones se mostraron efectivos para aumentar la velocidad de ejecución de dichos movimientos y, en el caso del Hip Thrust, se observó también una mejora en la velocidad de sprint sobre 10 y 20 m.

Estos efectos específicos del Back Squat y el Hip Thrust también habían sido reportados previamente por Contreras *et al.*⁹⁶ en su estudio con jóvenes deportistas de 14-17 años que siguieron un programa de entrenamiento durante seis semanas. Estos autores observaron mayores beneficios del Hip Thrust en comparación con el Back Squat en pruebas de sprint sobre 10 y 20 m, lo que sugiere que la dirección del vector de fuerza durante el ejercicio de entrenamiento pudiera tener una

influencia directa sobre la prueba empleada para la valoración del rendimiento físico.

El resultado de este tipo de estudios puede ser de gran utilidad para los entrenadores y preparadores físicos que trabajan con jóvenes futbolistas, ya que ambos tipos de ejercicios parecen influir de manera positiva sobre distintas manifestaciones de la fuerza. En cualquier caso, Ferrete *et al.*⁹⁹ recomiendan que los jugadores jóvenes sin experiencia previa en el entrenamiento de fuerza y de alta intensidad deben realizar primeramente una fase de adaptación general para garantizar una técnica de movimiento adecuada y la seguridad en la ejecución.

Son escasos los estudios que han evaluado el efecto de diversos programas de entrenamiento sobre la capacidad para desarrollar fuerza explosiva en jóvenes futbolistas.^{100,101} Esta capacidad del sistema neuromuscular para realizar elevados grados de fuerza en períodos de tiempo muy cortos^{102,103} ha sido valorada generalmente a través de la realización de distintos tipos de saltos. La producción de fuerza explosiva parece guardar una estrecha relación con la edad cronológica de los futbolistas.^{90,104}

Aunque el objetivo inicial del programa "FIFA 11+", que se describirá con detalle en el siguiente apartado del trabajo, fue el de intentar reducir la incidencia lesional en el fútbol,¹⁰⁵ en distintas investigaciones se ha examinado también su efecto sobre el desarrollo de diversas variables físicas en poblaciones de futbolistas de distintas edades. Así, Impellizzeri *et al.*¹⁰⁶ distribuyeron a los 11 equipos italianos de categoría amateur que participaron en su estudio en dos grupos: uno de intervención (seis equipos) y otro de control (cinco equipos). Los futbolistas del grupo experimental llevaron a cabo el programa con una frecuencia de tres veces por semana durante nueve semanas, mientras que los jugadores del grupo control siguieron con su rutina habitual de calentamiento. Después de la intervención, se

pudo observar una mejora en el control neuromuscular (tiempo para la estabilización en la caída de los saltos y estabilidad del core), aunque no se apreciaron mejoras en la fuerza de los flexores en contracciones excéntricas y concéntricas.¹⁰⁶

Kilding *et al.*¹⁰⁷ observaron una mejora en la capacidad de salto, tanto vertical como horizontal, en jugadores de fútbol de 9-11 años de edad que completaron el protocolo cinco veces por semana durante un período de seis semanas. En un estudio más reciente, Trakjovic *et al.*¹⁰⁸ hallaron también efectos positivos tras aplicar el programa en una población similar de futbolistas (10-11 años) durante un período de entrenamiento más reducido: dos veces por semana durante cuatro semanas. Por su parte, Pardos-Mainer *et al.*¹⁰⁹ encontraron una mejora de la capacidad de salto unilateral en jugadoras adolescentes, aunque no incrementos en los saltos bipodales verticales, horizontales o tras caída desde una altura (“Drop Jump”), tras llevar a cabo el programa durante 10 semanas.

De manera complementaria, las anteriores intervenciones prácticas que incluyeron el programa “FIFA 11+” mostraron también efectos beneficiosos sobre la velocidad en carreras máximas sobre 20 m¹⁰⁷, la agilidad¹⁰⁸ y para la mejora del equilibrio dinámico y reducir las asimetrías en las extremidades inferiores.¹⁰⁹ Por el contrario, Steffen *et al.*¹¹⁰ no contrastaron efectos positivos sobre el rendimiento físico después de aplicar el programa “FIFA 11+” durante diez semanas en jugadoras jóvenes de 16-18 años. Esta heterogeneidad en los hallazgos reportados sugiere la necesidad de seguir profundizando en los efectos que el programa “FIFA 11+” pudiera tener en futbolistas jóvenes de distintos grupos de edad.

En el caso de la versión del programa preventivo de la FIFA para jugadores en formación, los estudios publicados hasta la fecha reflejan una disparidad de resultados. Rössler *et al.*⁴ evaluaron la eficacia del “FIFA 11+ Kids” para mejorar el

rendimiento físico en jóvenes futbolistas de entre 7 y 12 años que fueron divididos en un grupo de intervención y otro de control. Los futbolistas del grupo experimental llevaron a cabo los 15 minutos del protocolo dos veces por semana durante 10 semanas, observándose posibles ligeros beneficios en todas las variables físicas medidas (entre ellas la capacidad de salto vertical, horizontal y tras rebote en el suelo) en relación al grupo de control.⁴ Posteriores investigaciones han coincidido en resaltar efectos beneficiosos tras la aplicación del programa sobre el control dinámico postural, la agilidad y la capacidad de salto.^{4,111-113} Por el contrario, no se han hallado efectos positivos sobre el equilibrio,¹¹⁴ sprint sobre 20 m^{111,112} o la ejecución de elementos técnicos¹¹¹⁻¹¹³ en otros estudios publicados recientemente en la literatura internacional.

La escasez de investigaciones sobre el tema publicadas hasta la fecha y la existencia de resultados contradictorios al respecto, sugiere la necesidad de interpretar los resultados de los estudios de manera cautelosa e intentar profundizar sobre la manera de programar planes de entrenamiento más eficientes para estas poblaciones de futbolistas.

Además de buscar efectos de entrenamiento de carácter crónico en los futbolistas, en forma de adaptaciones condicionales, un beneficio adicional de este tipo de intervenciones podría ser la de lograr efectos agudos para obtener un óptimo rendimiento en la sesión de entrenamiento. Bizzini *et al.*¹⁰⁵ estudiaron los efectos de activación del programa “FIFA 11+” en un grupo de futbolistas masculinos amateur que realizaron diversas pruebas físicas antes y después de la realización del programa. Los resultados encontrados en este estudio sugerían que dicho protocolo presentaba similares beneficios que otras rutinas descritas en la bibliografía induciendo respuestas fisiológicas agudas positivas en los futbolistas.

En cualquier caso, no parecen existir excesivas investigaciones adicionales que valoren los efectos de esta activación neuromuscular en esta fase inicial o calentamiento de la sesión, aspecto fundamental a considerar en el entrenamiento en el fútbol,¹¹⁵ tanto para mejorar las prestaciones de los futbolistas en el transcurso de la misma, como para intentar incidir en la disminución del riesgo de lesión.

1.5 PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO PARA LA REDUCCIÓN DE LA INCIDENCIA LESIONAL EN JÓVENES FUTBOLISTAS

Tal y como quedó demostrado en apartados anteriores, la incidencia de lesiones en el fútbol base es elevada,^{4,116} de ahí que sean varias las publicaciones que sugieren la necesidad de adoptar intervenciones específicas en un intento por tratar de disminuir esta cantidad de lesiones,^{71,117-119} en especial en jugadores menores de 14 años.⁴

Existe evidencia del beneficio que determinados programas de entrenamiento pudieran tener para reducir la incidencia lesional en deportistas en general¹²⁰ y futbolistas en particular.^{121,122} Uno de los primeros estudios al respecto fue el realizado en los años ochenta por el Dr. Ekstrand y su equipo que, mediante un estudio aleatorio, controlaron a 12 equipos de la primera división sueca durante un período de seis meses.¹²³ Durante la fase de intervención, los 180 futbolistas fueron divididos en dos grupos, un grupo experimental que seguía un programa preventivo y otro grupo de control que no veía alterada su rutina de entrenamiento habitual. Como consecuencia de la intervención, el grupo que realizaba un trabajo preventivo vio como el número de lesiones se reducía en un 75% respecto al grupo de control.

Desde el año 2000 la FIFA, a través de su centro médico especializado “Medical and Assessment Research Centre” (F-MARC), ha mostrado su inquietud por el tema de las lesiones en el fútbol y ha financiado diversos proyectos con el objetivo de ver cómo se podría incidir en la disminución de los índices lesionales. Junto a esta entidad colaboraron diversos expertos internacionales que desarrollaron en el año 2003 el programa “FIFA 11”, un protocolo de sencilla ejecución -puesto tan solo requiere un balón de fútbol como material adicional- y aplicable en numerosas poblaciones.¹²⁴ El programa debe llevarse a cabo como calentamiento para la sesión de entrenamiento y tiene una duración de unos 15 minutos, en los cuales se llevan a cabo 10 ejercicios con objetivos múltiples como la estabilización del core, fuerza excéntrica de los músculos de la cara posterior del muslo, propiocepción, estabilización dinámica y pliometría.¹⁰⁵ La implementación de esta rutina de trabajo mostró efectos beneficios para reducir la incidencia lesional en poblaciones de futbolistas en Suiza¹²¹ y Nueva Zelanda.¹²⁵

Partiendo del programa “FIFA 11” y apoyándose en la colaboración con diversas entidades internacionales como el “Oslo Sports Trauma Research Centre” y la “Santa Monica Orthopedic and Sports Medicine Research Foundation”, a finales del año 2008 se divulgó el programa “FIFA 11+”, una vertiente más actualizada que incluía algunos contenidos del programa “Prevent Injury Enhance Performance” de Santa Mónica, que se había mostrado efectivo para reducir el número de lesiones de ligamento cruzado anterior en jugadoras femeninas.^{126,127}

Sin duda alguna, el “FIFA 11+” es el programa que, hasta la fecha, mayor trascendencia ha tenido en la literatura internacional.¹⁰⁵ En su versión original, el programa estaba enfocado a jugadores mayores de 14 años y se estructuraba en tres fases, con una duración total del protocolo de unos 20 minutos. La primera parte

incluía seis ejercicios de carrera a poca velocidad que eran combinados con ejercicios activos de estiramiento y acciones de contacto -de intensidad controlada- con un compañero. La segunda de las fases abarcaba otros seis ejercicios enfocados a la fuerza del tronco y de las piernas, el equilibrio, la pliometría y la agilidad. Finalmente, el programa concluía con una tercera y última parte que incluía ejercicios de carrera a mayor velocidad combinados con cambios de dirección.¹²⁸

La aplicación del “FIFA 11+” se ha mostrado efectiva para reducir la incidencia lesional en diversas poblaciones de futbolistas. Soligard *et al.*¹²⁹ y Steffen *et al.*¹²² hallaron disminuciones de hasta el 50% en el número de lesiones que sufrían futbolistas de género femenino de entre 13 y 18 años que llevaban a cabo dos veces por semana el programa, en relación a jugadoras pertenecientes a grupos de control que mantenían su calentamiento rutinario.

En el caso de futbolistas masculinos de categoría amateur, se han determinado reducciones de hasta el 40% en la incidencia de lesiones en estudios aleatorios que incluían un grupo experimental, que realizaba el programa “FIFA 11+” dos o tres veces por semana, y un grupo de control, en poblaciones de futbolistas nigerianos de 14-19 años de edad¹³⁰ y en estadounidenses de entre 18 y 25 años.¹³¹

Por el contrario, un estudio previo llevado a cabo por Steffen *et al.*¹³² con una muestra de 113 equipos noruegos que abarcaban un total de 2100 jugadoras de entre 13 y 17 años, no determinó diferencias en cuanto a la tasa global de lesiones entre aquellas futbolistas que formaban parte del grupo experimental y aquellas del grupo de control.

Debido a que la incidencia de lesiones en poblaciones de futbolistas infantiles también es notable, tal y como se indicó en la sección 1.3 de la presente investigación, el F-MARC realizó una adaptación del programa “FIFA 11+” para

aplicarlo en jugadores de entre 7 y 13 años, que recibió el nombre de “FIFA 11+ Kids”. El objetivo de esta rutina de calentamiento es mejorar la orientación espacial, atención, anticipación, coordinación de movimientos, estabilidad corporal y la recepción de caídas tras saltos en estos jóvenes jugadores.⁴

Para validar el protocolo, el F-MARC realizó un estudio experimental que incluyó a más de 4000 niños y niñas de entre 7 y 12 años de edad de cuatro diferentes países (Suiza, Alemania, Holanda y República Checa). Las conclusiones de dicho estudio fueron que las lesiones del grupo experimental que seguía el protocolo se vieron reducidas en un 38% en relación al grupo de control, que continuaba con su rutina habitual de calentamiento. De especial interés resulta el hecho de que la frecuencia de lesiones graves, aquéllas que conllevaban un período de baja superior a los 28 días, se vieron drásticamente reducidas en un 50%.¹³³ Además, estos autores resaltan que la aplicación del programa sirvió para reducir en un 51% los costes que las lesiones derivaban a los servicios de salud locales, en comparación con las lesiones experimentadas por los futbolistas del grupo de control.

Además de intentar reducir la incidencia lesional general de los jóvenes futbolistas, durante los últimos años ha cobrado especial relevancia el interés por disminuir el riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior de la rodilla en futbolistas femeninos.¹³⁴⁻¹³⁶ De manera general, McCall *et al.*,¹³⁷ y Romero *et al.*¹³⁸ recomiendan incluir en los programas preventivos para esta población de jugadoras contenidos que incidan en el control motor, propiocepción, pliometría, equilibrio, recepciones de saltos, cambios de dirección, flexibilidad, así como el refuerzo de la musculatura excéntrica y del core. De manera complementaria, se ha estimado que la inclusión de este tipo de ejercicios en los entrenamientos podría conllevar una reducción de en torno al 45% del riesgo de lesión de ligamento

cruzado anterior.¹³⁹ En un estudio reciente, García-Luna *et al.*¹⁴⁰ sugieren la necesidad de estudiar el valgo dinámico de rodilla para prevenir lesiones de dicha articulación en jóvenes jugadoras.

Para finalizar, es importante resaltar un aspecto fundamental necesario a la hora de aplicar un programa de entrenamiento preventivo, que es la alta adhesión de los futbolistas al mismo. Son varios los estudios que coinciden en señalar que los resultados de las investigaciones se hallan muchas veces influenciadas por el cumplimiento que los jugadores hacen del programa.¹⁴¹ El hecho de no seguir las estrechas directrices del programa puede inferir en los resultados obtenidos, habiéndose demostrado que los futbolistas con una mayor adhesión al programa presentaban un riesgo de lesión menor que aquéllos con tasas de seguimiento más bajas.^{134,142} Este elemento puede ser decisivo para que en algunos estudios no se hayan encontrado efectos positivos tras una intervención,¹¹⁰ lo que hace que se convierta en una variable de imprescindible control en las investigaciones.

II - JUSTIFICACIÓN

II - JUSTIFICACIÓN

Debido al elevado número de jugadores y jugadoras que practican el fútbol en la actualidad, resulta importante saber de qué manera podemos contribuir a mejorar sus hábitos deportivos, tanto a nivel físico, social y de desarrollo competitivo de su juego.

En el fútbol se intercalan movimientos de máxima intensidad y corta duración donde se incluyen aceleraciones, desaceleraciones, saltos y/o cambios de dirección que deben combinarse con acciones técnicas con el balón en un entorno de máxima volatilidad donde es necesario interactuar con compañeros y adversario en un espacio común.

Estas peculiares características del deporte, aderezadas por la originalidad de tener que manejar el balón con el pie, genera un contexto de práctica único que requiere el desarrollo de adaptaciones singulares -a nivel motriz, coordinativo, cognitivo, emotivo o social- en los deportistas desde las edades tempranas.

Centrándonos en la dimensión física o condicional del juego, de cara a la optimizar la participación motriz en el mismo, en la presente investigación se diseñó un programa de entrenamiento neuromuscular compuesto por ejercicios de fuerza general, fuerza explosiva y equilibrio dinámico. Para determinar los efectos de este trabajo de activación neuromuscular se realizó una intervención durante 12 semanas de duración en jóvenes jugadoras y jugadores de fútbol de la Comunidad de Madrid, de edades comprendidas entre 12 y 15 años.

Resulta muy interesante conocer el efecto que este tipo de programas pudiera tener en jóvenes futbolistas ya que, por un lado, puede favorecer la mejora de su rendimiento en la competición y, por otro, podría contribuir a la disminución del número de lesiones. Este aspecto resulta trascendental ya que, en los últimos años,

se ha podido observar una elevada incidencia de dichos episodios lesionales en estas poblaciones de jóvenes practicantes.

Actualmente, existe la idea de fomentar la actividad física en niños y adolescentes. El objetivo principal es mantener la salud de los jóvenes y que disfruten haciendo ejercicio. Todos los deportes suponen un riesgo de lesión, pero en los deportes de equipo y de contacto, las probabilidades de que esto ocurra son mayores.

Este proyecto de investigación, subvencionado por la Mutualidad de futbolistas de la Real Federación de Fútbol de Madrid, comenzó a crearse a raíz del aumento de la incidencia lesional en categorías inferiores tanto masculinas como femeninas. Este hecho se ha traducido en un problema que afecta no sólo a nivel deportivo, sino que también conlleva una enorme carga a nivel social, económico y de proyección deportiva. La conjunción de todos estos factores es lo que hizo que esta situación nos llamase la atención para estudiarla desde una perspectiva científica.

Para poder abordar la problemática de estudio, desde la Real Federación de Fútbol de Madrid se generó un equipo de trabajo multidisciplinar en el que, junto a los preparadores físicos, se elaboró un programa de entrenamiento y se diseñó la posterior intervención durante un período de 12 semanas en diversos equipos de la Comunidad de Madrid.

La especialización en el alto rendimiento en el fútbol desde edades tempranas exige minimizar el número de lesiones que experimentan los futbolistas para que puedan estar aptos para la competición y garantizar su óptimo desarrollo corporal con vistas a largo plazo.

Una de las principales motivaciones de la presente investigación fue disminuir la brecha entre la práctica y la teoría, tratando de incorporar y aplicar los

últimos descubrimientos científicos que se plantean en el ámbito universitario al terreno de juego del fútbol. Se ha detectado la existencia de escasa información sobre los efectos que los diferentes programas de entrenamiento tienen en jugadores jóvenes. El número de jóvenes de ambos géneros que juegan al fútbol en todo el mundo aumenta constantemente, por lo que es necesario investigar para generar conocimiento tanto sobre la mejora del rendimiento físico como en la reducción del riesgo de sufrir lesiones con la realización de investigaciones de esta índole.

III - OBJETIVOS

III - OBJETIVOS

El objetivo principal del presente estudio fue evaluar los efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular de 12 semanas de duración sobre el rendimiento físico en pruebas relevantes para el fútbol, de fuerza, fuerza explosiva y equilibrio dinámico en jóvenes futbolistas de ambos géneros.

Como objetivos secundarios de la investigación se plantearon:

- Determinar si el programa de entrenamiento se tradujo en una mejora de la capacidad de producción de fuerza en los ejercicios de Back Squat y Hip Thrust.
- Examinar la incidencia del protocolo sobre las manifestaciones de fuerza explosiva en pruebas monopodales y bipodales de salto, así como de saltos con resistencias externas.
- Conocer los efectos del entrenamiento sobre el equilibrio dinámico en los miembros inferiores en las tres direcciones especiales.

La hipótesis de la investigación fue que, como consecuencia del período de intervención, los jóvenes futbolistas de ambos géneros manifestarían una mejora del rendimiento físico en las distintas pruebas seleccionadas. Por lo tanto, la hipótesis nula consistía en descartar que hubiese un efecto positivo en las distintas variables físicas como consecuencia del protocolo de entrenamiento.

IV - MATERIAL Y MÉTODO

IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 PARTICIPANTES

Un total de 90 futbolistas formaron parte de la investigación, todos ellos pertenecientes a dos clubes de fútbol de la Comunidad de Madrid que cuentan con equipos en su base que participan en las categorías sub-16 y sub-14 de las competiciones organizadas por la Real Federación de Fútbol de Madrid.

La muestra total se dividió de acuerdo al género de los participantes. Por un lado, se estudiaron 41 jugadoras que pertenecían todas ellas a dos equipos de categorías sub-16 y sub-14 de la cantera de un club de fútbol femenino de la primera división española. Por otro lado, se analizaron 49 jugadores de los equipos sub-16 y sub-14 de fútbol base de un club de fútbol masculino de la tercera división española.

El criterio de inclusión para participar en el estudio fue no tener ninguna patología o lesión musculo esquelética que pudiera afectar de manera directa durante las pruebas y la fase de entrenamiento. Como criterios de exclusión del estudio se estableció que aquellos participantes que no asistiesen al 85% de las sesiones de entrenamiento o que sufriesen algún tipo de lesión durante el período experimental serían omitidos del análisis. Por lo tanto, tres de las 41 jugadoras fueron excluidas ya que no completaron la totalidad del programa. En cuanto a los jugadores, no hubo pérdidas al completar todos ellos el programa. En consecuencia, se incluyeron 38 jugadoras y 49 jugadores en el análisis final.

El desarrollo experimental de la investigación tuvo lugar durante la segunda mitad de la temporada 2016-2017. Todos los jugadores entrenaban un mínimo de dos días (90 minutos por sesión) y jugaban un partido por semana.

Los participantes y sus tutores fueron informados sobre los propósitos y objetivos del estudio, la confidencialidad de los datos y los beneficios y riesgos derivados del mismo (Anexo 1). Todos los sujetos acordaron participar voluntariamente en el estudio y firmaron un consentimiento informado antes del comienzo de la investigación (Anexo 2), presentándoles la opción de cambiar su decisión o retirar el consentimiento en cualquier momento. El estudio se realizó conforme a las recomendaciones de la Declaración de Helsinki y el protocolo aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica de la Comunidad de Madrid, de acuerdo con la legislación vigente (Real Decreto 223/2004 de 6 de febrero por el que se regulan los ensayos clínicos aleatorizados) y al Comité Ético de Investigación de la UCAM (Anexo 3).

4.2 PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS

4.2.1 Diseño Experimental

La investigación consistió en un ensayo clínico aleatorizado, en el cual los deportistas se dividieron en dos grupos, uno de control (GC) y otro experimental (GE), aplicando un procedimiento de distribución informatizado.¹⁴³ De este modo, las 38 jugadoras de las dos categorías estudiadas (sub-16 y sub-14) fueron divididas en un GC (n = 17) y en un GE (n = 21). Tal y como se puede ver en la Figura 1 y siguiendo el mismo método, los 49 jugadores se distribuyeron en un GC y en un GE (n = 24 y n = 25, respectivamente).

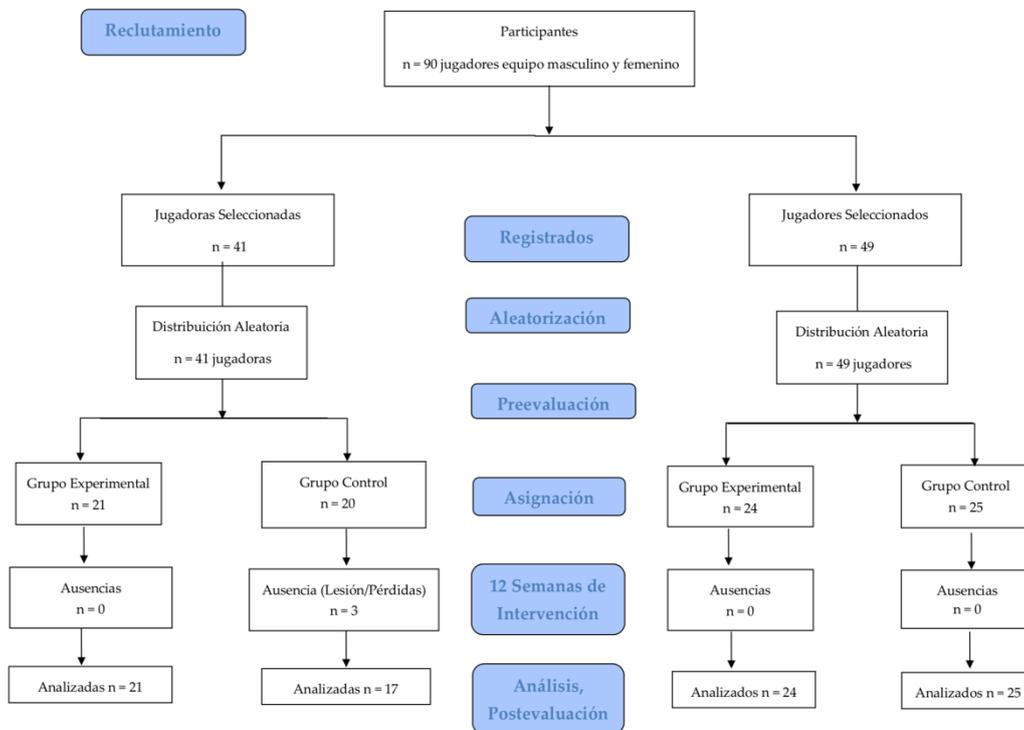


Figura 1. Diagrama de flujo para mostrar el cronograma del estudio

Para la obtención de la talla y el peso corporal se utilizaron una serie de aparatos de uso tradicional para estudios de estas características, siguiendo las directrices de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) en la versión del protocolo internacional del año 2011.¹⁴⁴ La amplia difusión y el uso generalizado hacen que los aparatos sean de una validez contrastada por los organismos internacionales pertinentes. Para determinar el peso corporal, todos los participantes fueron pesados con una báscula mecánica SECA® 708 (Seca, Alemania), de 200 kg de carga y 100 gr de precisión. La altura corporal se midió con un tallímetro SECA® 214 de hasta 218 cm y precisión de 1 mm, obteniendo la

talla tanto en bipedestación como en sedestación.

Para medir la talla,¹⁴⁴ el jugador se situaba con los pies juntos y los talones, glúteos, espalda y región occipital permanecían en contacto con la pared durante la medición. Ésta se realizaba mientras el jugador realizaba una inspiración forzada y, simultáneamente, se le colocaba la cabeza en el plano de Frankfort y se aplicaba una escuadra sobre el vértex comprimiendo el pelo hasta contactar con la cabeza. La talla sentado se medía siguiendo el mismo protocolo pero sentado sobre un cajón de altura conocida y con la espalda apoyada en la pared.¹⁴⁴ El peso del cuerpo se distribuía equitativamente en ambos pies y los brazos se dejaban colgando relajados. Por último, con la cinta métrica ya colocada en la pared verticalmente, se colocaba una escuadra sobre el vértex comprimiendo el pelo hasta contactar con la cabeza y se marcaba la medida sobre la pared. La talla sentado se medía siguiendo el mismo protocolo pero sentado sobre la superficie con la espalda apoyada en la pared.¹⁴⁴ También fue necesaria la medición de la longitud de la pierna desde el trocánter mayor hasta la falange distal del primer dedo y la altura del trocánter mayor al suelo, realizando una sentadilla para obtener la distancia de empuje en los saltos (H_0) para lo que se utilizó una cinta métrica Cescorf de 2 m de longitud, 6 mm de ancho y 24 gr de peso. La Figura 2 recoge de modo gráfico este proceso.

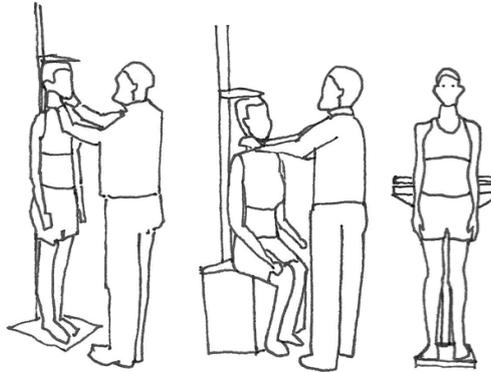


Figura 2. Medición de variables antropométricas siguiendo el protocolo ISAK

Antes y después del período de intervención, se evaluó la fuerza, la fuerza explosiva y el equilibrio dinámico en ambos grupos de futbolistas como se detallará a continuación. Los jugadores del GC continuaron con su rutina habitual de calentamiento antes de las sesiones de entrenamiento que consistía en un ejercicio cardiovascular de cinco minutos (carrera continua), una parte de movilidad dinámica de cinco minutos (ejercicios en filas) y ejercicios sencillos de técnica individual o colectiva durante otros cinco minutos (pasar el balón en parejas). Durante la misma fase de inicio de la sesión, los jugadores del GE llevaron a cabo un programa de activación neuromuscular de 15 minutos de duración.

La parte inicial del protocolo experimental consistió en una carrera de baja intensidad de tres minutos y continuó con un bloque de seis minutos que combinó ejercicios estáticos y dinámicos para el desarrollo de la fuerza alternados con ejercicios de coordinación utilizando escaleras de coordinación. Los últimos seis minutos del programa se centraron en ejercicios pliométricos y ejercicios de alta intensidad. La Figura 3 explica detalladamente los ejercicios a realizar durante cada una de las fases del protocolo. La duración de la intervención fue de 12 semanas en las que los jugadores llevaron a cabo el programa dos veces por semana.

PROGRAMA NEUROMUSCULAR DE CALENTAMIENTO PREVIO A LA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO		
3 minutos de carrera continua		
ACTIVACIÓN NEUROMUSCULAR (los ejercicios en escalera se realizan 2 veces)		
1	Realizar 2 sentadillas con el peso corporal, después en escalera de coordinación realizar dos apoyos por escalón. Volver realizando peso muerto a una pierna (alternando piernas).	 <p>Sentadilla: el peso debe recaer sobre los talones, mantener el tronco erguido con la columna en posición neutra y mirando al frente.</p> <p>Peso muerto: mantener la columna neutra, alinear pierna extendida con la columna evitando la flexión lumbar.</p>
2	Realizar 2 zancadas hacia delante con el peso corporal, después en escalera realizar apoyos dentro (drcha)-dentro (izqda)-fuera (drcha)-fuera (izqda). Volver realizando pirámides para trabajar la estabilidad del raquis.	 <p>Zancadas: evitar valgo de rodilla (rodilla hacia dentro), la cadera debe bajar verticalmente no en diagonal, evitando que la puntera sobrepase los talones.</p> <p>Pirámides: en la posición de plancha frontal mantener la cadera a la altura de los hombros evitando la flexión lumbar, además evitar las escapulas aladas (tratar de empujar el suelo con los brazos).</p>
3	Realizar 2 zancadas laterales con el peso corporal, después en escalera realizar apoyos en diagonal. Volver realizando recepciones de salto en diagonal a una pierna.	 <p>Recepciones: al recepcionar se debe buscar alinear las articulaciones de cadera-rodilla-tobillo y evitar el valgo de rodilla. Recepcionar de metatarso.</p>
4	En escalera realizar apoyos simultáneos dentro-fuera, en los apoyos simultáneos fuera de la escalera bajamos a posición de sentadilla (amortiguación). Al volver realizamos cuatro saltos monopodales consecutivos con cada pierna.	 <p>Sentadilla: el peso debe recaer sobre los talones, mantener el tronco erguido con la columna en posición neutra y mirando al frente.</p>

5	<p>En escalera realizar apoyos monopodaes dibujando diagonales (mitad con la pierna derecha, mitad con la pierna izquierda). Volver realizando el gesto de "ir a cortar el balón".</p>		<p>Cortes de balón: evitar valgo de rodilla.</p>
FUERZA Y PLIOMETRÍA (3 series por ejercicio)			
1	<p>Realizar 8 sentadillas con carga (disco) y después recorrer 20 metros avanzando con saltos de triple.</p>		<p>Sentadilla: el peso debe recaer sobre los talones, mantener el tronco erguido con la columna en posición neutra y mirando al frente. Si la ejecución es correcta buscar que la ejecución sea a alta velocidad. Saltos de triple: la pierna adelantada debe buscar la flexión de cadera mientras que la pierna de impulso busca la extensión de cadera.</p>
2	<p>Realizar 8 zancadas hacia delante (4 por pierna) con carga (disco) y después recorrer 20 metros avanzando en zig-zag.</p>		<p>Zancadas: evitar valgo de rodilla (rodilla hacia dentro), la cadera debe bajar verticalmente no en diagonal, evitando que la puntera sobrepase los talones. Zig-zag: evitar valgo de rodilla. Frenar con la pierna de dentro e impulsar con la pierna de fuera.</p>
3	<p>Realizar 6 saltos con carga (disco) y después realizar un sprint de 10 metros.</p>		<p>Saltos: buscar máxima altura de salto y recepcionar de metatarso.</p>
4	<p>Realizar 4 elevaciones de cadera unilaterales con carga (disco) con cada pierna y después avanzar 5 metros lateralmente realizando apoyos delante-detrás y terminar con un sprint de 10 metros.</p>		<p>Elevaciones de cadera: realizar el movimiento desde los glúteos evitando la flexión lumbar manteniendo la columna neutra activando el core. Mantener la cabeza apoyada en el suelo.</p>

Figura 3. Programa de entrenamiento neuromuscular durante el periodo experimental

Todas las pruebas de valoración de la condición física se llevaron a cabo en la misma sesión, utilizando una instalación interior, una semana antes y después del período de intervención. Los jugadores usaron calzado deportivo durante las pruebas de fuerza y salto, mientras que estuvieron descalzos para realizar la prueba de equilibrio.

4.2.2. Pruebas de fuerza

Todos los jugadores realizaron pruebas de sentadilla (en adelante, Back Squat (BS) para utilizar la nomenclatura habitual de entrenamiento) y de extensión de cadera (Hip Thrust; HT) para examinar los niveles de fuerza del miembro inferior. El Back Squat es un ejercicio bilateral donde la carga se dirige en el eje vertical a través de un movimiento de triple extensión (cadera-rodilla-tobillo).¹⁴⁵ Por otro lado, durante el Hip Thrust la carga se dirige en el eje anteroposterior, realizando un movimiento de extensión de cadera bilateral que comienza desde una posición de puente.⁹⁸ Ambos ejercicios pueden mostrar una transferencia importante hacia los deportes de equipo como el fútbol, en el cual es necesario aplicar fuerzas verticales y horizontales durante el juego.

Durante el Back Squat, los jugadores comenzaron desde una posición de pie, con las caderas y las rodillas completamente extendidas, y una barra de 10 kg descansando sobre la zona dorsal al nivel del acromion que se sostenía con un agarre por encima de los hombros. Desde esta posición los jugadores tuvieron que descender en un movimiento continuo hasta alcanzar una flexión de rodilla de 90° y, desde aquí, extender las rodillas y las caderas lo más rápido posible para alcanzar la posición vertical. Se alentó a todos los jugadores a realizar la fase concéntrica del movimiento de manera explosiva, a su máxima velocidad posible (Figura 4).



Figura 4. Ejecución del ejercicio de Back Squat

El Hip Thrust se realizó en decúbito supino con los hombros apoyados sobre un cajón y los pies en el suelo (Figura 5). Desde esta posición, con una barra de 10 kg apoyada sobre las caderas que se sostenía por encima con un agarre equivalente a la anchura de la separación de los hombros, se instruyó a los jugadores para extender sus caderas lo más explosivo posible empujando a través de los talones, hasta alcanzar la extensión completa de la cadera. En la posición final, los jugadores alcanzaban una forma de puente.



Figura 5. Ejecución del ejercicio de Hip Thrust

Cada prueba de fuerza se repitió dos veces, con 45 segundos de recuperación pasiva entre las repeticiones, y se registró la mejor puntuación que se utilizó para el análisis.⁹⁸ La velocidad concéntrica promedio (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) en ambas pruebas se examinó con la tecnología Pushband® (PUSH Inc., Toronto, Canadá). Este dispositivo portátil consiste en un acelerómetro de tres ejes que funciona a una frecuencia de muestreo de 200 Hz. Se utilizó un filtro de Butterworth para suavizar los datos de la aceleración y se calculó la velocidad vertical integrando la aceleración vertical con respecto al tiempo. Posteriormente, la velocidad media del movimiento se calculó promediando todas las velocidades instantáneas registradas durante la fase concéntrica del movimiento. Todos los datos obtenidos con el Pushband® se registraron en la aplicación para iPhone® PUSH v.1.10.4.¹⁴⁶ Estudios anteriores han examinado la validez y fiabilidad de este acelerómetro que muestra una relación muy alta con la velocidad media calculada con un transductor de velocidad lineal ($r = 0,86$; error estándar de estimación = $0,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; coeficiente de correlación intraclase = $0,907$).¹⁴⁷

4.2.3. Pruebas de fuerza explosiva

La fuerza explosiva bilateral y unilateral de las extremidades inferiores se evaluó utilizando diferentes tipos de saltos verticales con contra-movimiento (CMJ). Para el primer CMJ, los jugadores comenzaron de pie con las manos en las caderas. A partir de aquí, los jugadores seleccionaban la profundidad de la flexión de la rodilla y, sin detener el movimiento, se les animaba a saltar lo más alto posible (Figura 6). Cada prueba fue validada por una inspección visual para garantizar que el aterrizaje no tuviera ninguna flexión de rodilla.



Figura 6. Ejecución del salto bilateral con contra-movimiento

Después de esta prueba, los jugadores llevaron a cabo saltos con cargas externas de 5 y 10 Kg (CMJ-5 y CMJ-10, respectivamente). El procedimiento para llevar a cabo estos saltos fue el mismo que para el CMJ, pero en este caso los jugadores sostuvieron con sus manos un disco de 5 o 10 Kg cerca del pecho (Figura 7).

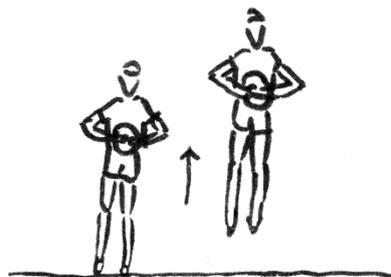


Figura 7. Ejecución del salto bilateral con resistencias externas

Finalmente, los jugadores realizaron CMJ monopodales con la pierna derecha e izquierda (CMJ-D y CMJ-I, respectivamente). Los sujetos comenzaban equilibrados únicamente en la pierna designada y mantenían las manos en las

caderas durante el salto. Cada jugador elegía libremente la profundidad de la flexión de la rodilla y luego trataba de saltar lo más alto posible, asegurando que el aterrizaje fuese sin flexionar la pierna (Figura 8). Cualquier tipo de fallo en la técnica o balanceo de la pierna de la pierna opuesta durante la ejecución resultó ser un salto no válido.



Figura 8. Ejecución de los saltos monopodales

Cada prueba de salto se repitió tres veces, separadas por 45 segundos de recuperación pasiva, y se registró el mejor salto utilizándose para el análisis.^{98,148-151} Se concedió un período de recuperación de tres minutos entre cada una de las cinco pruebas de salto. La altura de salto, registrada en centímetros, se calculó con la aplicación MyJump2® iOSApp, instalada en un iPhone® 6 con iOS 11.1.1. Esta aplicación mide el tiempo de vuelo de un salto identificando los momentos de despegue y aterrizaje en una cámara de alta velocidad que registra el movimiento a una velocidad de 240 fotogramas por segundo.¹⁵¹ Estudios previos han examinado la validez de este dispositivo para el cálculo de la altura de salto, mostrando una buena correlación con la altura CMJ calculada con una plataforma de fuerza ($r = 0.995$).¹⁵²

4.2.4. Pruebas de equilibrio

Los jugadores llevaron a cabo la prueba de equilibrio conocida como “Y-Balance Test” (YB) que es una modificación fiable y válida de la prueba de equilibrio de ejecución en estrella conocida como “Star test”.¹⁵³ El YB examina la estabilidad dinámica y el equilibrio de los participantes al mismo tiempo que requiere control neuromuscular, fuerza y flexibilidad.¹⁵³⁻¹⁵⁵ Todas las mediciones se realizaron con el sistema Octobalance® (Check Your Motion, Albacete, España).¹⁵⁶ El sistema consta de una plataforma central y tres cilindros de barras de plástico que apuntan en diferentes direcciones (120° entre ellas). Los jugadores comenzaron colocando un pie en la plataforma centralizada y, sin levantar los talones y con las manos en las caderas, tuvieron que empujar el dispositivo de medición con el pie opuesto lo más lejos posible (Figura 9).^{157,158} El ejercicio se repitió moviendo la pierna derecha en tres direcciones diferentes: anterior (YB-DA), posterolateral (YB-DPL) y posteromedial (YB-DPM). Una vez que se completaron las tres mediciones, el ejercicio se repitió con la pierna izquierda en las tres direcciones referidas: anterior (YB-IA), posterolateral (YB-IPL) y posteromedial (YB-IPM).

En el caso de que los participantes cometieran un error durante el proceso (es decir, perder el equilibrio, levantar el talón o el pie) resultó ser un intento no válido. Cada ejercicio se repitió tres veces con cada pierna, con una recuperación pasiva de 10 segundos entre ellas, y la distancia media alcanzada en cada dirección se registró para el análisis.¹⁰⁹ Antes del comienzo de la prueba a cada participante se le permitieron seis ensayos de práctica antes de recopilar los datos. Además, se midió la longitud de la pierna de cada participante desde la espina ilíaca anterosuperior hasta el maléolo lateral. La puntuación final de la prueba para cada pierna (YB-D e YB-I para la pierna derecha e izquierda, respectivamente) se calculó normalizando

la distancia de alcance en cada dirección en relación a la longitud de la extremidad. La suma de las tres distancias de alcance normalizadas se promedió y multiplicó por 100.¹⁵⁹

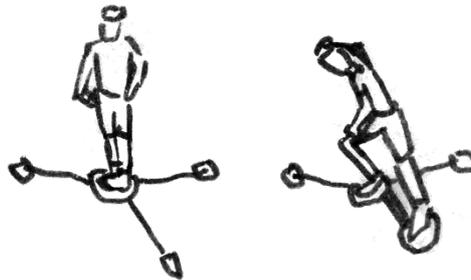


Figura 9. Ejecución de la prueba de equilibrio "Y-Balance"

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar. La significación estadística se infirió con una $p < 0,05$. Todos los datos se transformaron logarítmicamente para su análisis a fin de reducir el sesgo derivado del error de la falta de uniformidad y se transformaron nuevamente con fines de presentación. Los supuestos de normalidad y de varianza igual (homocedasticidad) se verificaron con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas con 2 (Grupos; Control, Experimental) \times 2 (Tiempo; pre, post) factores para detectar las diferencias entre grupos para las 15 variables registradas durante las distintas pruebas físicas. Se realizaron pruebas *post hoc* con los niveles de α ajustado por las correcciones de Bonferroni para identificar comparaciones que fuesen estadísticamente

significativas. La diferencia estandarizada o el tamaño del efecto (límite de confianza (LC) del 90%) en las variables seleccionadas se calculó utilizando la desviación estándar agrupada. Los umbrales aplicados para el tamaño del efecto se basaron en la propuesta de Cohen:¹⁶⁰ trivial (0,0-0,19), pequeño (0,2-0,59), moderado (0,6-1,1), grande (1,2-1,9) y muy grande (>2,0).^{161,162}

Para las comparaciones dentro del grupo, las posibilidades de que las diferencias en el rendimiento fueran mejores/mayores [es decir, mayores que el cambio más pequeño susceptible de ser resaltado (0,2 multiplicado por la desviación estándar entre sujetos, según la *d* de Cohen)], similar o peor/más pequeños fueron calculados.¹⁶³⁻¹⁶⁵ Las probabilidades cuantitativas de las diferencias mayores o menores se evaluaron cualitativamente de la siguiente forma: <1%, casi con seguridad no; <5%, muy poco probable; <25%, poco probable/probablemente no; 25-75%, posiblemente/posiblemente no; >75%, probable; >95% muy probable; >99%, casi con certeza.^{162,166} Un efecto sustancial se estableció en los casos de que fuese >75%.¹⁶² Si la probabilidad de tener beneficios/mejoras o perjudicial/empeoramiento era >5%, la verdadera diferencia se consideró incierta.^{161,166} De lo contrario, se interpretaba dicho cambio como la probabilidad observada.

Los análisis estadísticos se realizaron con el software informático SPSS® para Mac (Versión 21.0; SPSS Inc, Chicago, IL).

V - RESULTADOS

V. RESULTADOS

5.1 RESULTADOS GENERALES

Las características antropométricas de las jugadoras (edad: $13,91 \pm 0,81$ años; altura: $157,93 \pm 6,34$ cm; peso: $50,60 \pm 7,73$ kg; índice de masa corporal: $19,74 \pm 3,90$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) y los jugadores (edad: $13,45 \pm 1,25$ años; altura: $165,02 \pm 11,81$ cm; peso: $56,46 \pm 1,39$ kg; índice de masa corporal: $20,45 \pm 3,13$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) se pueden observar en las Tablas 1 y 2, respectivamente. No se detectaron diferencias significativas en ninguna de las variables antropométricas realizadas entre los GC y GE ni para las jugadoras ni para los jugadores.

Tabla 1. Datos descriptivos de la muestra de las jugadoras. Media \pm desviación estándar

	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	IMC ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)
Grupo Experimental (n = 21)	$13,88 \pm 0,82$	$158,50 \pm 7,25$	$50,92 \pm 7,96$	$19,27 \pm 4,98$
Grupo Control (n = 17)	$14,02 \pm 0,75$	$157,80 \pm 5,20$	$50,75 \pm 7,50$	$20,31 \pm 2,44$

IMC: Índice de Masa Corporal

Tabla 2. Datos descriptivos de la muestra de los jugadores. Media \pm desviación estándar

	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	IMC ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)
Grupo Experimental (n = 25)	$13,57 \pm 1,34$	$164,78 \pm 10,57$	$56,31 \pm 12,69$	$20,55 \pm 3,39$
Grupo Control (n = 24)	$13,33 \pm 1,16$	$165,27 \pm 13,20$	$56,60 \pm 14,56$	$20,36 \pm 2,89$

IMC: Índice de Masa Corporal

La Tabla 3 resume las pruebas de análisis de la varianza con medidas repetidas para todas las variables medidas en las jugadoras. Los posibles cambios y los resultados cualitativos obtenidos del análisis intra-grupo de las jugadoras, para el Grupo Control y para el Grupo Experimental, se muestran en las Tablas 4 y 5, respectivamente. La Figura 10 representa gráficamente los cambios relacionados y los resultados cualitativos de las comparaciones inter-grupo para las futbolistas.

Tabla 3. Análisis de la varianza con medidas repetidas para todas las variables obtenidas en las pruebas físicas realizadas a las jugadoras. Media \pm desviación estándar

	Pre- Intervención	Post- Intervención	ANOVA medidas repetidas
BS			Grupo: $F_{(1,36)}=4,910$; $p=0,033$; $n^2_p=0,120$
GC	0,76 \pm 0,16	0,76 \pm 0,16	Tiempo: $F_{(1,36)}=25,368$; $p=0,000$; $n^2_p=0,413$
GE	0,75 \pm 0,16	1 \pm 0,15	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=13,206$; $p=0,001$; $n^2_p=0,268$
HT			Grupo: $F_{(1,36)}=3,548$; $p=0,066$; $n^2_p=0,070$
GC	0,68 \pm 0,12	0,70 \pm 0,12	Tiempo: $F_{(1,36)}=1,798$; $p=0,188$; $n^2_p=0,048$
GE	0,69 \pm 0,08	0,78 \pm 0,12	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=10,516$; $p=0,003$; $n^2_p=0,226$
CMJ			Grupo: $F_{(1,36)}=1,273$; $p=0,268$; $n^2_p=0,039$
GC	23,25 \pm 3,03	22,88 \pm 2,92	Tiempo: $F_{(1,36)}=1,610$; $p=0,214$; $n^2_p=0,049$
GE	23,84 \pm 4,07	25,10 \pm 4,17	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=5,399$; $p=0,027$; $n^2_p=0,148$
CMJ-5			Grupo: $F_{(1,36)}=1,799$; $p=0,190$; $n^2_p=0,055$
GC	19,97 \pm 3,06	20,40 \pm 3,93	Tiempo: $F_{(1,36)}=0,205$; $p=0,654$; $n^2_p=0,007$
GE	21,61 \pm 3,94	21,75 \pm 3,46	Grupo: x Tiempo: $F_{(1,36)}=0,056$; $p=0,814$; $n^2_p=0,002$
CMJ-10			Grupo: $F_{(1,36)}=3,081$; $p=0,089$; $n^2_p=0,090$
GC	17,92 \pm 2,33	18,17 \pm 3,30	Tiempo: $F_{(1,36)}=0,668$; $p=0,420$; $n^2_p=0,021$
GE	19,77 \pm 3,80	20,25 \pm 3,76	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=0,070$; $p=0,794$; $n^2_p=0,002$
CMJ-D			Grupo: $F_{(1,36)}=0,826$; $p=0,370$; $n^2_p=0,022$
GC	12,11 \pm 2,11	12,29 \pm 2,37	Tiempo: $F_{(1,36)}=5,032$; $p=0,031$; $n^2_p=0,123$
GE	12,19 \pm 2,61	13,58 \pm 2,81	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=3,023$; $p=0,091$; $n^2_p=0,077$
CMJ-I			Grupo: $F_{(1,36)}=2,047$; $p=0,161$; $n^2_p=0,054$
GC	11,40 \pm 2,61	11,81 \pm 2,62	Tiempo: $F_{(1,36)}=9,454$; $p=0,004$; $n^2_p=0,208$
GE	12,16 \pm 3,41	13,83 \pm 3,53	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=3,463$; $p=0,071$; $n^2_p=0,088$

YB-DA			Grupo: $F_{(1,36)}=1,606$; $p=0,213$; $n^2_p=0,043$
GC	$56,89 \pm 6,59$	$56,67 \pm 4,54$	Tiempo: $F_{(1,36)}=5,685$; $p=0,022$; $n^2_p=0,136$
GE	$56,07 \pm 6,55$	$61,36 \pm 4,61$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=6,739$; $p=0,014$; $n^2_p=0,158$
YB-DPL			Grupo: $F_{(1,36)}=0,465$; $p=0,500$; $n^2_p=0,013$
GC	$59,22 \pm 7,19$	$60,44 \pm 5,15$	Tiempo: $F_{(1,36)}=5,812$; $p=0,021$; $n^2_p=0,139$
GE	$58,82 \pm 6,84$	$63,25 \pm 6,34$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=1,879$; $p=0,179$; $n^2_p=0,050$
YB-DPM			Grupo: $F_{(1,36)}=0,527$; $p=0,472$; $n^2_p=0,014$
GC	$58,28 \pm 5,35$	$60,03 \pm 3,88$	Tiempo: $F_{(1,36)}=11,164$; $p=0,002$; $n^2_p=0,237$
GE	$58,48 \pm 8,83$	$62,95 \pm 8,07$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=2,123$; $p=0,154$; $n^2_p=0,056$
YB-IA			Grupo: $F_{(1,36)}=1,708$; $p=0,199$; $n^2_p=0,045$
GC	$57,13 \pm 5,42$	$58,34 \pm 4,46$	Tiempo: $F_{(1,36)}=8,706$; $p=0,006$; $n^2_p=0,195$
GE	$57,27 \pm 4,11$	$61,70 \pm 5,86$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=2,832$; $p=0,101$; $n^2_p=0,073$
YB-IPL			Grupo: $F_{(1,36)}=2,288$; $p=0,139$; $n^2_p=0,060$
GC	$59,98 \pm 6,80$	$61,69 \pm 5,51$	Tiempo: $F_{(1,36)}=4,539$; $p=0,040$; $n^2_p=0,112$
GE	$62,05 \pm 8,76$	$65,82 \pm 7,39$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=0,642$; $p=0,428$; $n^2_p=0,018$
YB-IPM			Grupo: $F_{(1,36)}=3,548$; $p=0,066$; $n^2_p=0,070$
GC	$57,23 \pm 6,94$	$58,63 \pm 7,51$	Tiempo: $F_{(1,36)}=0,316$; $p=0,578$; $n^2_p=0,009$
GE	$57,43 \pm 9,52$	$60,98 \pm 9,65$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=2,047$; $p=0,161$; $n^2_p=0,054$
YB-D			Grupo: $F_{(1,36)}=0,225$; $p=0,638$; $n^2_p=0,006$
GC	$73,11 \pm 6,58$	$73,51 \pm 5,19$	Tiempo: $F_{(1,36)}=8,419$; $p=0,006$; $n^2_p=0,190$
GE	$71,58 \pm 6,88$	$76,81 \pm 6,46$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=6,196$; $p=0,018$; $n^2_p=0,147$
YB-I			Grupo: $F_{(1,36)}=0,453$; $p=0,505$; $n^2_p=0,012$
GC	$73,20 \pm 7,61$	$74,14 \pm 7,07$	Tiempo: $F_{(1,36)}=3,677$; $p=0,063$; $n^2_p=0,093$
GE	$73,09 \pm 7,94$	$77,27 \pm 8,71$	Grupo x Tiempo: $F_{(1,36)}=1,485$; $p=0,231$; $n^2_p=0,040$

Tabla 4. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para las jugadoras del Grupo Control después del período de intervención

	Cambios % (90% LC)	Tamaño del Efecto (90% LC)	Probabilidad	Valoración Cualitativa
BS	6,3 (-6,4 – 20,8)	0,26 (-0,28 – 0,79)	57/35/8	Posiblemente
HT	3,5 (-4,4 – 12,1)	0,18 (-0,23 – 0,59)	47/47/6	Posiblemente
CMJ	-1,6 (-5,3 – 2,3)	-0,11 (-0,38 – 0,16)	3/69/28	Muy poco probable
CMJ-5	1,4 (-9,2 – 13,3)	0,08 (- 0,57 – 0,73)	38/40/23	Posiblemente
CMJ-10	0,4 (-7,7 – 9,3)	0,03 (- 0,56 – 0,62)	31/44/25	Posiblemente
CMJ-D	1,2 (-6,9 – 9,9)	0,06 (-0,39 – 0,51)	30/54/16	Posiblemente
CMJ-I	3,7 (-4,0 – 12,1)	-0,01 (-0,41 – 0,39)	41/55/4	Posiblemente
YB-DA	-0,1 (-4,8– 4,8)	0,18 (-0,32 – 0,69)	19/60/21	Poco probable
YB-DPL	2,4 (-4,1 – 9,4)	0,34 (-0,11 – 0,79)	48/42/10	Posiblemente
YB-DPM	3,2 (-1,1 – 7,6)	0,23 (-0,21 – 0,67)	70/27/3	Posiblemente
YB-IA	2,2 (-2,0 – 6,7)	0,25 (- 0,31 – 0,82)	55/40/5	Posiblemente
YB-IPL	3,1 (- 3,6 – 10,2)	0,39 (0,13 – 0,66)	57/34/9	Posiblemente
YB-IPM	2,3 (-5,5– 10,8)	0,18 (-0,45 – 0,81)	48/37/15	Posiblemente
YB-D	0,7 (-2,9 – 4,4)	0,07 (-0,31 – 0,46)	29/60/12	Posiblemente
YB-I	1,3 (-4,3 – 7,3)	0,13 (-0,41 – 0,66)	41/44/15	Posiblemente

Tabla 5. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para las jugadoras del Grupo Experimental después del período de intervención

	Cambios % (90% LC)	Tamaño del Efecto (90% LC)	Probabilidad	Valoración Cualitativa
BS	35,0 (25,9 – 44,8)	1,19 (0,91 – 1,47)	100/0/0	Casi con certeza
HT	12,1 (7,9– 16,5)	0,91 (0,61 – 1,21)	100/0/0	Casi con certeza
CMJ	5,4 (2,2 – 8,7)	0,30 (0,12 – 0,47)	83/17/0	Probable
CMJ-5	1,0 (-3,7 – 5,9)	0,05 (- 0,20 – 0,30)	16/79/5	Poco probable
CMJ-10	2,7 (-1,3 – 6,9)	0,13 (- 0,07– 0,33)	28/71/0	Posiblemente
CMJ-D	11,7 (4,7 – 19,2)	0,47 (0,20 – 0,75)	95/5/0	Muy probable
CMJ-I	14,2 (6,9 – 22,1)	0,47 (0,24 – 0,71)	97/3/0	Muy probable
YB-DA	9,9 (5,0 – 15,1)	0,73 (0,37 – 1,08)	99/1/0	Muy probable
YB-DPL	7,7 (4,0 – 11,5)	0,61 (0,32 – 0,89)	99/1/0	Muy probable
YB-DPM	8,0 (4,2 – 11,9)	0,49 (0,27 – 0,72)	98/2/0	Muy probable
YB-IA	7,5 (3,7 – 11,5)	0,98 (0,49 – 1,47)	99/1/0	Muy probable
YB-IPL	6,5 (2,1 – 11,2)	0,39 (0,13 – 0,66)	89/11/0	Probable
YB-IPM	6,3 (-1,2 – 14,3)	0,34 (-0,07 – 0,74)	72/ 26/2	Posiblemente
YB-D	7,4 (4,4 – 10,5)	0,71 (0,43 – 0,99)	100/0/0	Casi con certeza
YB-I	5,7 (2,0 – 9,5)	0,48 (0,17 – 0,80)	93/6/0	Probable

LC: Límites de Confianza

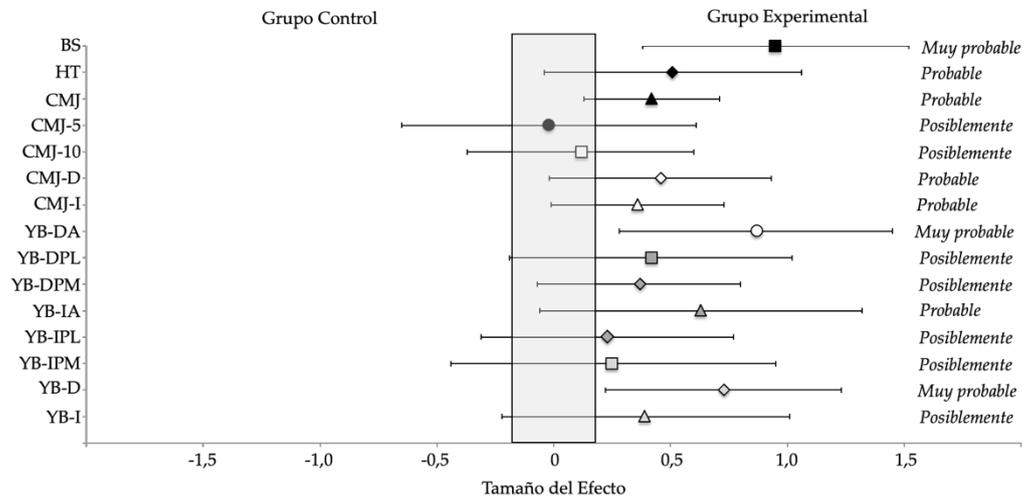


Figura 10. Eficiencia del programa de entrenamiento en el Grupo Experimental en comparación con el Grupo Control para las jugadoras. Las barras indican la incertidumbre en los cambios verdaderos con intervalos de confianza del 90%. Los valores triviales se calcularon a partir de los cambios de menor relevancia

Los datos generales de las pruebas realizadas a los jugadores para las distintas variables se detallan en las siguientes tablas que reflejan el análisis de la varianza con medidas repetidas (Tabla 6), los cambios relacionados y los resultados cualitativos obtenidos de los análisis intra-grupo para el Grupo Control (Tabla 7) y el Grupo Experimental (Tabla 8). A modo de resumen, la Figura 11 ilustra gráficamente los cambios inter-grupo como consecuencia de la intervención.

Tabla 6. Análisis de la varianza con medidas repetidas para todas las variables obtenidas en las pruebas físicas realizadas a los jugadores. Media \pm desviación estándar

	Pre- Intervención	Post- Intervención	Resultados ANOVA
BS			Grupo: $F_{(1,47)}=3,548$; $p=0,066$; $n^2_p=0,070$
GC	0,87 \pm 0,11	0,89 \pm 0,10	Tiempo: $F_{(1,47)}=31,952$; $p=0,000$; $n^2_p=0,405$
GE	0,88 \pm 0,15	1,03 \pm 0,18	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=18,734$; $p=0,000$; $n^2_p=0,285$
HT			Grupo: $F_{(1,47)}=6,509$; $p=0,014$; $n^2_p=0,122$
GC	0,62 \pm 0,14	0,65 \pm 0,14	Tiempo: $F_{(1,47)}=32,132$; $p=0,000$; $n^2_p=0,406$
GE	0,66 \pm 0,16	0,81 \pm 0,18	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=15,154$; $p=0,000$; $n^2_p=0,244$
CMJ			Grupo: $F_{(1,47)}=2,244$; $p=0,141$; $n^2_p=0,046$
GC	28,40 \pm 2,90	28,55 \pm 3,13	Tiempo: $F_{(1,47)}=18,078$; $p=0,000$; $n^2_p=0,278$
GE	29,14 \pm 3,76	30,75 \pm 4,18	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=12,209$; $p=0,001$; $n^2_p=0,206$
CMJ-5			Grupo: $F_{(1,47)}=0,017$; $p=0,898$; $n^2_p=0,000$
GC	23,68 \pm 4,61	23,69 \pm 4,55	Tiempo: $F_{(1,47)}=0,400$; $p=0,530$; $n^2_p=0,008$
GE	23,80 \pm 4,72	23,92 \pm 4,72	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,332$; $p=0,567$; $n^2_p=0,007$
CMJ-10			Grupo: $F_{(1,47)}=0,000$; $p=0,988$; $n^2_p=0,000$
GC	20,56 \pm 4,42	20,71 \pm 4,54	Tiempo: $F_{(1,47)}=0,648$; $p=0,425$; $n^2_p=0,014$
GE	20,59 \pm 4,56	20,72 \pm 4,93	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,004$; $p=0,947$; $n^2_p=0,0002$
CMJ-D			Grupo: $F_{(1,47)}=1,075$; $p=0,305$; $n^2_p=0,022$
GC	13,90 \pm 2,62	14,00 \pm 2,39	Tiempo: $F_{(1,47)}=25,119$; $p=0,000$; $n^2_p=0,348$
GE	13,99 \pm 2,38	15,31 \pm 2,18	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=18,932$; $p=0,000$; $n^2_p=0,285$
CMJ-I			Grupo: $F_{(1,47)}=0,672$; $p=0,417$; $n^2_p=0,014$
GC	13,92 \pm 2,76	14,09 \pm 2,79	Tiempo: $F_{(1,47)}=28,664$; $p=0,000$; $n^2_p=0,379$
GE	13,87 \pm 2,27	15,33 \pm 2,60	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=17,654$; $p=0,000$; $n^2_p=0,273$
YB-DA			Grupo: $F_{(1,47)}=0,000$; $p=0,984$; $n^2_p=0,000$
GC	57,68 \pm 6,94	61,52 \pm 6,76	Tiempo: $F_{(1,47)}=10,552$; $p=0,002$; $n^2_p=0,183$
GE	58,10 \pm 7,59	61,17 \pm 8,04	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,134$; $p=0,716$; $n^2_p=0,003$
YB-DPL			Grupo: $F_{(1,47)}=2,102$; $p=0,154$; $n^2_p=0,043$
GC	60,77 \pm 8,54	62,70 \pm 10,55	Tiempo: $F_{(1,47)}=8,102$; $p=0,007$; $n^2_p=0,147$
GE	63,55 \pm 12,18	68,13 \pm 11,19	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=1,351$; $p=0,251$; $n^2_p=0,028$
YB-DPM			Grupo: $F_{(1,47)}=0,282$; $p=0,598$; $n^2_p=0,006$
GC	59,37 \pm 9,96	63,62 \pm 10,00	Tiempo: $F_{(1,47)}=5,145$; $p=0,028$; $n^2_p=0,099$
GE	61,65 \pm 11,66	64,13 \pm 10,44	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,356$; $p=0,554$; $n^2_p=0,008$
YB-IA			Grupo: $F_{(1,47)}=0,842$; $p=0,363$; $n^2_p=0,018$
GC	58,22 \pm 6,33	61,42 \pm 7,41	Tiempo: $F_{(1,47)}=8,136$; $p=0,006$; $n^2_p=0,148$

GE			Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,030$; $p=0,863$; $n^2_p=0,001$
YB-IPL			Grupo: $F_{(1,47)}=1,591$; $p=0,213$; $n^2_p=0,033$
GC	59,17 ± 9,43	62,62 ± 10,27	Tiempo: $F_{(1,47)}=7,616$; $p=0,008$; $n^2_p=0,139$
GE	63,01 ± 14,08	66,50 ± 12,15	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,000$; $p=0,988$; $n^2_p=0,000$
YB-IPM			Grupo: $F_{(1,47)}=0,323$; $p=0,573$; $n^2_p=0,007$
GC	62,15 ± 10,69	64,20 ± 9,03	Tiempo: $F_{(1,47)}=3,688$; $p=0,061$; $n^2_p=0,073$
GE	63,42 ± 12,40	66,08 ± 10,06	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,063$; $p=0,802$; $n^2_p=0,001$
YB-D			Grupo: $F_{(1,47)}=0,326$; $p=0,571$; $n^2_p=0,00$
GC	72,35 ± 7,09	76,06 ± 8,59	Tiempo: $F_{(1,47)}=10,981$; $p=0,002$; $n^2_p=0,189$
GE	73,62 ± 8,99	77,17 ± 8,21	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,005$; $p=0,943$; $n^2_p=0,000$
YB-I			Grupo: $F_{(1,47)}=0,632$; $p=0,431$; $n^2_p=0,013$
GC	72,99 ± 7,70	76,19 ± 8,44	Tiempo: $F_{(1,47)}=8,292$; $p=0,006$; $n^2_p=0,150$
GE	74,58 ± 9,44	78,01 ± 8,40	Grupo x Tiempo: $F_{(1,47)}=0,010$; $p=0,921$; $n^2_p=0,000$

Tabla 7. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para los jugadores del Grupo Control después del periodo de intervención

	Cambios % (90% LC)	Tamaño del Efecto (90% LC)	Probabilidad	Valoración Cualitativa
BS	2,6 (-0,3 – 5,5)	0,19 (-0,03 -0,40)	45/54/0	<i>Posiblemente</i>
HT	5,1 (0,3 – 10,1)	0,20 (0,01 – 0,38)	49/51/0	<i>Posiblemente</i>
CMJ	0,5 (-1,4 – 2,4)	0,04 (-0,13 – 0,21)	6/93/1	<i>Poco probable</i>
CMJ-5	0,1 (-0,4 -0,6)	0,00 (- 0,02 – 0,03)	0/100/0	<i>Casi con seguridad no</i>
CMJ-10	0,6 (-0,7 – 1,9)	0,02 (- 0,03 – 0,07)	0/100/0	<i>Casi con seguridad no</i>
CMJ-D	1,0 (-1,3 – 3,4)	0,05 (-0,07 – 0,17)	2/98/0	<i>Muy poco probable</i>
CMJ-I	1,3 (0,2 – 2,3)	0,06 (0,01 – 0,10)	0/100/0	<i>Casi con seguridad no</i>
YB-DA	6,8 (2,1 – 11,7)	0,53 (0,17 – 0,90)	93/7/0	<i>Probable</i>
YB-DPL	2,7 (-2,6 – 8,3)	0,17 (-0,17 – 0,52)	45/51/4	<i>Posiblemente</i>
YB-DPM	7,2 (1,9 – 12,9)	0,40 (0,11 – 0,70)	87/13/0	<i>Probable</i>
YB-IA	5,4 (1,6 – 9,3)	0,45 (0,14 – 0,76)	91/9/0	<i>Probable</i>
YB-IPL	5,7 (-0,2 – 11,9)	0,33 (-0,01 – 0,66)	74/26/1	<i>Posiblemente</i>
YB-IPM	3,8 (-1,9 – 9,8)	0,20 (-0,11 – 0,51)	51/ 47/2	<i>Posiblemente</i>
YB-D	4,9 (1,0 – 9,0)	0,48 (0,10 – 0,85)	89/11/0	<i>Posiblemente</i>
YB-I	4,3 (0,1 – 8,7)	0,38 (0,01 – 0,75)	80/19/1	<i>Posiblemente</i>

LC: Límites de Confianza

Tabla 8. Cambios en los resultados de las pruebas físicas para los jugadores del Grupo Experimental después del período de intervención

	Cambios % (90% LC)	Tamaño del Efecto (90% LC)	Probabilidad	Valoración Cualitativa
BS	17,4 (12,0 – 23,1)	0,86 (0,61 – 1,11)	100/0/0	<i>Casi con certeza</i>
HT	23,4 (16,2 – 31,1)	0,85 (0,61 – 1,09)	100/0/0	<i>Casi con certeza</i>
CMJ	5,4 (3,7 – 7,2)	0,40 (0,28 – 0,53)	99/1/0	<i>Muy probablemente</i>
CMJ-5	0,6 (-0,9 – 2,1)	0,03 (-0,04 – 0,09)	0/100/0	<i>Casi con seguridad no</i>
CMJ-10	0,2 (-2,1 – 2,6)	0,01 (-0,07 – 0,09)	0/100/0	<i>Casi con seguridad no</i>
CMJ-D	9,9 (6,4 – 13,4)	0,51 (0,34 – 0,69)	100/0/0	<i>Casi con certeza</i>
CMJ-I	10,5 (6,5 – 14,6)	0,57 (0,36 – 0,78)	100/0/0	<i>Casi con certeza</i>
YB-DA	5,2 (0,8 – 9,9)	0,37 (0,06 – 0,69)	82/18/0	<i>Probable</i>
YB-DPL	7,7 (3,9 – 11,6)	0,39 (0,20 – 0,58)	95/5/0	<i>Probable</i>
YB-DPM	4,4 (-2,2 – 11,4)	0,22 (-0,12 – 0,56)	54/44/2	<i>Posiblemente</i>
YB-IA	5,1 (0,1 – 10,3)	0,34 (0,01 – 0,67)	76/23/1	<i>Probable</i>
YB-IPL	6,1 (1,6 – 10,9)	0,26 (0,07 – 0,45)	70/30/0	<i>Posiblemente</i>
YB-IPM	5,0 (1,3 – 8,7)	0,23 (0,06 – 0,40)	63/ 37/0	<i>Posiblemente</i>
YB-D	4,9 (1,5 – 8,5)	0,40 (0,12 – 0,68)	89/11/0	<i>Probable</i>
YB-I	4,7 (1,4 – 8,2)	0,38 (0,12 – 0,65)	87/13/0	<i>Probable</i>

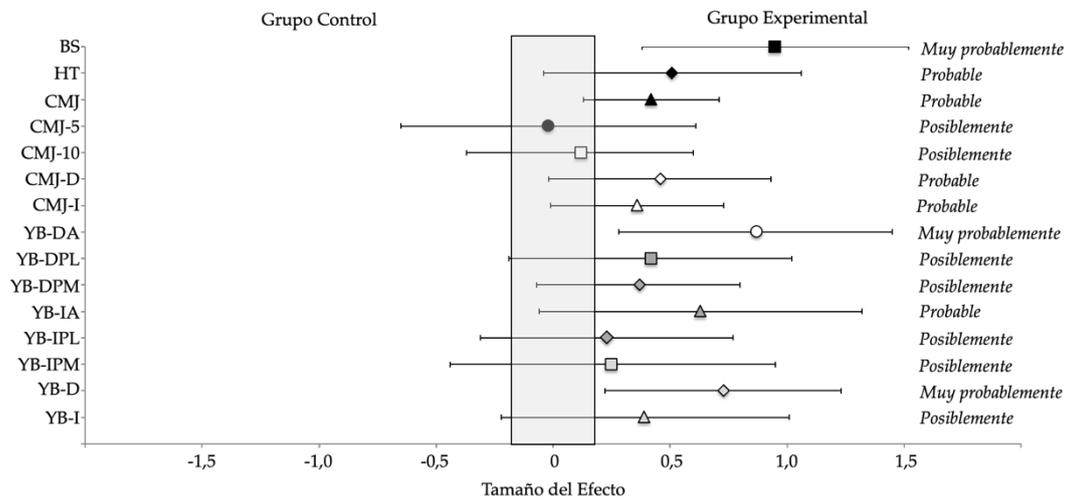


Figura 11. Eficiencia del programa de entrenamiento en el Grupo Experimental en comparación con el Grupo Control para los jugadores. Las barras indican la incertidumbre en los cambios verdaderos con intervalos de confianza del 90%. Los valores triviales se calcularon a partir de los cambios de menor relevancia

5.2 PRUEBAS DE FUERZA

Para la prueba de Back Squat en las futbolistas, la ANOVA de medidas repetidas reveló una interacción significativa entre el factor grupo y el factor tiempo ($p = 0,001$). El análisis *post hoc* reveló mejoras significativas en el GE en comparación con el GC ($p = 0,000$; Figura 12). Este incremento se determinó en un 27,0% [90% LC: 10,1; 46,5]; tamaño del efecto = 0,95) con probabilidad de que estos valores fuesen mayores/similares/inferiores del 98/2/0%, respectivamente.

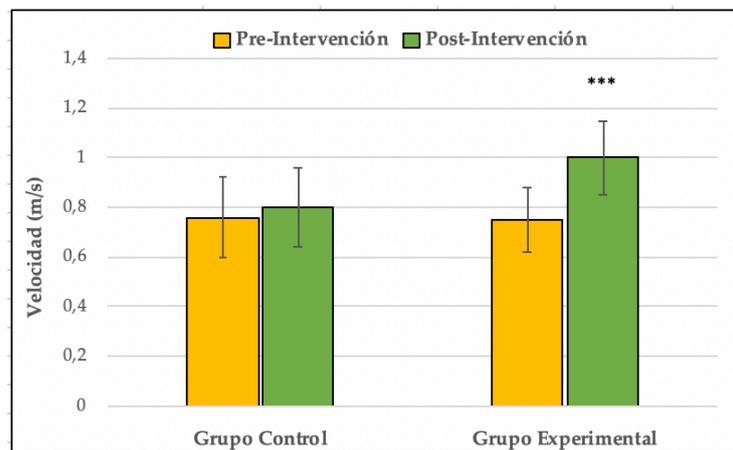


Figura 12. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Back Squat para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.
***Diferencia significativa a nivel $p < 0,001$

En el caso de los futbolistas, los resultados del test de Back Squat revelaron una interacción significativa entre los factores grupo y tiempo ($p = 0,000$) de modo que el GE mostró una mejora ($p = 0,002$; Figura 13) en la velocidad de ejecución de este movimiento en relación al GC ($\Delta 14,5\%$ [90% LC: 8,4; 20,9]; Tamaño del efecto = 0,86). Las probabilidades de que estos valores fuesen mayores/similares/inferiores se cifraron en el 100/0/0%, respectivamente.

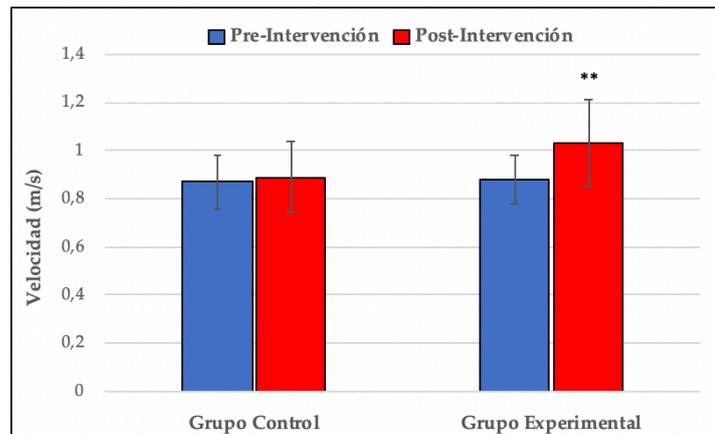


Figura 13. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Back Squat para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.
**Diferencia significativa a nivel $p < 0,01$

En términos de la prueba de Hip Thrust para las futbolistas, no se observó una interacción entre el grupo y el tiempo ($p = 0,064$). Como consecuencia de la intervención, el GE aumentó ($p = 0,065$; $\Delta 8,3\%$ [90% LC: -0,7; 18,1], Tamaño del efecto = 0,51) la velocidad de ejecución en relación al GC (Figura 14), cifrándose en un 83/15/2% las probabilidades de que estos valores fuesen mayores/similares/inferiores, respectivamente.

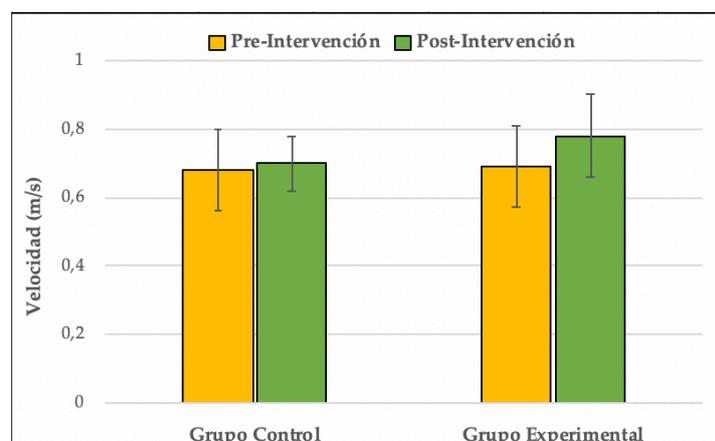


Figura 14. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Hip Thrust para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

En el caso de los jugadores, en la prueba de Hip Thrust se apreció también una interacción significativa entre el grupo y el tiempo ($p = 0.000$) aumentando el GE un 17,5% [90% LC: 9,0; 26,6], Tamaño del efecto = 0,65) la velocidad de ejecución en relación al GC ($p = 0.001$; Figura 15). Las probabilidades asociadas para que estos valores fuesen mayores/similares/inferiores fueron del 99/1/0%, respectivamente.

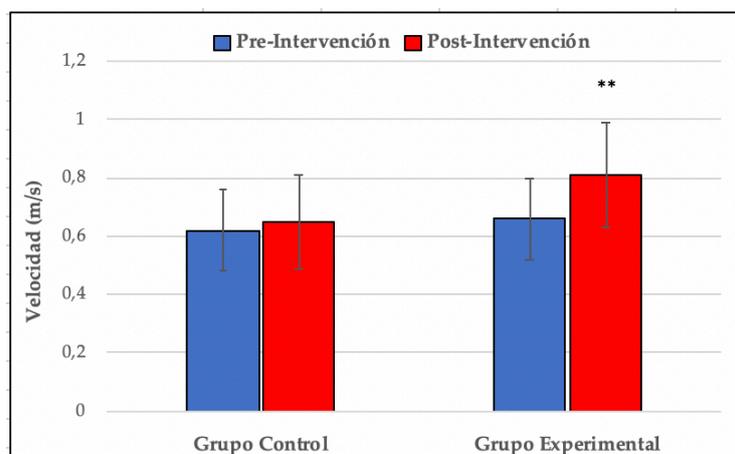


Figura 15. Velocidad (en $m \cdot s^{-1}$) de ejecución de la prueba de Hip Thrust para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.

**Diferencia significativa a nivel $p < 0,01$

5.3 PRUEBAS DE FUERZA EXPLOSIVA

Para las jugadoras, se detectó una interacción significativa entre el grupo y el tiempo en la prueba de CMJ ($p = 0.027$). El GE mostró una mejoría del 7,1% [90% LC: 2.1; 12.3], Tamaño del efecto = 0,42) en la altura del salto en relación al GC ($p = 0,097$; Figura 16). Las probabilidades de que estos valores fuesen mayores/similares/inferiores se cifraron en 89/11/0%, respectivamente.

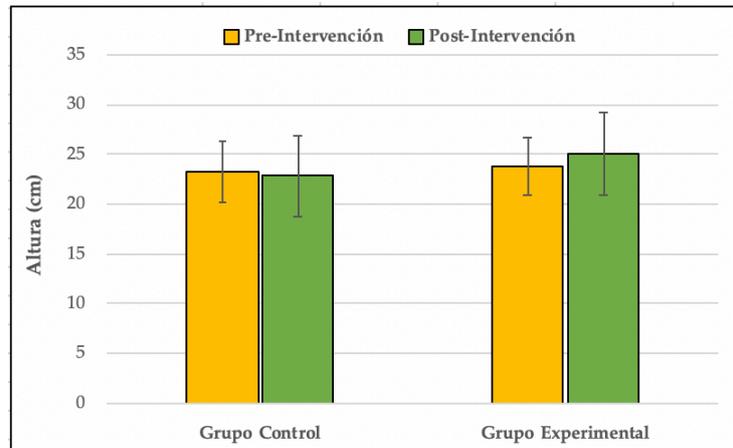


Figura 16. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

Se observó una interacción significativa en la interacción grupo x tiempo para el salto a dos piernas ($p = 0,001$) en los futbolistas. Los sujetos del GE aumentaron ($p = 0,042$; Figura 17) la altura de salto un 4,9% [90% LC: 2,4; 7,5], Tamaño del efecto = 0,39), con probabilidad de estos valores mayores/similares/inferiores del 94/6/0%, respectivamente.

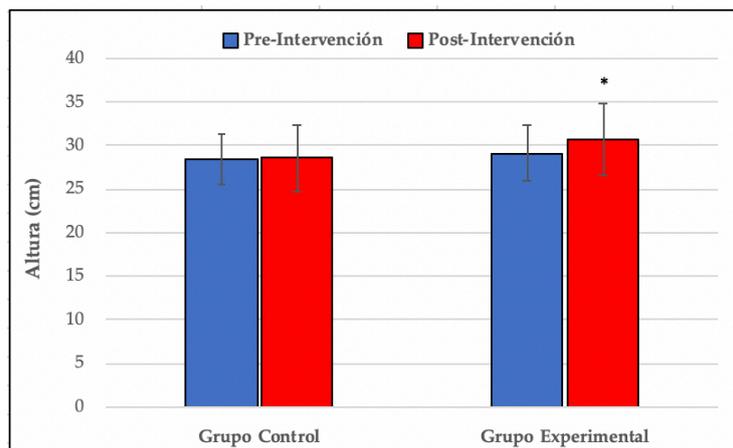


Figura 17. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención.

**Diferencia significativa a nivel $p < 0.05$*

Las Figura 18a y 18b muestran las diferencias pre-post en el GE y GC para las pruebas de CMJ con cargas adicionales de 5 y 10 kg, respectivamente, en las jugadoras. No se observaron interacciones significativas entre el grupo y el tiempo ni para el CMJ-5 ($p = 0,814$) ni para el CMJ-10 ($p = 0,794$).

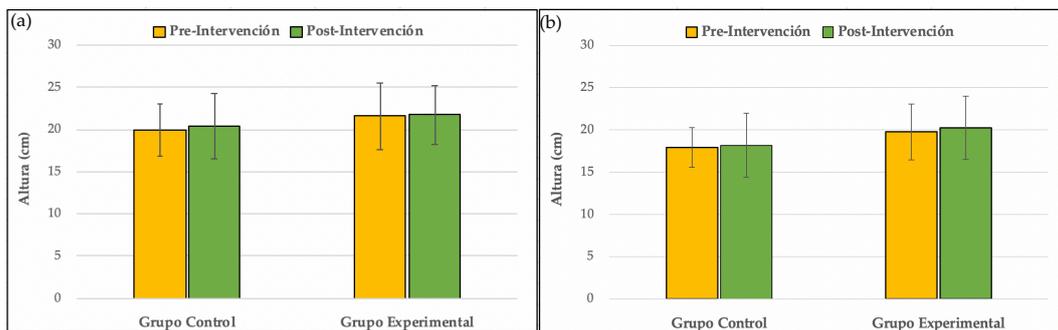


Figura 18. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ con cargas externas de (a) 5 kg y (b) 10 kg para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

Al estudiar los resultados de los futbolistas en las pruebas de salto con cargas externas, no se apreciaron interacciones ni en la pierna derecha ($p = 0,567$) ni para la pierna izquierda ($p = 0,947$). Las Figuras 19a y 19b muestran la evolución de los valores pre y post para la altura de salto con cargas adicionales de 5 y 10 kg, respectivamente.

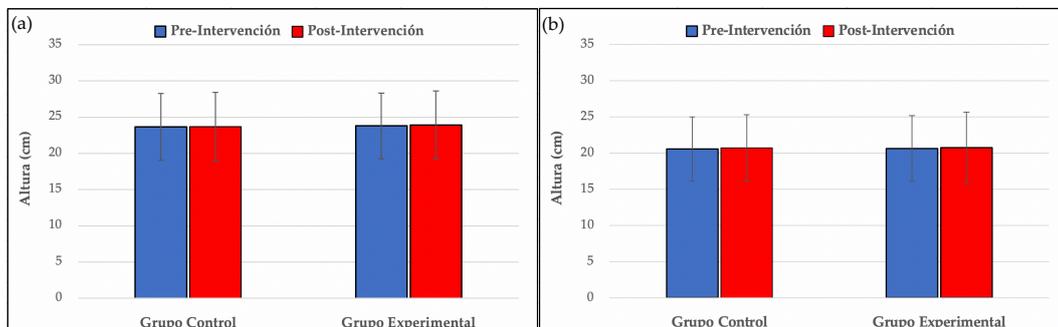


Figura 19. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ con cargas externas de (a) 5 kg y (b) 10 kg para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

En relación a los saltos monopodales, en las futbolistas tampoco se apreciaron interacciones grupo x tiempo en ambas piernas (pierna derecha, $p = 0,091$; pierna izquierda, $p = 0,071$). Sin embargo, tal y cómo se puede ver en las Figuras 20a y 20b, sí se observó una mejora en la altura del salto del GE tanto en la pierna derecha ($p = 0,145$; $\Delta 10,4\%$ [90% LC: -0,3; 22,4]; Tamaño del efecto = 0,46) como en la izquierda ($p = 0,060$; $\Delta 10,1\%$ [90% LC: -0,3; 21,6; Tamaño del efecto = 0,36], con probabilidades de valores mayores/similares/inferiores de 82/17/1% para la pierna derecha y de 76/23/1% para la pierna izquierda, respectivamente.

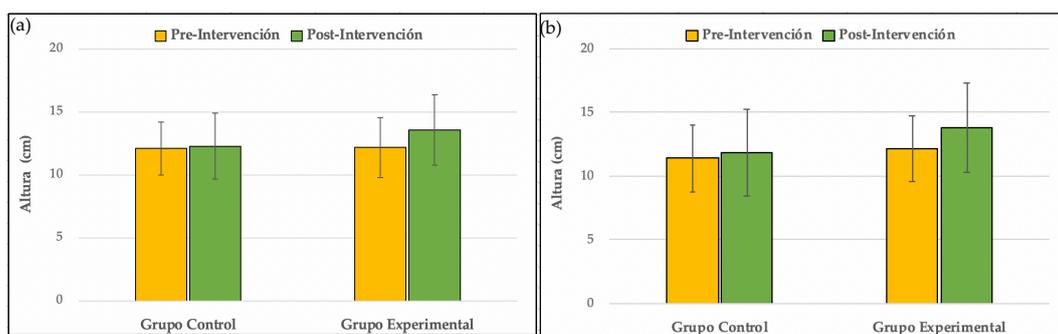


Figura 20. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ monopodal para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

En el caso de los saltos a una pierna de los jugadores, sí se revelaron interacciones grupo x tiempo para ambas piernas ($p = 0,000$). Para la pierna derecha, los jugadores aumentaron la capacidad de salto un 8,8% ([90% LC: 4,6; 13,1]; $p = 0,052$, Tamaño del efecto = 0,43) tal y como se puede ver en la Figura 21a (probabilidades de valores mayores/similares/inferiores, del 97/3/0%, respectivamente). Los jugadores también incrementaron un 9,1% [90% LC: 5,0; 13,3, Tamaño del efecto = 0,44] la altura de salto con la pierna izquierda ($p = 0,114$; Figura 21b) con probabilidades de valores mayores/similares/inferiores, del 98/2/0%, respectivamente.

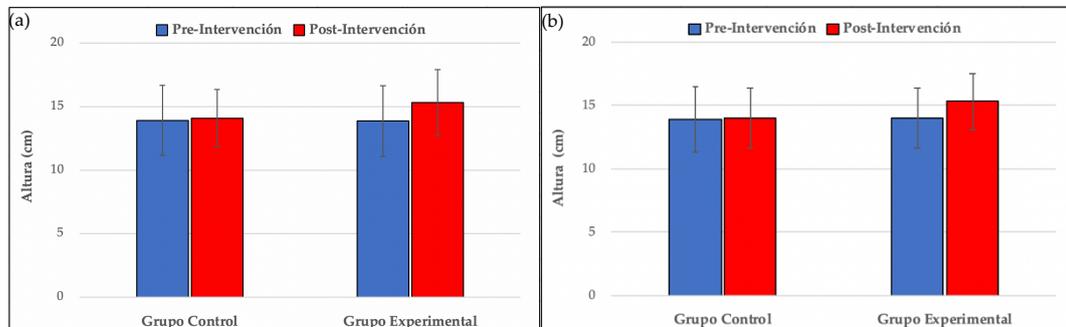


Figura 21. Altura de salto (en cm) en la prueba de CMJ monopodal para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

5.4 PRUEBAS DE EQUILIBRIO

El estudio de los resultados de las futbolistas reveló una interacción significativa entre el grupo y el tiempo en el alcance de la pierna derecha en la dirección anterior ($p = 0,014$). El análisis *post hoc* mostró mejoras significativas en el GE en comparación con el GC ($p = 0,004$; $\Delta 10,0\%$ [90% LC: 3,1; 17,4.], Tamaño del efecto = 0,87) con probabilidades de valores mayores/similares/inferiores del 97/3/0%, respectivamente. No se apreciaron interacciones significativas entre el grupo y el tiempo para las mediciones realizadas en todas las demás direcciones (YB-DPL, $p = 0,179$; YB-DPM, $p = 0,154$; YB-IA $p = 0,101$; YB-IPL, $p = 0,428$; YB-IPM, $p = 0,537$). La Figura 22 muestra la representación pre-post para los dos grupos en las anteriores variables descritas.

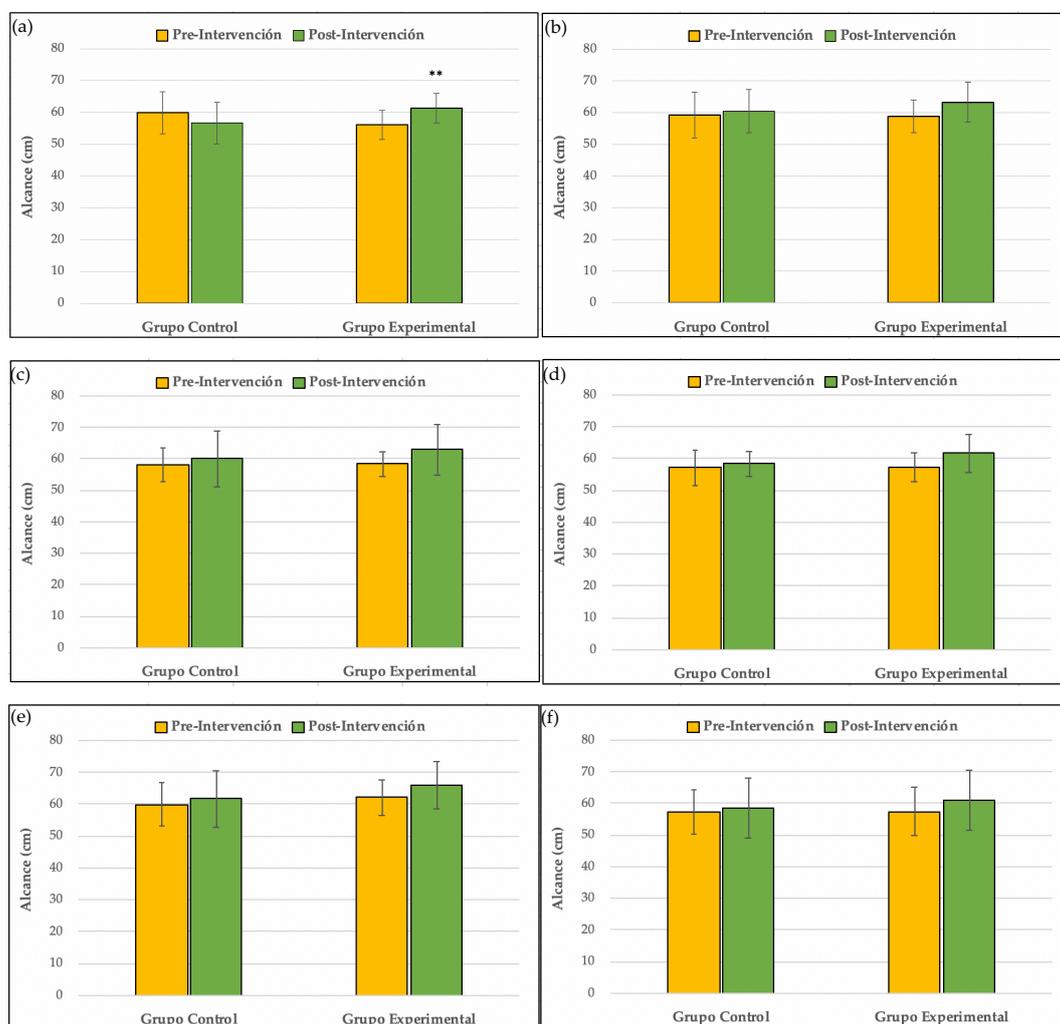


Figura 22. Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las dos piernas en las distintas direcciones para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención. (a) YB-DA; (b) YB-DPL; (c) YB-DPM; (d) YB-IA; (e) YB-IPL; (f) YB-IPM

En relación a la puntuación total en la prueba, el resultado de la pierna derecha mostró una interacción significativa entre el grupo x tiempo ($p = 0,018$). El GE aumentó ($p = 0,101$; $\Delta 6,7\%$ [90% LC: 2,0; 11,6; Tamaño del efecto = 0,73] su alcance total en esta prueba en comparación con GC (Figura 23a) con probabilidades de valores mayores/similares/inferiores del 96/4/0%, respectivamente. Por otro lado, no se apreció una interacción grupo x tiempo ($p =$

0,231) en la pierna izquierda, aunque cómo se puede observar en la Figura 21b, el GE mostró una mejora del 4,3% [90% LC: -2,4; 11,4, Tamaño del efecto = 0,39] en relación al GC, con probabilidades de valores mayores/similares/inferiores del 70/24/6%, respectivamente.

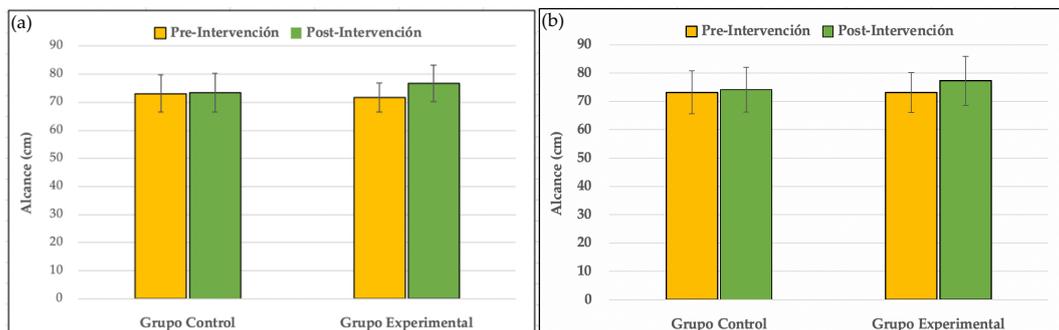
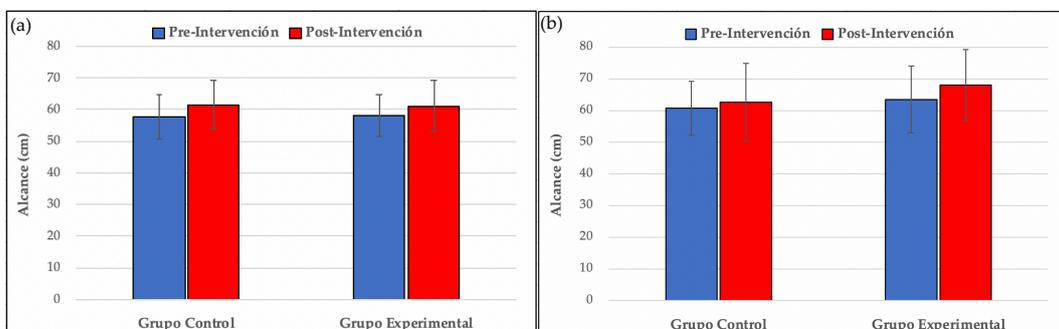


Figura 23 Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para las jugadoras del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

La Figura 24 muestra las diferencias como consecuencia de la intervención para el GC y el GC de los jugadores en cada una de direcciones del Y-test. No se revelaron interacciones entre el grupo y el tiempo en ninguna de las direcciones de la prueba de equilibrio tanto para la pierna derecha como para la izquierda (YB-D, $p = 0,716$; YB-DPL, $p = 0,251$; YB-DPM, $p = 0,554$; YB-IA, $p = 0,863$; YB-IPL, $p = 0,988$; YB-IPM, $p = 0,802$).



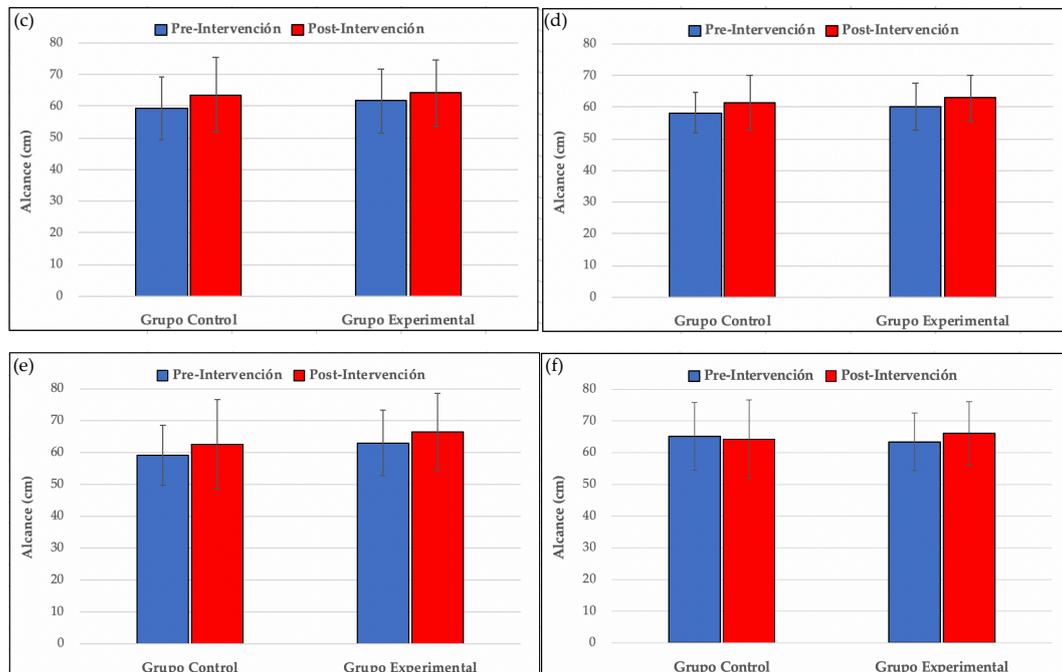


Figura 24. Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las dos piernas en las distintas direcciones para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención. (a) YB-DA; (b) YB-DPL; (c) YB-DPM; (d) YB-IA; (e) YB-IPL; (f) YB-IPM

El estudio de los valores totales de la prueba para los futbolistas (Figura 25) tampoco reveló interacciones significativas grupo x tiempo para la pierna derecha ($p = 0,943$) ni para la pierna izquierda ($p = 0,921$).

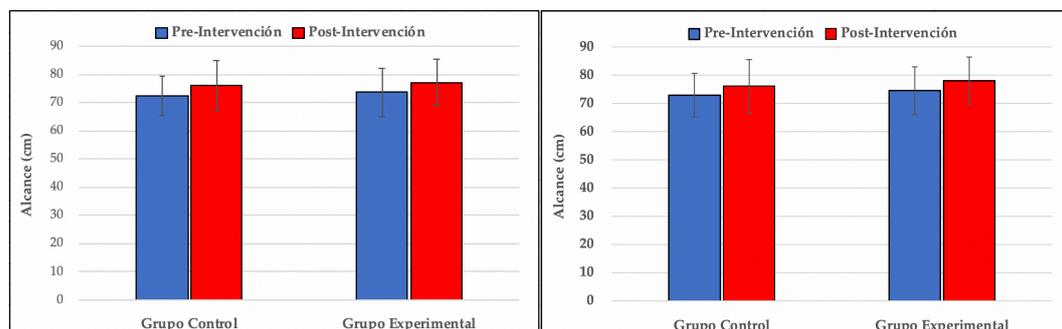


Figura 25. Alcance (en cm) en la prueba de Y-test para las piernas (a) derecha y (b) izquierda para los jugadores del Grupo Control y Grupo Experimental, antes y después de la intervención

VI - DISCUSIÓN

VI - DISCUSIÓN

Durante la práctica del fútbol los jugadores realizan un ejercicio intermitente de alta intensidad, en el que períodos de máxima intensidad y corta duración se intercalan de manera aleatoria e imprevisible con otros de menor intensidad y mayor duración.^{18,20,26} El carácter iterativo del esfuerzo provoca que los futbolistas deben estar adecuadamente preparados para dar solución a todos los requisitos físicos que les demanda el juego. Esta estructura condicional del fútbol no es patrimonio exclusivo de la alta competición, sino que desde la iniciación los patrones intermitentes del juego son los que caracterizan la pericia deportiva.²⁴ De igual modo, tampoco se puede limitar esta intermitencia a la prestación de futbolistas de género masculino, puesto que las jugadoras también deben guiarse por similares exigencias motrices.²³ Es por ello que, desde edades tempranas, los futbolistas deban experimentar una adaptación física al tipo de requisitos que el juego les exige.

Los episodios de elevada intensidad se caracterizan por movimientos que implican una destacada coordinación neuromuscular como aceleraciones, frenadas, saltos, recepciones o cambios de dirección, que deben intercalarse con acciones técnicas con el balón e interacciones tácticas con compañeros y adversarios.^{18,64} Todo ello conforma una dinámica de juego compleja que puede incluso ser altamente lesiva, tanto por el tipo de patrones coordinativos que se requieren como por la existencia de adversarios en la disputa del balón que pueden dar lugar a traumatismos directos (entradas, cargas, choques, etc.).²⁷

Debido a la complejidad intrínseca que conlleva la práctica del fútbol y a la elevada incidencia lesional detectada en edades tempranas,^{70,71} en el presente trabajo de investigación se ha desarrollado un protocolo de activación

neuromuscular que los futbolistas debían completar en la parte inicial de las sesiones de entrenamiento. Mediante la realización de esta fase de calentamiento específico se pretendía facilitar la adaptación de los jugadores a los patrones de movimiento habituales del fútbol. Así mismo, esta activación del sistema sensoriomotor durante el calentamiento podría tener un efecto preventivo sobre los futbolistas, reduciendo el riesgo de sufrir lesiones no traumáticas durante los entrenamientos y partidos de competición.^{63,129,147}

La exigencia de realizar acciones de máxima intensidad en el transcurso del juego conlleva la necesidad de que los futbolistas desarrollen desde edades tempranas la capacidad para producir y aplicar fuerzas en los ejes verticales y horizontales. Con esta finalidad, en la presente investigación se utilizaron los tests de Back Squat y Hip Thrust^{98,145} para revelar las posibles adaptaciones positivas que el programa de entrenamiento neuromuscular podría haber tenido sobre la velocidad de ejecución de estos patrones de movimientos.

Como consecuencia de la intervención, tanto las jugadoras como los jugadores vieron mejorada su prestación en la prueba de Back Squat un 27% (tamaño el efecto = 0,95) y un 15% (tamaño del efecto = 0,86), respectivamente. En el caso de las futbolistas, la interpretación cualitativa de los datos revela un efecto muy probable del programa de entrenamiento, mientras que para los futbolistas el protocolo tuvo casi con certeza una incidencia positiva en los resultados. Este es un hallazgo muy importante puesto que el Back Squat representa un movimiento vertical de triple extensión de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo y se ha visto que guarda una estrecha relación con el rendimiento en pruebas de salto y sprint.¹⁶⁷

En el caso del Hip Thrust, los sujetos que formaban parte del grupo experimental mejoraron la velocidad media de ejecución de la prueba en relación

al grupo de control, aunque los incrementos experimentados por los jugadores (aumento de la velocidad en un 18%; tamaño del efecto = 0,65) fueron superiores a los logrados por las jugadoras (8%; tamaño del efecto = 0,51). Estos resultados infieren que la intervención tuviera un efecto muy probable en la mejora de la prestación de los futbolistas en este test y probable en el caso de las jugadoras. En este movimiento, la carga se dirige en el eje anterior-posterior por lo que la ejecución biomecánica del gesto se relaciona con actividades dentro del deporte que exigen una extensión de cadera y la producción de fuerza horizontal, tal y como sucede al esprintar.^{98,168}

Los resultados de la investigación actual sugieren que tanto el Back Squat como el Hip Thrust proporcionan un estímulo efectivo para aumentar la fuerza del tren inferior y variables específicas del deporte. De manera conjunta, la mejora del rendimiento en ambas pruebas en el grupo experimental podría ser explicado por el tipo de ejercicios empleados en el programa de activación neuromuscular, que respetaban el principio de especificidad en el entrenamiento.¹⁶⁹ Diversos estudios recientes han tratado de profundizar en esta relación entre los vectores de fuerza y la especificidad de los ejercicios durante las sesiones. Contreras *et al.*⁹⁶ observaron en jóvenes atletas (14-17 años) los efectos de seis semanas de entrenamiento con ejercicios de "Front Squat" (sentadilla sujetando la barra por delante del cuello, en lugar de por detrás como se hace en el Back Squat) y Hip Thrust. Estos autores revelaron que el "Front Squat" favorecía la mejora de la fuerza máxima en este mismo gesto de levantamiento (calculada sobre tres repeticiones máximas) y la altura de salto vertical. Por otro lado, el Hip Thrust se mostraba más efectivo para aumentar la prestación en la velocidad de carrera sobre 10 y 20 m y en la fuerza máxima sobre el propio Hip Thrust.

Hallazgos similares fueron reportados por González *et al.*⁹⁸ al estudiar a futbolistas adolescentes (15-17 años) sin experiencia previa en el trabajo de fuerza durante un programa de entrenamiento de siete semanas de duración en el que los jugadores se dividían en un grupo que practicaba el Back Squat, otro el Hip Thrust y un tercero que actuaba como grupo de control. Los beneficios de cada tipo de entrenamiento se asociaron al patrón motriz ejecutado, de manera que el grupo que trabajaba sobre el Hip Thrust mejoraba su velocidad de sprint sobre 10 y 20 m, mientras que el grupo que priorizaba el Back Squat obtenía mayores incrementos en la velocidad de ejecución de dicho gesto con una carga del 80% de una repetición máxima. Por último, en un estudio reciente llevado a cabo con jóvenes futbolistas de 15 años de edad de Estados Unidos, Miller *et al.*,⁹⁷ observaron mejoras similares tanto en el Back Squat como en el Hip Thrust en diversas variables físicas relacionadas con el rendimiento deportivo. Dado que la fuerza de tren inferior está positivamente relacionada con el rendimiento en el sprint,¹⁷⁰ es importante que los jóvenes atletas desarrollen unos fundamentos básicos de fuerza. Más aún, esto es fundamental en deportes de equipo como el fútbol, en los que el entrenamiento de los jóvenes se centra sobre todo en situaciones de juego y hay poco tiempo para abordar los componentes clave del rendimiento atlético a largo plazo.

De manera complementaria a la fuerza de base, los jóvenes futbolistas necesitan niveles de fuerza explosiva óptimos para poder llevar a cabo saltos, salidas, cambios de dirección, duelos o acciones de golpeo a portería durante los partidos. A pesar de que los saltos con contra-movimiento han sido ampliamente utilizados a lo largo de las últimas décadas para evaluar la capacidad de salto de los deportistas,¹⁷¹ son mucho menos frecuentes los estudios que han analizado el efecto de programas de entrenamiento sobre la generación de fuerza explosiva en jóvenes jugadores de fútbol.^{100,101}

Como consecuencia del período de intervención, los sujetos del grupo experimental aumentaron la altura de salto vertical de manera significativa, tanto en el caso de las futbolistas (7%; tamaño del efecto = 0,42) como en el de los jugadores (5%; tamaño del efecto = 0.39). En ambos casos, la intervención tuvo un efecto probable sobre la mejora del rendimiento en esta prueba. El efecto de diferentes protocolos de entrenamiento en la capacidad de salto ha mostrado resultados contradictorios en la literatura. Por un lado, Steffen *et al.*¹¹⁰ no hallaron mejoras tras la aplicación de una rutina preventiva de lesiones en un grupo de jugadoras adolescentes. Por el contrario, Ramírez-Campillo *et al.*⁹⁵ sí observaron un efecto positivo de un programa de entrenamiento sobre la capacidad de salto vertical, lo cual es consistente con los hallazgos del presente estudio. Así mismo, Loturco *et al.*¹⁴⁹ también demostraron la efectividad del entrenamiento basado en la pliometría para la mejora de las repuestas neuromecánicas en jóvenes futbolistas.

Donde no se hallaron diferencias significativas como consecuencia de la intervención fue en la capacidad de salto cuando las acciones se realizaron con resistencias externas de 5 y 10 kg. Es posible que los ejercicios empleados durante el protocolo neuromuscular no tuviesen el suficiente estímulo para producir mejoras sobre esta variable. Esto podría resultar ser una limitación del presente programa de entrenamiento, aunque similares conclusiones también fueron reportadas en otras investigaciones que han examinado el efecto de programas preventivos de lesiones.¹⁷²

En cualquier caso, como la mayoría de las acciones en el fútbol consisten en movimientos realizados de manera asimétrica en los que predomina la acción con una sola pierna, es esencial estudiar el efecto de la activación neuromuscular de las extremidades inferiores a nivel unilateral. Ambas muestras de futbolistas del grupo experimental vieron aumentada su capacidad de salto monopodal como

consecuencia de la intervención. En el caso de las jugadoras, los incrementos fueron del 10% en ambas piernas (tamaño del efecto de 0,46 para la pierna derecha y de 0,36 para la izquierda), mientras que para los jugadores los aumentos se cifraron en el 9% (tamaño del efecto de 0,43 y 0,44 para las piernas derecha e izquierda, respectivamente). La interpretación cualitativa de estos hallazgos revela efectos muy probables del entrenamiento sobre la capacidad de salto monopodal para los jugadores y probables para las jugadoras.

Como se indicó anteriormente, la mejora de la fuerza explosiva del tren inferior es de especial relevancia ya que podría tener una transferencia positiva a actividades específicas del deporte, lo que resulta de especial interés en las poblaciones de jóvenes futbolistas que habitualmente están menos expuestas a un entrenamiento específico orientado a la capacidad de producir fuerza de la manera más rápida posible. Reforzando esta idea, parece además aconsejable introducir este tipo de contenidos en el entrenamiento de futbolistas adolescentes puesto que es una cualidad física que guarda una estrecha relación con la edad cronológica del deportista.^{90,104} Incluso la aplicación de un único estímulo semanal orientado a la fuerza explosiva, combinado con entrenamiento específico de fútbol, podría ser suficiente para mejorar la prestación de esta capacidad física, tal y como verificaron Ramírez-Campillo *et al.*⁹⁵ en jugadoras de categoría amateur.

Estudios previos han demostrado que los desequilibrios entre la capacidad de generar fuerza explosiva, detectados en las pruebas de salto con una pierna, podría ser un factor que eleve el riesgo de lesión en los atletas.¹⁷³ Es por ello que se antoja fundamental incluir valoraciones unilaterales en los deportistas para poder anticipar cualquier asimetría o deficiencia, así como incluir en el entrenamiento contenidos de entrenamiento enfocados hacia la optimización del control neuromuscular monopodal. Esto resulta ser de especial trascendencia en las

jugadoras, puesto que la epidemiología de jóvenes féminas futbolistas advierte que pueden presentar un riesgo tres veces mayor de lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla que los jugadores de género masculino.¹⁷² Es por ello que el desarrollo del control motor de las extremidades inferiores podría ser un recurso añadido para la prevención de lesiones.

El estudio de la estabilidad dinámica y el equilibrio de los futbolistas a través de la prueba de Y-Balance reveló mejoras únicamente para las jugadoras, muy probables en el caso de la pierna derecha donde la marca mejoró un 7% (tamaño del efecto = 0,73), y posibles para la pierna izquierda en la que se registró un aumento del alcance de un 4% (tamaño del efecto = 0,39). La prestación en esta prueba se ha visto relacionada con un mejor equilibrio dinámico, control postural, control neuromuscular y flexibilidad de la extremidad inferior, que son factores que pueden influir en la prevención de lesiones.^{151,153-155} A pesar de esta diferencia en el tamaño del efecto al comparar los resultados, no se detectaron asimetrías al comparar los resultados de ambas piernas. El programa de entrenamiento incluyó una proporción idéntica de ejercicios unilaterales para ambas extremidades, por lo que parece difícil sugerir que el programa en sí mismo tuviese un efecto sobre las diferencias detectadas en los resultados de las dos piernas en la prueba de YB. Más aún, el hecho de que las mejoras de rendimiento en el salto CMJ fueron casi idénticas para ambas extremidades sugiere que la diferencia en el resultado entre las dos piernas no se debiese a la intervención.

Profundizando en los resultados de las jugadoras en esta prueba, los mayores incrementos del grupo experimental se observaron en la dirección anterior, que revelaron un efecto muy probable del programa de entrenamiento (tamaño del efecto = 0,87). Estudios previos también han reportado una distancia de alcance superior en la dirección anterior en futbolistas de género femenino en

relación a los masculinos.¹⁷⁴ Además, se ha demostrado que el rendimiento en la prueba en la dirección anterior también es sensible a la aplicación de programas de entrenamiento en jóvenes futbolistas.¹¹²

En conjunto, las mejoras en las variables de rendimiento en las pruebas de fuerza, salto y equilibrio sugieren un efecto positivo del programa de calentamiento neuromuscular en el grupo experimental en comparación con el grupo control. En el año 2009, la FIFA comenzó la divulgación de su programa "FIFA 11+" entre sus 209 asociaciones miembro con la finalidad de prevenir las lesiones. Diversos estudios han aplicado este protocolo para ver cómo afectaba al desarrollo de las capacidades físicas relacionadas con el rendimiento, habiéndose obtenido hasta la fecha resultados dispares. Por un parte, Kilding *et al.*,¹⁰⁷ Trajkovic' *et al.*¹⁰⁸ y Pardos-Mainer *et al.*¹⁰⁹ observaron beneficios tras la aplicación del protocolo "FIFA 11+" en muestras de niños y jugadoras adolescentes, que experimentaron mejoras en la capacidad de salto, velocidad, agilidad, equilibrio dinámico y reducción de las asimetrías en las extremidades inferiores como consecuencias de intervenciones que oscilaban entre las cuatro y diez semanas. Por el contrario, Steffen *et al.*¹¹⁰ no hallaron efectos positivos tras la aplicación del programa "FIFA 11+" durante diez semanas en jugadoras de entre 16 y 18 años.

En cuanto a la versión de este programa de entrenamiento desarrollada para jugadores de edades tempranas, el "FIFA 11+ Kids", los resultados sobre su contribución para la mejora de variables físicas arrojan también resultados contradictorios. Mientras que algunos estudios han reportado ligeros beneficios sobre la capacidad de salto, la agilidad o el control dinámico postural¹¹¹⁻¹¹⁴ existen también variadas referencias que no hallaron efectos beneficiosos tras la intervención en variables como el equilibrio, velocidad sobre 20 metros o la ejecución de elementos técnicos.¹¹¹⁻¹¹⁴

Por todo lo anterior, resulta complicada la comparación entre sí de los estudios debido al gran número de variables que pueden incidir en los resultados obtenidos, ya sea en relación al programa de entrenamiento en sí (contenidos, duración del bloque de ejercicios, frecuencia semanal, duración total del programa, etc.) o a los sujetos que componen la investigación (género, edad cronológica, edad biológica, experiencia previa en el entrenamiento, adhesión al programa, etc.). Las posibles diferencias halladas entre nuestro estudio y otros similares publicados en la literatura podrían deberse a que en nuestro caso propusimos el uso de un novedoso programa de activación que se centraba, principalmente, en la mejora del rendimiento físico. Por ello, el programa actual incluía más ejercicios de fuerza de base y ejercicios pliométricos, ya que este tipo de ejercicios podrían tener una mayor transferencia al rendimiento competitivo. De manera complementaria, estos ejercicios permitirían haber mejorado la flexibilidad dinámica de las participantes y aumentado la amplitud de movimiento de los miembros inferiores.

Además de la mejora del rendimiento físico a largo plazo, que como se ha visto es un objetivo fundamental en los jóvenes futbolistas, el presente protocolo de entrenamiento podría lograr un efecto de activación de cara a la sesión posterior, similar al que Bizzini *et al.*¹⁰⁵ mostraron tras aplicar en programa "FIFA 11+" en futbolistas de categoría amateur. Esta activación neuromuscular podría tener un efecto potenciador del rendimiento en la parte principal de la sesión y, de manera complementaria, intentar reducir el riesgo de sufrir una lesión, ya que los futbolistas estarían mejor preparados para afrontar las demandas del juego durante la fase central del entrenamiento.

Las lesiones en el fútbol son un motivo de enorme preocupación para todos los estamentos que rigen el deporte por el riesgo que suponen para la propia salud del deportista, los gastos económicos que pueden derivarse durante la

recuperación de las mismas y las desventajas deportivas que representan para los equipos que pierden futbolistas por episodios lesionales.^{175,176} Es por ello que la FIFA haya sido pionera en la investigación sobre este tema y haya diseñado los programas “FIFA 11”^{105,121,124,125} y “FIFA 11+”,^{122,126,127,129-131} que se han mostrado efectivos para reducir de manera general la tasa de lesiones en diversas poblaciones de futbolistas.

El fútbol base no está exento de estos riesgos elevados de lesión⁴ y, por lo tanto, resulta necesario indagar de qué manera se podrían reducir estos índices de infortunios. La aplicación del programa “FIFA 11+ Kids” ha ofrecido resultados esperanzadores, puesto que durante su proceso de validación se consiguió reducir en un 50% el número de lesiones graves en jóvenes jugadores de entre 7 y 12 años de edad.¹⁷⁵ El desarrollo de adaptaciones neuromusculares y la mejora del control motor de los jóvenes futbolistas es un aspecto esencial para optimizar sus habilidades básicas y la calidad del movimiento antes de llegar a la fase de la alta especialización deportiva.¹⁷⁷ Es por ello que la aplicación sistemática de protocolos de entrenamiento como el presentado en la investigación actual podría contribuir a reducir el riesgo de experimentar lesiones, por el carácter preventivo que se deriva del mismo.

De manera global, los resultados de esta investigación proporcionan evidencia que un programa de entrenamiento neuromuscular llevado a cabo durante un período de intervención de 12 semanas de duración puede ser efectivo para la mejora de diferentes variables físicas relacionadas con el rendimiento en jóvenes futbolistas. Se observaron mayores mejoras en la velocidad media de ejecución del Back Squat y del Hip Thrust, de la altura de salto en los CMJ realizados de manera bilateral y unilateral y de equilibrio dinámico (aunque solamente en las jugadoras) en el grupo experimental en relación al grupo de

control. Por otro lado, los efectos del programa en la altura de salto en el CMJ con cargas externas y en algunas direcciones del YB-test, sobre todo para los jugadores, no fueron claras. Estos hallazgos sugieren la importancia de diseñar programas de desarrollo neuromuscular y de fuerza en jóvenes futbolistas de ambos géneros que sirvan para complementar su actividad habitual específica del fútbol, tanto con objetivos de mejora del rendimiento como para la prevención de lesiones.

VII - CONCLUSIONES

VII - CONCLUSIONES

- 1.- La implementación de un programa de entrenamiento neuromuscular durante 12 semanas de duración se mostró efectivo para la mejora del rendimiento en jóvenes futbolistas de ambos géneros.
- 2.- La velocidad de ejecución de pruebas básicas de fuerza como el Back Squat y el Hip Thrust se vio incrementada en ambos géneros.
- 3.- El programa de entrenamiento manifestó un efecto positivo sobre la capacidad de salto bipodal y monopodal. No se apreciaron mejoras en la capacidad de salto bilateral con sobrecargas externas de 5 y 10 kg.
- 4.- Únicamente las jugadoras experimentaron una mejora en el equilibrio dinámico como consecuencia de la intervención.
- 5.- Sería interesante incluir un entrenamiento estructurado de fuerza de base y fuerza explosiva en jóvenes jugadores de ambos géneros que complemente la actividad específica de fútbol.
- 6.- El entrenamiento neuromuscular contribuye al desarrollo armónico de los futbolistas y, de manera indirecta, reduciría el riesgo de sufrir lesiones durante la práctica del fútbol.

VIII – LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

VIII – LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Son varias las limitaciones que se pueden reseñar sobre el presente trabajo experimental. En relación al protocolo de entrenamiento empleado, quizás el haber utilizado cargas más elevadas podría haber conllevado una mejora en las prestaciones físicas, en especial en la capacidad para realizar saltos con resistencias externas (5 y 10 kg). El hecho de haber llevado a cabo el trabajo con jóvenes jugadores sin experiencia en el entrenamiento de fuerza nos hizo ser precavidos en el planteamiento inicial y se optó por emplear cargas bajas en esta fase introductoria. Así mismo, la inclusión de un mayor número de ejercicios durante las sesiones podría haber incrementado el estímulo de entrenamiento, aunque, de nuevo, al tratarse de jugadores en formación no habituados a este tipo de contenidos de entrenamiento, dificultaba extenderse por un período mayor al estipulado en el programa de activación. Por ello, de cara al futuro, sería interesante conocer los efectos a más largo plazo de un entrenamiento secuencial de la fuerza y de la manifestación de la fuerza explosiva, pues consideramos que son capacidades fundamentales en el desarrollo de los jóvenes futbolistas.

Así mismo, otro aspecto interesante a analizar sería el estudio del efecto de esta intervención en otras variables relevantes del rendimiento en el fútbol, como la flexibilidad, la agilidad, el cambio de dirección y la velocidad. La limitación de medios para llevar a cabo el estudio (como células fotoeléctricas o sistemas de captura del movimiento) impidió indagar sobre este tipo de variables.

Otras limitaciones que podría presentar el estudio es no haber determinado cuál era la pierna dominante de los jugadores antes del comienzo de la investigación, ya que ésta podría ser un factor que podría haber afectado los resultados de las pruebas de YB. Por último, y en relación a las jugadoras, no se

tomó la referencia de las fases del ciclo menstrual, que representa un factor que puede afectar a las ganancias durante el entrenamiento de fuerza en las mujeres jóvenes.¹⁷⁸

En cuanto a las perspectivas futuras de profundizar en la investigación, es esencial destacar que las lesiones en el fútbol son de origen multi-factorial, por lo que se necesitan estudios complementarios y mayor cantidad de datos para indagar en la verdadera efectividad de los programas preventivos.¹³⁹ Este aspecto resulta ser de gran interés por lo que nos gustaría poder continuar investigando para examinar los efectos del presente programa de entrenamiento no sólo sobre las variables físicas que inciden en el rendimiento físico en el fútbol sino también sobre la ocurrencia de lesiones y sus posibles efectos preventivos de las mismas.

Quizás sea esta la principal línea de investigación a adoptar en el futuro, para indagar sobre la ocurrencia de lesiones durante la práctica del fútbol y como podrían prevenirse durante el entrenamiento. Debido al interés del tema, sería conveniente que las autoridades que gobiernan el fútbol a nivel local (gobiernos, federaciones regionales, mutualidades, etc.) fomentasen la investigación en este respecto. El desarrollo de una estrategia de aproximación más compleja al objeto de estudio, que englobe aspectos relativos a la mejora de la prestación competitiva al tiempo que reduzca el riesgo de sufrir una lesión, se convierte en una dirección de investigación prioritaria que se intentará abordar a lo largo de los próximos trabajos personales.

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IX – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FIFA. FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. FIFA Commun Div Inf Serv. 2007;31:1–12.
2. Kirkendall DT, Junge A, Dvorak J. Prevention of Football Injuries. *Asian J Sports Med.* 2010 20;1(2):81–92.
3. Hong F, Mangan JA. Soccer, women, sexual liberation: kicking off a new era. Londres: Frank Cass Publishers; 2004.
4. Rössler R, Donath L, Bizzini M, Faude O. A new injury prevention programme for children's football--FIFA 11+ Kids--can improve motor performance: a cluster-randomised controlled trial. *J Sports Sci.* 2016;34:549–56.
5. Seirul·lo, F. Entrenamiento estructurado en deportes equipo. En Seirul·lo, (editor). *El entrenamiento en los deportes de equipo.* Barcelona: Mastercede; 2017. p.17-39.
6. Haggglund M, Walden M, Ekstrand J. Lower reinjury rate with a coach-controlled rehabilitation program in amateur male soccer: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2007;35:1433–42.
7. Ekstrand J, Walden M, Haggglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA elite club injury study. *Br J Sports Med.* 2016;50(12):731–7.
8. Haggglund M, Walden M, Ekstrand J. Injury recurrence is lower at the highest professional football level than at national and amateur levels: does sports medicine and sports physiotherapy deliver? *Br J Sports Med.* 2016;50(12):751–8.
9. Rössler R, Donath L, Verhagen E, Junge A, Schweizer T, Faude O. Exercise-based injury prevention in child and adolescent sport: A systematic review and meta-analysis. *Sport Med.* 2014;44(12):1733–48.
10. Kolstrup LA, Koopmann KU, Nygaard UH, Nygaard RH, Agger P. Injuries during football tournaments in 45,000 children and adolescents. *Eur J Sport Sci.* 2016;16:1167–75.

11. Andersson HÅ, Randers MB, Heiner-Møller A, Krstrup P, Mohr M. Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *J Strength Cond Res.* 2010;24:912-9.
12. Krstrup P, Mohr M, Ellingsgaard H, Bangsbo J. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:1242-8.
13. Sarmiento H, Marcelino R, Anguera MT, Campaniço J, Matos N, Leitão JC. Match analysis in football: a systematic review. *Journal of Sports Science.* 2014;32:1831-43.
14. Reilly T, Thomas V. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies.* 1976;2:87-97.
15. Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F. Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sports Sciences.* 1991;16:110-6.
16. Mallo J, Navarro E. Physical load imposed on soccer players during small-sided training games. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 2008;48:166-71.
17. Randers MB, Mujika I, Hewitt A, Santisteban J, Bischoff R, Solano R, Zubillaga A, Peltola E, Krstrup P, Mohr M. Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *Journal of Sports Sciences.* 2010;28:2,171-82.
18. Mallo J. *Team sports training. The complexity model.* Londres & Nueva York: Routledge; 2020.
19. Pons E, García Calvo R, Resta R, Blanco H, López del Campo R, Díaz García J, Pulido JJ. A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *Plos One,* 2019 Aug 8;14(8):e0220729.
20. Scott D, Bradley P. *Physical analysis of the FIFA women's world cup France 2019.* FIFA. 2020.
21. Castagna C, D'Ottavio S, and Abt G. Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res.* 2003; 17:775-80.

22. Harley JA, Barnes CA, Portas M, Lovell R, Barrett S, Paul D, and Weston, M. Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. *J Sports Sci.* 2010;28:1391-7.
23. Barbero-Álvarez JC, Gómez López M, Barbero-Álvarez V, Granda J, Castagna C. Heart rate and activity profile for young female soccer players. *J Hum Sport Exerc.* 2008;3(2):1-11.
24. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med.* 2010;31:818-25.
25. Palucci Vieira LH, Carling C, Barbieri FA, Aquino R, Santiago PRP. Match Running Performance in Young Soccer Players: A Systematic Review. *Sports Med.* 2019;49:289–318.
26. Mohr M, Krustup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 2003;21:519-28.
27. Vescovi JD. Sprint profile of professional female soccer players during competitive matches: Female Athletes in Motion (FAiM) study. *J Sports Sci.* 2012;30:1259-65.
28. Impellizzeri FM, Rampinni E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci.* 2005;23:583–92.
29. Viru A, Viru M. Nature of training effects. En W Garret, D Kirkendall (editores). *Exercise and Sport Science.* Philadelphia: Lippincott Williams & Williams; 2000.p.67-95.
30. Bangsbo J. The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1994;619:1-155.
31. Billows D, Reilly T, George K. Physiological demands of match-play and training in elite adolescent footballers. En T Reilly, J Cabri, D Araujo (editores). *Science and football V.* Londres & Nueva York: Routledge; 2005.p.453-61.
32. Castagna C, Impellizzeri F, Cecchini E, Rampinini E, Barbero Alvarez JC. Effects of intermittent-endurance fitness on match-performance in young male soccer players. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1954-9.
33. Astrand PO. Endurance Sports. En RJ Shephard, PO Astrand (editores). *Endurance in sport.* Champaign, Illinois: Human Kinetics; 1992.p.8-34.

34. Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J. Muscle metabolites during a football match in relation to a decreased sprint ability. *J Sport Sci.* 2004;22:549.
35. Drawer S, Fuller CW. Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process. *Br J Sports Med.* 2002;36:446-51.
36. Hagglund M, Walden M, Magnusson H, Kristenson K, Bengtsson H, Ekstrand J. Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med.* 2013;47:738-42.
37. Ekstrand J. Keeping your top players on the pitch: the key to football medicine at a professional level. *Br J Sports Med.* 2013; 47:723-4.
38. Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Incidence, severity, a etiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med.* 1992;14:82-99.
39. Sprouse B, Alty J, Kemp S, Cowie X, Mehta R, Tang A, Morris J, Cooper S, Varley I. The Football Association injury and illness surveillance study: The incidence, burden and severity of injuries and illness in men's and women's international football. *Sports Med.* 2020;28:1-20.
40. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011;45:553-8.
41. Ekstrand J, Krustsch W, Spreco A, van Zoest W., Roberts C, Meyer T, Bengtsson H. Time before return to play for the most common injuries in professional football: A 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med.* 2020;54:421-6.
42. Giza E, Mithofer K, Farrell L, Zarins B, Gill T. Injuries in women's professional soccer. *Br J Sports Med.* 2005; 39:212-6.
43. Dick R, Putukian M, Agel J, Evans TA, Marshall SW. Descriptive epidemiology of collegiate women's soccer injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2002-2003. *J Athl Train.* 2007;42:278-5.
44. Crossley KM, Patternson BE; Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiplay BF. Making football safer for women: a systematic review and

- meta-analysis of injury prevention programmes in 17773 females football (soccer) players. *Sports Med.* 2020;54:1089-98.
45. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, Hagglund M, McCrory P, Meeuwisse WH. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports Med.* 2006;40:193-201
 46. Junge A, Dvorak J, Graf-Baumann T. Football injuries during the World Cup 2002. *Am J Sports Med.* 2004; 32(Suppl 1):23S–27S.
 47. Junge A, Dvorak J, Graf-Baumann T, Peterson L. Football injuries during FIFA tournaments and the Olympic Games, 1998–2001: development and implementation of an injury reporting system. *Am J Sports Med.* 2004;32(Suppl 1):80S–89S.
 48. Junge A, Dvorak J. Injuries in female football players in top-level international tournaments. *Br J Sports Med.* 2007;41(Suppl 1):i3–i7.
 49. Dvorak J, Junge A, Grimm K, Kirkendall D. Medical report from the 2006 FIFA World Cup Germany. *Br J Sports Med.* 2007;41:578–81.
 50. Junge A, Engebretsen L, Mountjoy ML, Alonso JM, Renstrom PA, Aubry MJ, Dvorak J. Sports injuries during the Summer Olympic Games 2008. *Am J Sports Med.* 2009; 37:2165–72.
 51. Engebretsen L, Steffen K, Alonso JM, Aubry M, Dvorak J, Junge A, Meeuwisse W, Mountjoy M, Renstrom P, Wilkinson M. Sports injuries and illnesses during the Winter Olympic Games 2010. *Br J Sports Med.* 2010;44:772–80.
 52. Junge A, Dvorak J. Injury surveillance in the World Football Tournaments 1998–2012. *Br J Sports Med.* 2013;47:782–8.
 53. Walden M, Hagglund M, Ekstrand J. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *Br J Sports Med.* 2005;39:542–6.
 54. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J. UEFA injury study – an injury audit of European Championships 2006 to 2008. *Br J Sports Med.* 2009;43:483–9.
 55. Larruskain J, Lekue JA, Diaz N, Odriozola A, Gil SM. A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. *Scand J Med Sci Sports.* 2018;28:237-45.

56. Dvorak J, Junge A, Derman W, Schweltnus M. Injuries illnesses of football players during the FIFA World Cup 2010. *Br J Sports Med.* 2011;45:626–30.
57. Theron N, Schweltnus M, Derman W, Dvorak J. Illness and injuries in elite football players – a prospective cohort study during the FIFA Confederations Cup 2009. *Clin J Sport Med.* 2013;23:379–83.
58. Cross KM, Gurka KK, Saliba S, Conaway M, Hertel J. Comparison of hamstring strain injury rates between male and female intercollegiate soccer athletes. *Am J Sports Med.* 2013;41:742-8.
59. Walden M, Hagglund M, Ekstrand J. The epidemiology of groin injury in senior football: a systematic review of prospective studies. *Br J Sports Med.* 2015;49:792-7.
60. Gaulrapp H, Becker A, Walther M, Hess H. Injuries in women's soccer: a 1-year all players prospective field study of the women's Bundesliga (German premier league). *Clin J Sport Med.* 2010;20:264-71.
61. Dvorak J, Junge A. Twenty years of the FIFA medical assessment and research centre: From “Medicine for Football” to “Football for Health.” *Br J Sports Med.* 2015;49:561–3.
62. Del Coso J, Herrero H, Salinero JJ. Injuries in Spanish female soccer players, *J Sport Health Sci.* 2018;7(2):183-90.
63. Faude O, Junge A, Kindermann W, Dvorak J. Risk factors for injuries in elite female soccer players. *Br J Sports Med.* 2006;40:785-90.
64. Grygorowicz M, Piontek T, Dudzinski W. Evaluation of functional limitations in female soccer players and their relationship with sports level—a cross sectional study. *PLoS One.* 2013;8:e66871.
65. Jacobson I, Tegner Y. Injuries among Swedish female elite football players: a prospective population study. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17:84–91.
66. Tegnander A, Olsen OE, Moholdt TT, Engebretsen L, Bahr R. Injuries in Norwegian female elite soccer: A prospective one-season cohort study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2008;16:194–8.
67. Pauzenberger L, Syre S, Schurz M. “Ligamentization” in hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of the literature and a glimpse into the future. *Arthroscopy.* 2013;29:1712–21.

68. Dvorak J, McCrory P, Kirkendall DT. Head injuries in the female football player: incidence, mechanisms, risk factors and management. *Br J Sports Med.* 2007;44:i44-i46.
69. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athletic Training.* 2013;48:810-7.
70. Jones S, Almousa S, Gibb A, et al. Injury Incidence, Prevalence and Severity in High-Level Male Youth Football: A Systematic Review. *Sports Med.* 2019; 49:1879–99.
71. Faude O, Rößler R, Junge A. Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention? *Sport Med,* 2013;43:819–37.
72. Schmidt-Olsen S, Jorgensen U, Kaalund S, Sorensen J. Injuries among young soccer players. *Am J Sports Med.* 1991;19:273–5.
73. Inklaar H, Bol E, Schmikli SL, Mosterd WL. Injuries in male soccer players: team risk analysis. *Int J Sports Med.* 1996;17:229–34.
74. Peterson L, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Dvorak J. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med.* 2000; 28(5 Suppl):S51–S57.
75. Malina RM, Morano PJ, Barron M, Miller SJ, Cumming SP, Kontos AP. Incidence and player risk factors for injury in youth football. *Clin J Sport Med.* 2006;16:214–22.
76. Junge A, Rosch D, Peterson L, Graf-Baumann T, Dvorak J. Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players. *Am J Sports Med.* 2002;30:652–9.
77. Pfirrmann D, Herbst M, Ingelfinger P, Simon P, Tug S. Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review. *J Athl Train.* 2016;51:410-24.
78. Steffen K, Andersen TE, Bahr R. Risk of injury on artificial turf and natural grass in young female football players. *Br J Sports Med.* 2007;41(Suppl 1):i33–i37.
79. Soderman K, Adolphson J, Lorentzon R, Alfredson H. Injuries in adolescent female players in European football: a prospective study over one outdoor soccer season. *Scand J Med Sci Sports.* 2001;11:299–304.

80. Emery CA, Meeuwisse WH, Hartmann SE. Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: implementation and validation of an injury surveillance system. *Am J Sports Med.* 2005;33:1882–91.
81. Le Gall F, Carling C, Reilly T. Injuries in young elite female soccer players: an 8-season prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36:276–84.
82. Soligard T, Grindem H, Bahr R, Andersen TE Are skilled players at greater risk of injury in female youth football? *Br J Sports Med.*2010; 44:1118–23.
83. Soligard T. Injuries in youth female football Risk factors, prevention and compliance. Oslo Sports Trauma Research Center & Department of Sports Medicine Norwegian School of Sport Sciences. 2011;157.
84. Hernández Esteban C. Técnica anatómica frente a técnica transtibial en la reconstrucción del LCA de la rodilla en pacientes futbolistas de alta demanda funcional. Universidad Autónoma de Madrid; 2015.
85. Hicheur H, Chauvin A, Chassot S, Chenevière X, Taube W. Effects of age on the soccer-specific cognitive-motor performance of elite young soccer players: Comparison between objective measurements and coaches' evaluation. *PLoS One.* 2017 Sep 27;12(9):e0185460.
86. Rebelo A, Brito J, Seabra A, Oliveira J, Krstrup P. Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(sup1):S148-S156.
87. Lesinski M, Prieske O, Borde R, Beurskens R, Granacher U. Effects of different footwear properties and surface instability on neuromuscular activity and kinematics during umping. *J Strength Cond Res.* 2018;32:3246-3257.
88. Balyi I, Higgs C, Way R. Long-term athlete development. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2013.
89. Oliver JL, Lloyd RS, Rumpf MC. Developing speed throughout childhood and adolescence: the role of growth, maturation and training. *Strength Cond J.*2013; 35:42-8.
90. Leite D, De Arruda M, Cossio-Bolaños MA. Assessment of the physical performance of young football players in terms of chronological age. *Apuntes. Educación Física y Deportes.* 2011;106:42-9.
91. Bosch F. Strength training and coordination: An integrative approach. Rotterdam: 2010 Publishers; 2015.

92. Tous J. Todo es fuerza. En F Seirulo (editor). El entrenamiento en los deportes de equipo. Barcelona: Mastercede; 2017.p.43-79.
93. Zwolski C, Quatman-Yates C, Paterno MV. Resistance training in youth: laying the foundation for injury prevention and physical literacy. *Sports Health*. 2017; 9:436-43.
94. Ramírez-Campillo R, Vergara M, Henríquez C, Martínez C, Alvarez C, Nakamura FY, De la Fuente CI, Caniuqueo A, Alonso AM, Izquierdo M. Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *J Sports Sci*. 2016;34:687–93.
95. Ramirez-Campillo R, García-Pinillos F, García-Ramos A, Yanci J, Gentil P, Chaabene H, Granacher U. Effects of different plyometric training frequencies on components of physical fitness in amateur female soccer players. *Front Physiol*. 2018;9:1–11.
96. Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, McMaster DT, Reyneke JHT, Cronin JB. Effects of a six-week hip thrust vs. front squat resistance training program on performance in adolescent males: a randomized controlled trial. *J Strength Cond Res*. 2017;31:999–1008.
97. Millar N, Colenso-Semple L, Lockie R, Galpin A. In-season hip thrust vs. back squat training in female high school soccer players. *Int J Exerc Sci*. 2020;13(4):49.
98. González-García J, Morencos E, Balsalobre-Fernández C, Cuéllar-Rayó Á, Romero-Moraleda B. Effects of 7-week hip thrust versus back squat resistance training on performance in adolescent female soccer players. *Sports*. 2019;7:80.
99. Ferrete C, Requena B, Suarez-Arrones L, de Villarreal ES. Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014;28:413-22.
100. Favero T, Jackson Stoll K. Seasonal improvements in VO₂max among women's college soccer players with one-day per week aerobic interval training. *Kinesiol Slov*. 2016;22(2):14-21.
101. Stock MS, Olinghouse KD, Drusch AS, Mota JA, Hernandez JM, Akalonu CC, Thompson BJ. Evidence of muscular adaptations within four weeks of barbell training in women. *Hum Mov Sci*. 2016;45:7–22.

102. Sedano Campo S, Matheu A, Redondo JC, Cuadrado G. Effects of plyometric training on explosive strength, acceleration capacity and kicking speed in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2011;51:50–8.
103. Di Giminiani R, Visca C. Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. *PLoS One*. 2017 Feb 13;12(2):e0171734.
104. Gerodimos V, Manou V, Ioakimidis P, Perkios S, Kellis S. Vertical jumping ability in elite young soccer players. *J Hum Mov Stud*. 2006;51:89–101.
105. Bizzini M, Junge A, Dvorak J. Implementation of the FIFA 11+ football warm up program: How to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *Br J Sports Med*. 2013;47:803–6.
106. Impellizzeri FM, Bizzini M, Dvorak J, Pellegrini B, Schena F, Junge A. Physiological and performance responses to the FIFA 11+ (part 2): A randomised controlled trial on the training effects. *J Sports Sci*. 2013;3:1491–1502.
107. Kilding AE, Tunstall H, Kuzmic D. Suitability of the FIFA’s “The 11” training programme for young football players – Impact on physical performance. *J Sports Sci Med*. 2008;7:320-6.
108. Trajković N, Gušić M, Molnar S, Mačak D, Madić DM, Bogataj Š. Short-term FIFA 11+ improves agility and jump performance in young soccer players. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:2017.
109. Pardos-Mainer E, Casajús, JA, Gonzalo-Skok O. Adolescent female soccer players’ soccer-specific warm-up effects on performance and inter-limb asymmetries. *Biol Sport*. 2019;36:199–207.
110. Steffen K, Bakka HM, Myklebust G, Bahr R. Performance aspects of an injury prevention program: A ten-week intervention in adolescent female football players. *Scand J Med Sci Sport*. 2008;18:596–604.
111. Gatterer AH, Lorenzi D, Ruedl G, Burtscher M. FIFA 11+ for the child soccer player. *Biol Sport*. 2018;35:155-8
112. Pomares-Noguera C, Ayala F, Robles-Palazón FJ, Alomoto-Burneo JF, López-Valenciano A, Elvira JLL, Hernández S, De Ste Croix M. Training effects of the FIFA 11+ Kids on physical performance in youth football players: a randomized control trial. *Front Pediatr*. 2018;6:40.

113. Zarei M, Abbasi H, Daneshjoo A, Gheitasi M, Johari K, Faude O, et al. The effect of the "11+ kids" program on the isokinetic strength of young football players. *Int J Sport Physiol Perform.* 2019;1-6.
114. Parsons JL, Carswell J, Nwoba IM, Stenberg H. Athlete perceptions and physical performance effects of the FIFA 11+ program in 9-11 year-old female soccer players: A cluster randomized trial. *Int J Sport Phys Ther.* 2019;14:740-52.
115. Yanci J, Iturri J, Castillo D, Pardeiro M, Nakamura FY. Influence of warm-up duration on perceived exertion and subsequent physical performance of soccer players. *Biol Sport.* 2019;36:125-31.
116. Renshaw A, Goodwin PC. Injury incidence in a Premier League youth soccer academy using the consensus statement: a prospective cohort study. *BMJ open Sport Exerc Med.* 2016; 2: e000132.
117. Ekstrand J, Roos H, Tropp H. Normal course of events amongst Swedish soccer players: an 8-year follow-up study. *Br J Sports Med.* 1990;24:117-9.
118. Radelet MA, Lephart SM, Rubinstein EN, Myers JB. Survey of the Injury Rate for Children in Community Sports. *Pediatrics.* 2002;110:e28.
119. Froholdt A, Olsen OE, Bahr R. Low risk of injuries among children playing organized soccer: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2009;37,1155-60.
120. Hubscher M, Zech A, Pfeifer K, Hansel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:413-21.
121. Junge A, Lamprecht M, Stamm H, Hasler H, Bizzini M, Tschopp M, et al. Countrywide campaign to prevent soccer injuries in Swiss amateur players. *Am J Sports Med.* 2011;39:57-63.
122. Steffen K, Meeuwisse WH, Romiti M, Kang J, McKay C, Bizzini M, Emery CA. Evaluation of how different implementation strategies of an injury prevention programme (FIFA 11+) impact team adherence and injury risk in Canadian female youth football players: a cluster-randomised trial. *Br J Sports Med.* 2013;47:480-7.
123. Ekstrand J, Gillquist J, Liljedahl SO. Prevention of soccer injuries. Supervision by doctor and physiotherapist. *Am J Sports Med.* 1983;11:116-20.

124. Bizzini M, Eiles M, Fulcher M, Haratian Z, Dvorak J. Injury prevention in football and the FIFA 11+. A model for international sports federations? *Aspetar Sports Med J.* 2016;5:42-49.
125. Dick RW, Goulet C, Gianotti S. Implementing Large-Scale Injury Prevention Programs. *Sport Inj Prev.* 2009;3:197–211.
126. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Garrett W Jr. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2005;33:1003-10.
127. Bizzini M, Dvorak J. FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review. *Br J Sports Med.* 2015;49:577–9.
128. Bizzini M, Junge A, Dvorak J. The “11+” Manual. A complete warm-up programme to prevent injuries. Zurich: FIFA Medical Assessment and Research Centre; 2011.
129. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *Br Med J.* 2008 Dec;337:a2469.
130. Owoeye OBA, Akinbo SRA, Tella BA, Olawale OA. Efficacy of the FIFA 11+ warm-up programme in male youth football: a cluster randomised controlled trial. *J Sports Sci Med.* 2014;13:321–8.
131. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, Inslar S, Bizzini M, Pohlig R et al. Efficacy of the FIFA 11+ injury prevention program in the collegiate male soccer player. *Am J Sports Med.* 2015; 43:2628-37.
132. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. Preventing injuries in female youth football - A cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sport.* 2008;18:605–14.
133. Rössler R, Verhagen E, Rommers N, Dvorak J, Junge A, Lichtenstein E, et al. Comparison of the '11+ kids' injury prevention programme and a regular warmup in children's football (soccer): a cost effectiveness analysis. *Br J Sport Med.* 2019;53:309-14.
134. Steffen K, Emery CA, Romiti M, Kang J, Bizzini M, Dvorak J, et al. High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+)

- improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: a cluster randomised trial. *Br J Sports Med.* 2013;47:794–802.
135. Whittaker JL, Emery CA. Impact of the FIFA 11+ on the structure of select muscles in adolescent female soccer players. *Phys Ther Sport.* 2015;16:228–35.
136. Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Carimati G, Volpi P. ACL injury in football: a literature overview of the prevention programs. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2016;6:473–9.
137. McCall A, Carling C, Nedelec M, Davison M, Le Gall F, Berthoin S, et al. Risk factors, testing and preventative strategies for non-contact injuries in professional football: current perceptions and practices of 44 teams from various premier leagues. *Br J Sports Med.* 2014;48:1352-7.
138. Romero-Moraleda B, Cuéllar A, González J, Bastida N, Echarri E, Gallardo J, Paredes V. Review risk factors and prevention programs of the anterior cruciate ligament injury in female football: prevention proposal. *RICYDE.* 2017;13:117-38.
139. Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiply BF. *Br J Sports Med.* 2020;54:1089-98.
140. García-Luna MA, Cortell-Tormo JM, García-Jaén M, Ortega-Navarro M, Tortosa-Martínez J. Acute effects of ACL injury-prevention warm-up and soccer-specific fatigue protocol on dynamic knee valgus in youth male soccer players. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:1–14.
141. Van Tiggelen D, Wickes S, Stevens V, Roosen P, Witvrouw E. Effective prevention of sports injuries: a model integrating efficacy, efficiency, compliance and risk-taking behaviour. *Br J Sports Med.* 2008;42:648-52.
142. Soligard T, Nilstad A, Steffen K, Myklebust G, Holme I, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *Br J Sports Med.* 2010;44:787–93.
143. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ.* 2010;340:c332.

144. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder J. International standards for anthropometric assessment. Vol. 137, Potchefstroom, South Africa, ISAK. 2011.
145. de Hoyo M, Gonzalo-Skok O, Sañudo B, Carrascal C, Plaza-Armas JR, Camacho Candil F, Otero C. Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 2016;30:368–77.
146. Balsalobre-Fernández C, Kuzdub M, Poveda-Ortiz P, del Campo-Vecino J. Validity and reliability of the PUSH wearable device to measure movement velocity During the back squat exercise. *J Strength Cond Res.* 2016;30:1968–74.
147. Prien A, Prinz B, Dvořák J, Junge A. Health problems in former elite female football players: Prevalence and risk factors. *Scand J Med Sci Sport.* 2017;27:1404–10.
148. Arcos AL, Yanci J, Mendiguchia J, Salinero JJ, Brughelli M, Castagna C. Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9:480–8.
149. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Zanetti V, Kitamura K, Abad CC, et al. Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *J Sports Sci.* 2015;33:2182–91.
150. Gonzalo-Skok O, Tous-Fajardo J, Valero-Campo C, Berzosa C, Bataller AV, Arjol-Serrano JL, Moras G, Méndez A. Eccentric-overload training in team-sport functional performance: constant bilateral vertical versus variable unilateral multidirectional movements. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12:951–8.
151. Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramirez-Campillo R, Balsalobre-Fernandez C, Martinez C, Caniuqueo A, Cañas R, Banzer W, Loturco I, Nakamura F, Izquierdo M. Intersession and intrasession reliability and validity of the My Jump app for measuring different jump actions in trained male and female athletes. *J Strength Cond Res* 2016;30:2049–56.

152. Balsalobre-Fernandez C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci.* 2015;33:1574–9.
153. 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. *N Am J Sports Phys Ther.* 2009;4:92–9.
154. 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;36:911–9.
155. Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, Hiller CE. Interrater reliability of the Star Excursion Balance Test. *J Athl Train.* 2013;48:621–6.
156. Cramer J, Quintero M, Rhinehart A, Rutherford C, Nasypany A, May J, et al. Exploration of score agreement on a modified upper quarter Y-balance test kit as compared to the upper quarter Y-balance test. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12:117–24.
157. Linek P, Sikora D, Wolny T, Saulicz E. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. *Musculoskelet Sci Pract.* 2017;31:72-75.
158. Miller MM, Trapp JL, Post EG, Trigsted SM, McGuine TA, Brooks MA, et al. The effects of specialization and sex on anterior Y-Balance performance in high school athletes. *Sports Health.* 2017;9:375-382.
159. Butler RJ, Southers C, Gorman PP, Kiesel KB, Plisky PJ. Differences in soccer players' dynamic balance across levels of competition. *J Athl Train.* 2012;47:616–20.
160. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Nueva York, EE.UU.: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
161. Batterham AM, Hopkins WG. Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Performance.* 2006;1:50–57.
162. Hopkins W, Marshall S, Batterham A, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:3-13.
163. Hopkins W. A Spreadsheet for deriving a confidence interval, mechanistic inference and clinical inference from a P value. *Sportscience.* 2007;11:16–20.
164. Hopkins W. A spreadsheet to compare means of two groups. *Sportscience.* 2007;11:22–24.

165. Hopkins W. How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience*. 2009;8:1-7.
166. Suarez-Arrones L, Tous-Fajardo J, Nunez J, Gonzalo-Skok O, Galvez J, Mendez-Villanueva A. Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9: 667–73.
167. Comfort P, Stewart A, Bloom L, Clarkson B. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014;28:173–7.
168. Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Morin JB, Samozino P, Edouard P, Alcaraz PE, Esparza F, Méndez A. Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scand J Med Sci Sport*. 2015;25:e621–9
169. Sánchez-Medina L, Perez CE, Gonzalez-Badillo JJ. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med*. 2010;31:123–9.
170. Seitz LB, Reyes A, Tran TT, de Villarreal ES, Haff GG. Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sport Med*. 2014;44:1693–702.
171. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med*. 2001;22:45–51.
172. Vescovi JD, VanHeest JL. Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:394–402.
173. Gomes Neto M, Conceicao CS, de Lima Brasileiro AJA, de Sousa CS, Carvalho VO, de Jesus FLA. Effects of the FIFA 11 training program on injury prevention and performance in football players: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2017;31:651-9.
174. Stiffler MR, Sanfilippo JL, Brooks MA, Heiderscheit BC. Star Excursion Balance Test performance varies by sport in healthy Division I collegiate athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015;45:772–80.
175. Rössler R, Junge A, Bizzini M, Verhagen E, Chomiak J, aus der Fünten K, Meyer T, Dvorak J, Lichtenstein E, Beaudouin F, Faude O. A multinational cluster randomised controlled trial to assess the efficacy of ‘11+ Kids’: a

- warm-up programme to prevent injuries in children's football. *Sports Med.* 2018;48:1493–504.
176. Hägglund M, Waldén M, Magnusson H, Kristenson K, Bengtsson H, Ekstrand J. Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med.* 2013.47:738-42.
177. Wormhoudt R, Savelsbergh GJP, Teunissen JW, Davids K. The athletic skills model. Optimizing talent through movement education. Routledge (Nueva York). 2018.
178. Sung E, Han A, Hinrichs T, Vorgerd M, Manchado C, Platen P. Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. *Springerplus.* 2014;3:1–10.

X - ANEXOS

Anexo 1. Información a los participantes y tutores sobre propósitos y objetivos del estudio, confidencialidad de los datos y beneficios y riesgos derivados del mismo

HOJA DE INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES

TÍTULO DEL ESTUDIO: Efectos de un programa neuromuscular en el rendimiento y frecuencia lesional en niños y niñas futbolistas entre los 10 y los 16 años de la Comunidad de Madrid

PROMOTOR: Real Federación de Fútbol de Madrid

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Blanca Romero Moraleda, José María Moya Morales.
Email: bromero@ucjc.edu

INTRODUCCIÓN

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar desde la Real Federación de Fútbol de Madrid. El estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de la Comunidad de Madrid, de acuerdo a la legislación vigente, el Real Decreto 223/2004, de 6 de febrero, por el que se regulan los ensayos clínicos aleatorizados. Nuestra intención es tan solo que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no participar en este estudio. Para ello lea esta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación. Además, puede consultar con las personas que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento en cualquier momento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO:

El estudio consiste en un ensayo clínico aleatorizado donde los participantes serán divididos en dos grupos: el grupo control que seguirá con la misma rutina de entrenamiento y el grupo intervención, los cuales realizarán durante las sesiones de 8 semanas un calentamiento estandarizado dirigido a la mejora de las variables neuromusculares de rendimiento y a la prevención de lesiones.

BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Los beneficios esperados de la intervención es el aumento de la fuerza, incidiendo en la mejora del salto, del perfil fuerza-velocidad, de la asimetría y de la capacidad propioceptiva.

No se han encontrado en la literatura científica riesgos derivados de la aplicación de un calentamiento estandarizado para la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones. Es baja la probabilidad de que aparezca dolor muscular de aparición tardía (DOMS), comúnmente conocidas como agujetas a las 24-48 horas de la primera sesión, debido al

aprendizaje de nuevos ejercicios. Pero es un efecto fisiológico, no patológico, que provoca adaptaciones en el organismo para mejorar el rendimiento.

Habrà una comunicaci3n constante con los investigadores para controlar la aparici3n de cualquier signo o sntoma derivado tanto del dolor muscular de aparici3n tardía como cualquier incidente que pudiera tener lugar.

SEGURO

La RFFM dispone de una p3liza de seguros que se ajusta a la legislaci3n vigente y que le proporcionará la compensaci3n e indemnizaci3n en caso de menoscabo de su salud o de lesiones que pudieran producirse en relaci3n con su participaci3n en el estudio.

CONFIDENCIALIDAD

El tratamiento, la comunicaci3n y la cesi3n de los datos de caràcter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de protecci3n de datos de caràcter personal. De acuerdo a lo que establece la legislaci3n mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificaci3n, oposici3n y cancelaci3n de datos, para lo cual deberá dirigirse a su m3dico del estudio.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un c3digo y solo su investigador del estudio/colaboradores podrán relacionar dichos datos con usted y con los resultados de su valoraci3n. Por lo tanto, su identidad no será revelada a persona alguna salvo excepciones, en caso de urgencia m3dica o requerimiento legal.

S3lo se transmitirán a terceros y a otros países los datos recogidos para el estudio que en ning3n caso contendrán informaci3n que le pueda identificar directamente, como nombre y apellidos, iniciales, direcci3n, n3 de la seguridad social, etc. En el caso de que se produzca esta cesi3n, será para los mismos fines del estudio descrito y garantizando la confidencialidad como m3nimo con el nivel de protecci3n de la legislaci3n vigente en nuestro país.

El acceso a su informaci3n personal quedará restringido al investigador principal del estudio/colaboradores, autoridades sanitarias (Agencia Espa3ola del Medicamento y Productos Sanitarios), al Comit3 Ético de Investigaci3n Clínica y personal autorizado por el promotor, cuando lo precisen para comprobar los datos y procedimientos del estudio, pero siempre manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislaci3n vigente.

COMPENSACI3N ECON3MICA

No procede.

OTRA INFORMACI3N RELEVANTE

Si usted decide retirar el consentimiento para participar en este estudio, ning3n dato nuevo será a3adido a la base de datos y, puede exigir la destrucci3n de todas las muestras identificables previamente retenidas para evitar la realizaci3n de nuevos análisis estadísticos.

También debe saber que puede ser excluido del estudio si el investigador o investigadores del estudio lo consideran oportuno, ya sea por motivos de seguridad, por cualquier acontecimiento adverso que se produzca por la intervención durante estudio o porque no realice el calentamiento estandarizado si pertenece al grupo intervención al menos el 80%. En cualquiera de los casos, usted recibirá una explicación adecuada del motivo que ha ocasionado su retirada del estudio

Al firmar la hoja de consentimiento adjunta, se compromete a cumplir con los procedimientos del estudio que se le han expuesto.

*Anexo 2. Consentimiento informado de los participantes***CONSENTIMIENTO INFORMADO POR ESCRITO**

Título del Proyecto de Investigación: Efectos de un programa neuromuscular en el rendimiento y frecuencia lesional en niños y niñas futbolistas entre lo 10 y los 16 años de la Comunidad de Madrid.

Promotor : **Real Federación de Fútbol de Madrid**

Yo (nombre y apellidos)

.....

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

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con:

.....

(nombre del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1º Cuando quiera

2º Sin tener que dar explicaciones.

3º Sin que esto repercuta en mi tratamiento.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

FIRMA DEL PARTICIPANTE Y TUTOR

FIRMA DEL INVESTIGADOR

FECHA :

FECHA :

Anexo 3. Comité ético de la UCAM



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:	“Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en el rendimiento y prevención de lesiones en jóvenes futbolistas”	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
Dr.	Francisco Esparza Ros	fesparza@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	08/05/2020	Código	CE042005
--------------	------------	---------------	----------

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 con seres humanos, psicológica o comportamental en humanos	X
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	X
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 4. Artículo de investigación publicado en el "Journal of Human Kinetics"



Journal of Human Kinetics volume 79/2021, 7-20 DOI: 10.2478/hukin-2021-0080
Section I – Kinesiology

7



Effects of a Neuromuscular Warm-Up Program in Youth Female Soccer Players

by

*Elena Isla¹, Blanca Romero-Moraleda², José María Moya², Francisco Esparza-Ros³,
Javier Mallo⁴*

The protective effects of different warm-up injury prevention routines in youth female soccer players have been demonstrated in the literature, however, there is a paucity of information regarding the effects that these kinds of programs have on soccer-specific physical performance variables. The purpose of this study was to assess the effectiveness of a 12-week neuromuscular warm-up program on physical performance in youth female soccer players. Players (age: 13.94 ± 0.82 years) were divided into two groups. One group performed a neuromuscular activation program (n = 21) twice per week whereas the other group (control, n = 17) continued with their habitual warm-up routine for the same duration. Both groups of players performed strength, jumping and balance tests before and after the intervention period. Substantially greater improvements were detected in the mean velocity for the squat (p < 0.001; Effect Size = 0.95) and the hip thrust (p < 0.001; Effect Size = 0.51) in the experimental group in comparison to the control group. In addition, after the intervention period players in the experimental group showed an increase in the jumping height in the unloaded double-leg and single-leg counter-movement jumps (p = 0.003-0.012; Effect Size = 0.42-0.46). The results of this study provide evidence that a 12-week neuromuscular warm-up program can be effective to improve different physical performance variables in youth female soccer players.

Key words: soccer, warm up, performance, fitness, injury prevention.

Introduction

The injury incidence in youth soccer has been proven to be high (Renshaw and Goodwin, 2016), which suggests the necessity to adopt specific interventions to deal with the increasing amount of injuries (Faude et al., 2013). Different warm-up training routines have been described and applied in varied populations of soccer players (Steffen et al., 2008). Among these, the FIFA 11+ program has been presented as a reference model effective to reduce the number of injuries in players above 14 years old (Bizzini and Dvorak, 2015).
However,

younger players can also be exposed to a high risk of sustaining injuries while playing soccer (Rössler et al., 2016), which suggests the importance of implementing injury prevention programs for players aged below 14 years old. Recently, the FIFA 11+ Kids program has been developed and applied in more than 4000 players aged between 7 and 12 years old, leading to a 50% reduction in the number of injuries in relation to control groups (Rössler and Faude, 2016).

Scientific research related to male players is abundant in the literature (Ekstrand et al., 2016),

¹ - Health Sciences PhD Program, Catholic University of Murcia, UCAM, Campus de los Jerónimos nº135, Guadalupe 30107, Murcia, Spain.

² - Department of Physical Education, Sport and Human Movement, Autonomous University of Madrid, UAM, 28049, Madrid, Spain.

³ - Chair of Sports Traumatology, Catholic University of Murcia, UCAM, Campus de los Jerónimos nº135, Guadalupe 30107, Murcia, Spain.

⁴ - Technical University of Madrid, UPM, 28040, Madrid, Spain.

Authors submitted their contribution to the article to the editorial board.
Accepted for printing in the Journal of Human Kinetics vol. 79/2021 in July 2021.

however, there are scarce investigations

players need to be adequately prepared to activate their sensorimotor system during the warm-up

which have examined the effectiveness of injury prevention strategies or physical training protocols in populations of young female participants. Female soccer is a physical demanding intermittent exercise with frequent periods of maximal intensity activities (Datson et al., 2014). It is in these intensive periods of the game when most of the injuries are sustained, during episodes that involve running, sprinting, changes of direction and/or kicking the ball (Grygorowicz et al., 2013). Complementarily, soccer players need a well-rounded athletic foundation to cope with the requirements of the game, combining different physical capacities such as muscular strength, explosive strength, balance or agility (Parsons et al., 2019). As the development of players is a long-term process, it is important to monitor the adaptations to the game demands at each critical stage in the life of youth players (Vescovi et al., 2011). In addition, the evaluation of the progress has to be age- and gender-specific, as it is impossible to extrapolate findings of the research based on top-class male players to populations of youth female players (Lesinski et al., 2017).

Therefore, it seems essential to investigate how training programs to enhance the physical performance of young female soccer players should be organized. Despite the importance that some physical capacities such as strength have when practicing a particular sports discipline, to our knowledge, very few studies have examined the effect which strength programs have on physical performance of female soccer players (Ramírez-Campillo et al., 2018) and how different strength exercises may influence performance variables (Contreras et al., 2017). The application of the FIFA 11+ prevention program has shown contradictory results on the improvement of performance capacities. On the one hand, Kilding et al. (2008) and Pardos-Mainer et al. (2019) reported increments in jumping abilities, dynamic balance and reductions in lower-limb asymmetries. On the other hand, Steffen et al. (2008) did not find performance effects after a ten-week intervention in youth female players.

As the improvement in lower-limb motor control is critical to develop complex movement patterns and technical skills (Oliver et al., 2013),

that precedes all training sessions and competitive matches. It would be expected that improving performance in selected neuromuscular variables could favor the acquisition of advanced coordinative and sport-specific skills, at the same time generating a protective effect on players, reducing the risk of sustaining non-contact injuries when playing the sport (Prien et al., 2017).

Thus, the aim of this study was to assess the effectiveness of a 12-week neuromuscular warm-up program on performance in selected strength, jumping and dynamic balance tests in youth female soccer players.

Methods

Participants

Forty-one female soccer players (age: 13.94 \pm 0.82 years; body height: 158.19 \pm 6.34 cm; body mass: 50.60 \pm 7.73 kg; body mass index: 19.76 \pm 4.04 kg·m⁻²) belonging to a Spanish First Division female soccer club academy squad participated in the study. Data collection took place during the second half of the 2016-2017 competitive season. All the players trained a minimum of two days (90 min per session) and played one match per week. Players were screened for injuries using a self-constructed questionnaire and the inclusion criterion to participate in the study was not to have any pathology or musculoskeletal injury which could affect performance in a direct way during the tests and training. In addition, participants had to attend to >85% of all training sessions to be included. Due to these requirements, 21 athletes remained in the Experimental Group (EG) and 17 athletes in the Control Group (CG) (Table 1). Participants and their tutors were informed about the purposes and objectives of the study, data confidentiality as well as the benefits and potential risks resulting from participation in the experiment. All the participants agreed to voluntarily take part in the study and signed an informed consent form before the beginning of the investigation, being allowed to change their decision or withdraw the consent at any time. The study was conformed to the recommendations of the Declaration of Helsinki and the protocol was approved by the Ethics Committee of Clinical Investigation from the Community of Madrid,

by Elena Isla et al.

9

according to the current legislation (Royal Decree 223/2004).

Design and Procedures

Using a controlled single-blinded randomized study design (<https://www.randomizer.org>), players from both teams were divided into a CG and a neuromuscular training EG. Figure 1 presents the study design. The Consolidated Standards of Reports Trials (CONSORT) statement (<http://www.consort-statement.org>) (Schultz et al., 2010) was used as a framework. Before and after the training period, strength (back squat, hip thrust), unilateral and bilateral vertical jumping capacity, and dynamic balance were assessed in both groups. Players in the CG continued with their habitual warm-up routine before the training sessions which consisted of a 5-min cardiovascular exercise (i.e., running around the field), a 5-min dynamic mobility part (i.e., exercises in lanes) and very basic technical drills for another five minutes (i.e., passing the ball in pairs). During the same starting phase of the session, players in the EG carried out a 15-min neuromuscular activation program (Table 2). The protocol of the experimental group started with a 3-min low-intensity run followed by a 6-min block consisting of dynamic mobility, basic jumping and coordination drills using speed ladders, with the final six minutes focused on fundamental strength development exercises alternated with jumping and high-intensity running drills. The speed ladder drills included in the actual protocol have been described by Padrón-Cabo et al. (2020) and were frequently used in youth soccer training. The training intervention was 12-week long during which players carried out the program twice per week.

Participants were familiarized with the testing procedure two weeks prior to the start of the study. All the tests were carried out in the same session, using an indoor facility, one week before and after the intervention period. Players wore athletic shoes during the strength and jumping tests, whereas they were barefoot for balance testing. All the tests were carried out >72 h after the last match or a hard physical training session.

All the players carried out the back squat (BS) and hip thrust (HT) tests to examine lower-body strength. The BS is a bi-lateral exercise where

the load is directed along the vertical axis

through a triple extension (hip-knee-ankle) moment. On the other hand, during the HT the load is directed along the anterior-posterior axis, using a bilateral hip extension moment starting from a bridge position. Both exercises can show an important transfer to team sports such as soccer, where it is necessary to apply vertical and horizontal forces during the game. During the BS, players started from a standing position, with the hips and knees fully extended, and a 10 kg barbell resting across the back at the level of the acromion which was held with a shoulder-width overhand grip. From this position, players had to descend in a continuous motion until reaching a 90° knee flexion and, from here, extend the knees and hips as fast as possible to reach the upright position. All the players were encouraged to perform the concentric phase of the movement in an explosive manner, at their maximal velocity as possible. The HT was performed lying face up on the floor, with flexed knees and the shoulders, back and feet on the ground. From this bridge position, with a 10 kg barbell resting across the hips which was held with a shoulder-width overhand grip, players were instructed to extend their hips as explosively as possible by pushing through the heels, until reaching full hip extension. In the final position the shoulders, hips and knees of players formed a straight line. Each test was repeated twice, with 45 s of passive recovery between repetitions, and the best score was recorded for further analysis. The average concentric velocity (in $m \cdot s^{-1}$) in both tests was examined with PUSH™ Band technology (PUSH Inc., Toronto, Canada). The participant wore the PUSH™ Band on the dominant forearm, with the hand supinated, in top of the ulna, 1-2 cm distal to the elbow and with the main button located proximally according to the manufacturer's instructions (Balsalobre-Fernández et al., 2016). This wearable device consists of a three-axis accelerometer working at a sampling rate of 200 Hz. A Butterworth filter was used to smooth the acceleration data and the vertical velocity was calculated by integrating the vertical acceleration with respect to time. The mean velocity of the movement was calculated by averaging all the instantaneous velocities registered during the concentric phase of the movement. All data obtained with the PUSH™ Band was recorded in the iPhone PUSH app

10
v.1.10.4. Balsalobre-Fernández et al. (2016) *Effects of a neuromuscular warm-up program in youth female soccer players*
correlation with CMJ height calculated with a force plate (r = 0.995; ICC =

examined the validity and reliability of this accelerometer showing a very high relationship with the mean velocity calculated with a linear velocity transducer ($r = 0.85$; standard error of estimate = $0.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; intraclass correlation coefficient (ICC) = 0.907). In addition, those authors reported acceptable test-retest reliability values (ICC = 0.981 ; coefficient of variation (CV) = 5.0%) for this wearable device.

Lower limb bilateral and unilateral explosive power was assessed using different types of vertical countermovement jumps (CMJ). For the first CMJ, players started from a standing position with their hands on the hips. From here, players self-selected the depth of the knee flexion and, without stopping the movement, were encouraged to jump as high as possible. Each trial was validated by a visual inspection to ensure that the landing was without any knee flexion. After this test, players carried out the CMJ with external loads of 5 and 10 kg (CMJ-5 and CMJ-10, respectively). The procedure to carry out these jumps was the same as for the CMJ, but in this case players held a 5 and 10 kg disc close to their chest with their hands, respectively. Finally, players carried out a single-leg CMJ with the right and left leg (CMJ-R and CMJ-L, respectively). Participants started solely on the designated leg and maintained the hands on the hips during the jump. They could self-select the depth of the knee flexion and then jumped as high as possible, ensuring that the landing was without any leg flexion. Any kind of technical failure or leg swing of the opposite leg during the execution resulted in an invalid jump. Each jumping test was repeated three times, separated by 45 s of passive recovery, and the best jump was recorded and used for further analysis (Loturco et al., 2015). There was a three minute recovery period between each of the five jumping tests. Jumping height, reported in cm, was calculated with the MyJump2® iOSApp, installed on an iPhone 6 running iOS 11.1.1. This application measures the flight time of a jump by identifying the take-off and landing frames in a high-speed camera which records the movement at a 240 frames per second rate. A previous study (Balsalobre-Fernández et al., 2015) has examined the validity of this device for the calculation of jumping height, showing an almost perfect

0.997) and good reliability (ICC = 0.999 ; CV = $3.4\text{--}3.6\%$).

Finally, players carried out the Y-balance test (YB), a reliable and valid modification of the star execution balance test (Plisky et al., 2009). The YB examines the dynamic stability and balance of participants at the same time requiring neuromuscular control, strength and flexibility (Plisky et al., 2009). All the measurements were carried out with the Octobalance System (Check Your Motion, Albacete, Spain). The system consists of a central platform and three-cylinder plastic bars pointing at different directions (120° between them). Players started standing on one foot on the centralized platform and, without lifting the heels and with hands on the hips, had to push the measuring device with the opposite foot as far as possible. The exercise was repeated moving the leg in three different directions: anterior (YBA), posterolateral (YBPL) and posteromedial (YBPM). Once the three directions were completed, the exercise was repeated with the opposite leg. When participants committed an error during the trial (i.e., losing balance, lifting the heel or the toe) it resulted in an invalid attempt. Each exercise was repeated three times with each leg, with a 10 s passive recovery between them, and the mean distance achieved in each direction was recorded for further analysis (Pardos-Mainer et al., 2019). Before the commencement of the test, each participant was allowed six practice trials before collecting the data. In addition, the leg length of each participant was measured from the anterior superior iliac spine to the medial malleolus. The final score of the test for each leg (YB-R and YB-L for the right and left leg, respectively) was calculated by normalizing the reach distance in each direction to the limb length. The sum of the three normalized reach distances was then averaged and multiplied by 100.

Statistical Analysis

Data are presented as mean \pm standard deviation (SD). Statistical significance was inferred from $p < 0.05$. All data were log-transformed for analysis to reduce bias arising from non-uniformity error and were back transformed for presentation purposes. Normality and equal variance (homoscedasticity) assumptions were

by Elena Isla et al.

11

checked with the Shapiro-Wilk and Levene's tests, respectively. A 2 (Groups;

10.1;46.5]) with chances for better/similar/lower values of 98/2/0%,

Control, Experimental) x 2 (Time; pre, post) repeated measures of analysis of variance (ANOVA) was used to detect between-group differences in all variables. Post-hoc tests with Bonferroni-adjusted α were conducted to identify comparisons that were statistically significant. The standardized difference or effect size (ES, 90% confidence limit (CL)) in the selected variables was calculated using the pooled SD. Threshold values for Cohen ES statistics were 0.20, 0.50 and 0.80 for small, medium and large ES, respectively (Cohen, 1988). For within-group comparisons, the chances that the differences in performance were better/greater [i.e., greater than the smallest worthwhile change (0.2 multiplied by the between-subject standard deviation, based on Cohen's *d* principle)], similar, or worse/smaller were calculated. Qualitative chances (QC) of beneficial/better, similar/trivial or detrimental/poorer effect were assessed qualitatively as follows: <1%, almost certainly not; 1 to 5%, very unlikely; 5 to 25%, unlikely; 25 to 75%, possibly; 75 to 95%, likely; 95 to 99%, very likely; and >99%, almost certainly (Hopkins, 2007). If the chances of having beneficial/better and detrimental/poorer performances were both >5%, the true difference was assessed as unclear. Otherwise, we interpreted that change as the observed chance. The ICC and CV were calculated in all the tests as measures of reliability and ranged from 0.81 to 0.92 and from 2.4 to 5.9%, respectively. An ICC >0.70 and a CV <10% were considered acceptable for clinical use (Baumgartner and Chung, 2001; Bradshaw et al., 2010). Statistical analyses were performed with SPSS for Mac (Version 21.0; SPSS Inc, Chicago, IL).

Results

Related changes and qualitative outcomes resulting from the within-group analysis are shown in Tables 3 and 4 for the control and experimental group, respectively. Results from between-groups analyses are illustrated in Figure 2.

For the squat test, the repeated measures ANOVA revealed a significant group x time interaction ($p = 0.001$). Post-hoc analysis revealed significant pre- to post-improvements in the EG compared with the CG ($p = 0.000$; $\Delta 27.0\%$ [90% CL:

respectively. In terms of the hip thrust, no main group x time interaction was observed ($p = 0.064$), although the post-hoc analyses revealed an improvement in the EG ($p = 0.000$; $\Delta 8.3\%$ [90% CL: -0.7;18.1]), with chances for beneficial/similar/lower values in comparison to the CG of 83/15/2%, respectively.

A significant group x time interaction was detected in the CMJ ($p = 0.027$). The EG showed a greater improvement in jumping height than the CG ($p = 0.010$; $\Delta 7.1\%$ [90% CL: 2.1;12.3]), with chances for better/similar/lower jumping height of 90/10/0%, respectively. There were no group x time interactions in the unilateral CMJ (right leg, $p = 0.306$; left leg, $p = 0.089$). However, the EG showed improved performance in both tests in comparison to the CG (right leg, $p = 0.012$; $\Delta 10.4\%$ [90% CL: -0.3;22.4]; left leg, $p = 0.003$; $\Delta 10.1\%$ [90% CL: -0.3;21.6]), with chances for beneficial/similar/lower values of 82/17/1% for the right leg and of 77/22/1% for the left leg, respectively. No main effects were detected for the loaded CMJ tests in both groups.

A significant group x time interaction was revealed in the anterior reach for the right leg ($p = 0.014$). Post-hoc analysis showed significant pre-post-improvements in the EG compared with the CG ($p = 0.016$; $\Delta 10.0\%$ [90% CL: 3.1;17.4.]) with chances for better/similar/lower values of 97/3/0%, respectively. There were no significant group x time interactions for the measurements in all the other directions (YBPL-R, $p = 0.263$; YBPM-R, $p = 0.154$; YBA-L, $p = 0.130$; YBPL-L, $p = 0.452$; YBPM-L, $p = 0.635$). The total score for the right leg showed a significant group x interaction ($p = 0.018$). The EG increased their reach in comparison to the CG by 6.7% [90% CL: 2.0;11.6] ($p = 0.021$) with chances for beneficial/similar/lower values of 96/4/0%, respectively. On the other hand, YB-L did not revealed any group x time interaction ($p = 0.230$), even though the EG showed greater scores than the CG ($p = 0.288$; $\Delta 4.3\%$ [90% CL: -2.4;11.4]).

Table 1

Descriptive data of the participants (mean \pm SD).				
	Age (years)	Body height (cm)	Body mass (kg)	BMI* (kg·m ⁻²)
Experimental Group (n = 21)	13.88 \pm 0.82	158.50 \pm 7.25	50.92 \pm 7.96	19.27 \pm 4.98
Control Group (n = 17)	14.02 \pm 0.75	157.80 \pm 5.20	50.75 \pm 7.50	20.31 \pm 2.44

Note: *BMI: Body Mass Index

Table 2

Neuromuscular warm-up program during the experimental period.

	Duration
Part I	3 min
Low-intensity running	
Part II (ladder drills are performed twice)	6 min
Body weight squat x2 ¹ + "Two feet in the hole" in ladder + Single leg dead lift x2/2 ²	
Frontal lunge x1/1 + "Two feet in two feet out" in ladder + Pyramid plank walks x4	
Lateral lunge x1/1 + "Ickey shuffle" in ladder + Bound and hold on one leg x2/2	
"Double leg jumps: Two feet in two feet out into squat" in ladder + Hops x4/4	
"Diagonal in and out hops" in ladder (switching legs at the middle) + Ball interception gesture x2/2	
Part III (each exercise performed three times)	6 min
Squat (with 5 kg disc) x8 + 20 m bounding strides	
Frontal lunge (with 5 kg disc) x4/4 + 20 m sprint with two 45° changes of direction	
Continuous CMJ (with 5 kg disc) x6 + 10 m straight line sprint	
Single leg bridge (with 5 kg disc) x4/4 + 5 m lateral shuffle + 10 m straight line sprint	

Note: ¹ Number of repetitions of double-leg exercises; ² Number of repetitions with each leg in single leg exercises; CMJ: Counter-Movement Jump.

Table 3

Changes for the control group before and after the intervention period (mean \pm SD).

Variable	Pre-test	Post-test	% Change (90%CL)	Standardized (CL) ¹	Chances ²	QA
BS (m·s ⁻¹)	0.76 \pm 0.16	0.80 \pm 0.13	6.3 (-6.5-20.8)	0.26 (-0.28-0.79)	57/35/8	Unclear
HT (m·s ⁻¹)	0.68 \pm 0.12	0.70 \pm 0.12	3.5 (-4.4-12.1)	0.18 (-0.23-0.59)	47/47/6	Unclear
CMJ (cm)	23.25 \pm 3.03	22.88 \pm 2.92	-1.6 (-5.3-2.3)	-0.11(-0.38-0.16)	3/69/28	Unclear
CMJ-5 (cm)	19.9 \pm 3.06	20.40 \pm 3.93	1.4 (-9.20-13.3)	0.08 (-0.57-0.73)	38/40/22	Unclear
CMJ-10 (cm)	17.92 \pm 2.33	18.17 \pm 3.30	0.4 (-7.7-9.3)	0.03 (-0.56-0.62)	31/44/25	Unclear
CMJ-R (cm)	12.21 \pm 2.11	12.29 \pm 2.37	0.4 (-5.7-6.9)	0.01 (-0.19-0.21)	6/90/4	Unclear
CMJ-L (cm)	11.40 \pm 2.61	11.81 \pm 2.62	3.7 (-4.0-12.1)	0.16 (-0.17-0.49)	41/55/4	Unclear
YBF-R (cm)	56.89 \pm 6.59	56.67 \pm 4.54	-0.1 (-4.8-4.8)	-0.01 (-0.41-0.39)	19/60/21	Unclear
YBPL-R (cm)	59.22 \pm 7.19	60.44 \pm 5.15	2.4 (-4.1-9.4)	0.18 (-0.32-0.61)	48/42/10	Unclear
YBPM-R (cm)	58.28 \pm 5.35	60.03 \pm 3.88	3.2 (-1.1-7.6)	0.34 (-0.11-0.79)	70/27/3	Possibly
YBF-L (cm)	57.13 \pm 5.42	58.34 \pm 4.46	2.2 (-2.0-6.7)	0.23 (-0.21-0.67)	55/40/5	Unclear
YBPL-L (cm)	59.98 \pm 6.80	61.69 \pm 5.51	3.1 (-3.6-10.2)	0.25 (-0.31-0.82)	57/34/9	Unclear
YBPM-L (cm)	57.23 \pm 6.94	58.63 \pm 7.51	2.3 (-5.5-10.8)	0.18 (-0.45-0.81)	48/37/15	Unclear
YB-R (cm)	73.11 \pm 6.58	73.51 \pm 5.19	0.7 (-2.9-4.4)	0.07 (-0.31-0.46)	29/69/12	Unclear
YB-L (cm)	73.20 \pm 7.61	74.14 \pm 7.07	1.3 (-4.3-7.3)	0.13 (-0.41-0.66)	41/44/15	Unclear

Note: ¹ES: pre-post within-group Cohen d effect size; ² Percentage chance of having better/similar/poorer values; CL: Confidence Limits; QA: Qualitative Assessment; BS: Back Squat; HT: Hip Thrust; CMJ: Counter Movement Jump; YB: Y-Balance; YBF: Y-Balance Frontal; YBPL: Y-Balance Postero Lateral; YBPM: Y-Balance Postero Medial; R: Right leg; L: Left leg.

by Elena Isla et al.

13

Table 4
Changes for the experimental group before and after the intervention period (mean ± SD).

Variable	Pre-test	Post-test	Change % (90%CL)	Standardized (CL) ¹	Chances ²	QA
BS (m·s ⁻¹)	0.75±0.16	1.00±0.15 [§]	35.0 (25.9-44.8)	1.19 (0.91-1.47)	100/0/0	Almost certainly
HT (m·s ⁻¹)	0.69±0.08	0.78±0.12 [§]	12.1 (7.9-16.5)	0.91 (0.61-1.21)	100/0/0	Almost certainly
CMJ (cm)	23.84±4.07	25.10±4.17 [*]	5.4 (2.2-8.7)	0.30 (0.12-0.47)	83/17/0	Likely
CMJ-5 (cm)	21.61±3.94	21.75±3.46	1.0 (-3.7-5.9)	0.05 (-0.20-0.30)	16/79/5	Likely Trivial
CMJ-10 (cm)	19.77±3.80	20.25±3.76	2.7 (-1.3-6.9)	0.13 (-0.07-0.33)	29/71/0	Unclear
CMJ-R (cm)	12.19±2.61	13.58±2.81 [*]	11.8 (4.7-19.2)	0.47 (0.20-0.75)	95/5/0	Likely
CMJ-L (cm)	12.16±3.41	13.83±3.53 [†]	14.2 (6.9-22.1)	0.47 (0.24-0.71)	97/3/0	Very Likely
YBF-R (cm)	56.07±6.55	61.36±4.61 [†]	9.9 (-4.8-4.8)	0.73 (0.37-1.08)	99/1/0	Very Likely
YBPL-R (cm)	58.82±6.84	63.25±6.34	7.7 (4.0-11.5)	0.61 (0.32-0.89)	99/1/0	Very Likely
YBPM-R (cm)	58.48±8.83	62.95±8.07	8.0 (4.2-11.9)	0.49 (0.27-0.72)	98/2/0	Very Likely
YBF-L (cm)	57.27±4.11	61.70±5.86	7.5 (3.7-11.5)	0.98 (0.49-11.47)	99/1/0	Very Likely
YBPL-L (cm)	62.05±8.76	65.82±7.39	6.5 (2.1-11.2)	0.39 (0.13-0.66)	89/11/0	Likely
YBPM-L (cm)	57.43±9.52	60.98±9.65	6.3 (-1.2-14.3)	0.34 (-0.07-0.74)	72/26/2	Possibly
YB-R (cm)	71.58±6.88	76.81±6.46	7.4 (4.4-10.5)	0.71 (0.43-0.99)	100/0/0	Almost certainly
YB-L (cm)	73.09±7.94	71.27±8.71	5.7 (2.0-9.5)	0.48 (0.17-0.80)	93/7/0	Likely

Note: ¹ES: pre-post within-group Cohen d effect size. ² Percentage chance of having better/similar/poorer values; [†]Significant difference (p < 0.05) between pre- and post-test; ^{*}Significant difference (p < 0.01) between pre- and post-test; ^{††}Significant difference (p < 0.001) between pre- and post-test; CL: Confidence Limits; QA: Qualitative Assessment; BS: Back Squat; HT: Hip Thrust; CMJ: Counter Movement Jump; YB: Y-Balance; YBF: Y-Balance Frontal; YBPL: Y-Balance Postero Lateral; YBPM: Y-Balance Postero Medial; R: Right leg; L: Left leg.

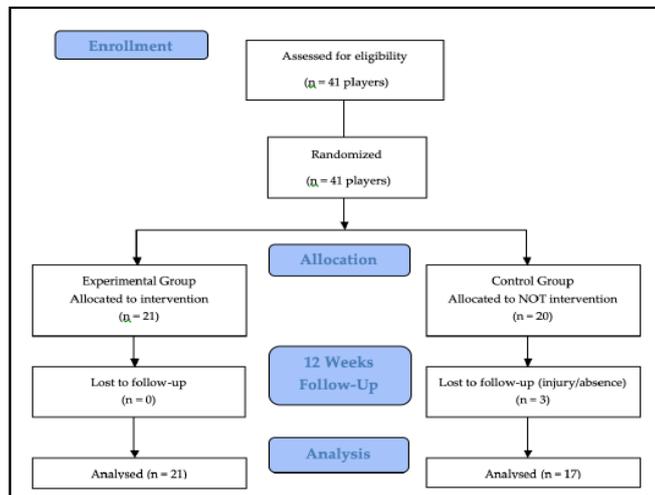


Figure 1
Flow diagram of participants and the study design (CONSORT 2010 Flow Diagram).

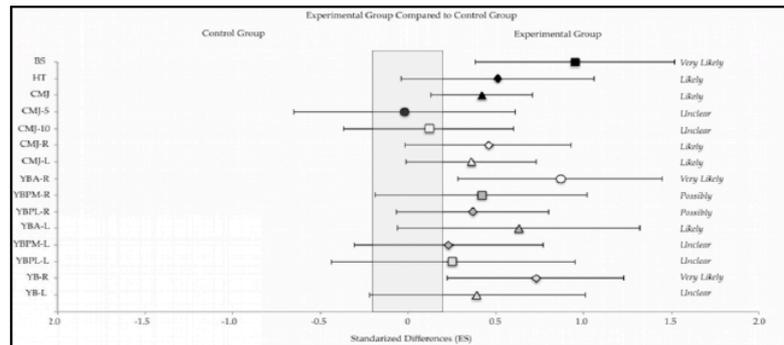


Figure 2

Efficiency of the warm-up program in the experimental group in comparison with the control group to improve strength, jumping and balance variables.

Note: Bars indicate uncertainty in the true mean changes with 90% confidence intervals. Trivial areas were calculated from the smallest worthwhile change. BS: Back Squat; HT: Hip Thrust. CMJ: Counter Movement Jump; YB: Y-Balance; YBF: Y-Balance Frontal; YBPL: Y-Balance Postero Lateral; YBPM: Y-Balance Postero Medial; R: Right leg; L: Left leg.

Discussion

In this study we aimed to assess the effects of a 12-week neuromuscular warm-up program on performance in selected physical tests in youth female soccer players. Participants in the EG showed improvements in the speed of execution of the BS and the HT, increased their jumping height in the bilateral and unilateral unloaded CMJ and achieved better scores in the YB test in comparison to players who continued with their habitual warm-up routine. As these variables can influence physical performance in soccer, the adoption of this type of specific activation protocols could be an important complementary tool for this population of female athletes.

Soccer players must perform maximal-intensity actions in the course of a competitive game and, thus, it is essential for them to develop the capacity of producing and applying forces in the vertical and horizontal axis. The current neuromuscular warm-up program resulted in improvements in the mean velocity during the BS

(very likely; ES = 0.95), which is a movement pattern that closely influences performance in jumping and sprinting activities (Comfort et al., 2014). In the HT, players also showed an important adaptation as a consequence of the intervention period, as the EG increased the mean velocity when executing this movement in comparison to the CG (likely; ES = 0.51). The biomechanical execution of the HT is related to activities inside the sport that require hip extension and the production of horizontal force, as it happens during sprinting. Our findings are in agreement with previous investigations which have suggested that both the BS and HT provide an effective stimulus to improve lower body strength and sport-specific variables (Contreras et al., 2017). Altogether, the enhancement of performance in both tests in the EG could be explained by the kind of exercises employed in the neuromuscular warm-up program, which respected the principle of training specificity. Recent research has also shown the effectiveness of plyometric-based

by Elena Isla et al.

15

training routines in the neuromechanical responses of youth soccer

strength-oriented specific training. Previous studies have shown that lower-limb

players (Loturco et al., 2015). As lower-body strength is positively related to sprint performance (Seitz et al., 2014), it is important for youth athletes to develop fundamental strength. Moreover, this is critical in team sports such as soccer, where youth training is mostly focused on game-based situations and there is little time to address the key components of long-term athletic performance.

Complementarily to foundational strength, young female players need optimal levels of explosive strength to carry out jumps, duels or shooting on goals during the matches. Countermovement jumps have been extensively used over the last decades to assess jumping ability in soccer players (Cometti et al., 2001). As a consequence of the intervention period, players in the EG increased their vertical jump performance by 7% (likely; ES = 0.42). The effect of different training protocols on jumping ability has shown contradictory results in the literature. On the one hand, Steffen et al. (2008) did not find improvements after the application of an injury prevention routine in adolescent female players. On the other hand, Ramirez-Campillo et al. (2018) showed positive effects of a training program in this variable, which is consistent with the findings of the present study. During the present investigation we did not find increments in jumping height when CMJ testing was carried out with additional weights (5 and 10 kg). It is possible that exercises employed during the neuromuscular protocol lacked the sufficient stimuli to produce enhancements in this variable, which is a major shortcoming also found in other investigations which have assessed the effect of injury prevention programs (Crossley et al., 2020; Vescovi and VanHeest, 2010). Nevertheless, as most of the activities during soccer consist of single-leg movements, it is essential to study the effect of neuromuscular activation on unilateral lower-limb activities. The results in both single-leg CMJs revealed positive adaptations (likely; ES = 0.46 and ES = 0.36 for the right and left leg, respectively), which could have a relevant transfer to soccer-specific activities such as accelerating-decelerating, changing the direction or kicking the ball. This is of special interest in populations of youth female soccer players, who are habitually less exposed to

asymmetries detected by single-leg hop tests constitute severe risk factors for female athletes (Gomes Neto et al., 2017; Pappas and Carpes, 2012). Hence, the improvement of single-leg neuromuscular control could be an important injury-prevention strategy, as the epidemiology of female soccer players reveals a 3-higher risk of sustaining anterior cruciate ligament injuries than that of their male counterparts (Vescovi and VanHeest, 2010).

Players in the EG showed almost certain and likely improvements in the overall score in the Y-balance test with the right and left limb, respectively, after the intervention period. This test has been related with better dynamic balance, postural control and neuromuscular control of the lower extremity, which are factors that can influence the prevention of injuries (Gallardo-Fuentes et al., 2016). Going deeper into the results of this test, the greater increases were exhibited in the anterior direction. Previous studies have reported improved anterior reach distance among female soccer players in comparison to male participants (Stiffler et al., 2015). Additionally, performance in the YB-A test has also been shown to be sensitive to the implementation of training programs in youth players (Pomares-Noguera et al., 2018).

Altogether, improvements in performance variables in the strength, jumping and balance tests suggest a positive effect of the neuromuscular warm-up program in the EG in comparison to the CG. During the last years, FIFA has developed the 11+ and 11+ Kids programs which have been applied in a variety of populations and shown effective to reduce injury rates (Bizzini and Dvorak, 2015; Rössler et al., 2016). In our study, we proposed the use of a novel activation program which was principally focused on the enhancement of physical performance. This is why the current program included more strength oriented and plyometric exercises, as these kinds of drills can have a greater transfer to competitive performance. Complementarily, these exercises might have improved the dynamic flexibility of participants and increased the range of motion of the lower limbs. There are several limitations of the present study which need to be highlighted. First of all, it would be of interest to assess the effect of

the program on the injury incidence of the players, as

this is a key question which has to be inexorably related to performance enhancement. In relation to the latter, it could also be interesting to analyse the effect of this intervention on other relevant performance variables for soccer, such as flexibility, agility, change of direction and speed. We could hypothesize that some participants might have benefited from possessing greater ranges of motion about the joints of their lower body and this could have had an effect on the results.

The results of this study provide evidence that a neuromuscular warm-up program carried out during a 12-week intervention period can be effective in improving different physical

performance variables in youth female soccer players. Greater improvements in mean velocity in the BS and HT, jumping height in the bilateral and unilateral CMJ, and balance were observed for the EG in comparison to the CG. However, the effect of the program on the CMJ performance with external loads and on the results of the YB test in different directions remained unclear. These findings suggest the importance of designing specific neuromuscular and strength development programs for youth female soccer players to complement their soccer-specific habitual activity, both for performance enhancement and injury prevention purposes.

Acknowledgements

The authors would like to thank Carmen Repullo, Ángel Cuéllar, Jaime González and Daniel Varela for their technical support during the study. Special mention to Prof. Dr. D. Pedro Guillén and Dr. Carlos Hernández-Gil for their collaboration during the research process. Additionally, the authors would like to thank the participants for their invaluable contribution to this study.

References

- Balsalobre-Fernandez C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci*, 2015; 33: 1574–9
- Balsalobre-Fernández C, Kuzdub M, Poveda-Ortiz P, del Campo-Vecino J. Validity and Reliability of the PUSH Wearable Device to Measure Movement Velocity During the Back Squat Exercise. *J Strength Cond Res*, 2016; 30: 1968–74
- Baumgartner TA, Chung H. Confidence limits for intraclass reliability coefficients. *Meas Phys Educ Exerc Sci*, 2001; 5: 179–88
- Bizzini M, Dvorak J. FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review. *Br J Sports Med*, 2015; 49: 577–579
- Bradshaw E, Hume P, Calton M, Aisbett B. Reliability and variability of day-to-day vault trainign measures in artistic gymnastics. *Sports Biomech*, 2010, 9(2): 79–97
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 567; 1988
- Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med*, 2001; 22: 45–51
- Comfort P, Stewart A, Bloom L, Clarkson B. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 2014; 28: 173–7
- Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, McMaster DT, Reyneke JHT, Cronin JB. Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res*, 2017; 31: 999–1008
- Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiplay BF. Making football safer for women: A systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11773 female football (soccer) players. *Br J Sports Med*, 2020; 54: 1089–98
- Datson N, Hulton A, Andersson H, Lewis T, Weston M, Drust B, Gregson W. Applied physiology of female

by Elena Isla et al.

19

soccer: an update. *Sports Med*, 2014; 44: 1225–40

- Ekstrand J, Walden M, Hagglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med*, 2016; 50: 731–737
- Faude O, Rößler R, Junge A. Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention? *Sport Med*, 2013; 43: 819–37
- FIFA. FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. *FIFA Commun Div Inf Serv*, 2007; 31:1–12
- Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramirez-Campillo R, Balsalobre-Fernandez C, Martinez C, Caniuqueo A, Cañas R, Banzer W, Loturco I, Nakamura FY, Izquierdo M. Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. *J Strength Cond Res*, 2016; 30: 2049–56
- Gomes Neto M, Conceicao CS, de Lima Brasileiro AJA, de Sousa CS, Carvalho VO, de Jesus FLA. Effects of the FIFA 11 training program on injury prevention and performance in football players: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 2017; 31: 651–9
- Grygorowicz M, Piontek T, Dudzinski W. Evaluation of functional limitations in female soccer players and their relationship with sports level—a cross sectional study. *PLoS One*, 2013; 8: e66871
- Hopkins WG. A Spreadsheet for deriving a confidence interval, mechanistic inference and clinical inference from a P value. *Sportscience*, 2007; 11: 16–20
- Kilding AE, Tunstall H, Kuzmic D. Suitability of the FIFA's "The 11" training programme for young football players – Impact on physical performance. *J Sports Sci Med*. 2008; 7: 320–6
- Kirkendall DT, Junge A, Dvorak J. Prevention of Football Injuries. *Asian J Sports Med*, 2010; 1: 81–92
- Lesinski M, Prieske O, Helm N, Granacher U. Effects of Soccer Training on Anthropometry, Body Composition, and Physical Fitness during a Soccer Season in Female Elite Young Athletes: A Prospective Cohort Study. *Front Physiol*, 2017; 8: 1–13
- Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Zanetti V, Kitamura K, Abad CC, Nakamura FY. Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *J Sports Sci*, 2015; 33: 2182–91
- Oliver JL, Lloyd RS, Rumpf MC. Developing speed throughout childhood and adolescence: the role of growth, maturation and training. *Strength Cond J*, 2013; 35: 42–48
- Padrón-Cabo A, Rey E, Kalén A, Costa PB. Effects of training with an agility ladder on sprint, agility, and dribbling performance in youth soccer players. *J Hum Kinet*, 2020; 73: 219–28
- Pappas E, Carpes FP. Lower extremity kinematic asymmetry in male and female athletes performing jump-landing tasks. *J Sci Med Sport*, 2012; 15: 87–92
- Pardos-Mainer E, Casajús, JA, Gonzalo-Skok O. Adolescent female soccer players' soccer-specific warm-up effects on performance and inter-limb asymmetries. *Biol Sport*, 2019; 36: 199–207
- Parsons JL, Carswell J, Nwoba IM, Stenberg H. Athlete Perceptions and Physical Performance Effects of the Fifa 11 + Program in 9-11 Year-Old Female Soccer Players: a Cluster Randomized Trial. *Int J Sports Phys Ther*, 2019; 14: 740–52
- 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. *N Am J Sports Phys Ther*, 2009; 4: 92–9
- Pomares-Noguera C, Ayala F, Robles-Palazón FJ, Alomoto-Burneo JF, López-Valenciano A, Elvira JLL, Hernández-Sánchez S, De Ste Croix M. Training effects of the FIFA 11+ Kids on Physical Performance in Youth Football Players: A Randomized Control Trial. *Front Pediatr*, 2018; 6: 40
- Prien A, Prinz B, Dvořák J, Junge A. Health problems in former elite female football players: Prevalence and risk factors. *Scand J Med Sci Sport*, 2017; 27: 1404–10
- Ramirez-Campillo R, García-Pinillos F, García-Ramos A, Yanci J, Gentil P, Chaabene H, Granacher U. Effects of different plyometric training frequencies on components of physical fitness in amateur female soccer players. *Front Physiol*, 2018; 9: 1–11
- Renshaw A, Goodwin PC. Injury incidence in a Premier League youth soccer academy using the consensus statement: a prospective cohort study. *BMJ open Sport Exerc Med*, 2016; 2: e000132

- Rössler R, Donath L, Bizzini M, Faude O. A new injury prevention programme for children's football-FIFA 11+ Kids-can improve motor performance: a cluster-randomised controlled trial. *J Sports Sci*, 2016; 34: 549–56
- Rössler R, Faude O. Adolescent injury prevention programs associated with sports-related injury reduction. *J Pediatr*, 2016; 174: 277–8
- Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ*, 2010; 340: c332
- Seitz LB, Reyes A, Tran TT, de Villarreal ES, Haff GG. Increases in Lower-Body Strength Transfer Positively to Sprint Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sport Med*, 2014; 44: 1693–702
- Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. Preventing injuries in female youth football - A cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sport*, 2008; 18: 605–14
- Stiffler MR, Sanfilippo JL, Brooks MA, Heiderscheit BC. Star Excursion Balance Test Performance Varies by Sport in Healthy Division I Collegiate Athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2015; 45: 772–80
- Vescovi JD, Rupf R, Brown TD, Marques MC. Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 years of age. *Scand J Med Sci Sports*, 2011; 21: 670–8
- Vescovi JD, VanHeest JL. Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 2010; 20: 394–402

Corresponding author:**Elena Isla**

Health Sciences PhD Program, Universidad Católica de Murcia UCAM,
Campus de los Jerónimos nº135, Guadalupe 30107, Murcia, Spain.

Phone: +34649859073

E-mail: eislaparedes@gmail.com