



UNIVERSIDAD SAN JORGE

Facultad de Ciencias de la Salud

Programa de doctorado en Ciencias de la Salud

Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en el rendimiento físico, las asimetrías funcionales y la composición corporal de jugadoras de fútbol

Alberto Roso Moliner

TESIS DOCTORAL

Villanueva de Gállego, 2023



UNIVERSIDAD SAN JORGE
Facultad de Ciencias de la Salud

TESIS DOCTORAL

**Efectos de un programa de entrenamiento
neuromuscular en el rendimiento físico, las asimetrías
funcionales y la composición corporal de jugadoras de
fútbol**

entregada por

ALBERTO ROSO MOLINER

Directores:

Demetrio Lozano Jarque, PhD

Elena Mainer Pardos, PhD

Villanueva de Gállego, 1 de septiembre de 2023

Dr. Demetrio Lozano Jarque, profesor de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad San Jorge e investigadora del grupo ValorA.

Dra. Elena Mainer Pardos, profesora de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad San Jorge e investigadora del grupo ValorA.

Certifican:

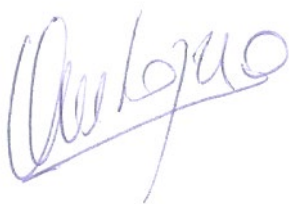
Que el trabajo de investigación de la presente tesis doctoral cuyo título es: **“Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en el rendimiento físico, las asimetrías funcionales y la composición corporal de jugadoras de fútbol”**, se ha realizado por D. Alberto Roso Moliner bajo su dirección y dentro del programa de doctorado de la Universidad San Jorge.

De igual modo, autorizan su presentación para optar al título de Doctor, siempre que así lo considere el Tribunal.

Para que así conste, firman el presente certificado en Villanueva de Gállego, 1 de septiembre de 2023

Demetrio Lozano Jarque, PhD

Elena Mainer Pardos, PhD



“Don't dream your life, live your dream...”

Mark Twain

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a la Universidad San Jorge que, desde septiembre de 2015, ha contado conmigo y me ha permitido crecer tanto a nivel personal como profesional. Uno de los aspectos clave en este crecimiento son las personas que forman la USJ y sus ganas de ayudar en el camino. Además, en ella he hecho grandes amigos a los cuales les tengo que dar las gracias por su apoyo incondicional.

A las dos grandes personas y amigos que me han dirigido, Elena y Demetrio, por ser capaces de guiarme en todo momento. Desde que os conocí supe que seríais importantes en mi vida y me lo habéis demostrado día a día. Espero seguir viviendo momentos tan importantes como este junto a vosotros, os quiero.

A Toño Cartón y Hadi Nobari, que, a pesar de no ser directores de la presente tesis doctoral, se han implicado de forma importante en el desarrollo de los artículos. Toño es un gran amigo desde hace tiempo y en este periodo Hadi se ha sumado a ese grupo de personas importantes en mi vida.

También me gustaría dar las gracias al resto de compañeros de investigación, mi amigo José Luis Arjol, Chris Bishop, Svein Pettersen y Marcelino Torrontegui. Todos habéis sumado en este proyecto y espero seguir contando con vosotros.

A María José y Rafael, por educarme y creer en mí siempre. Ahora sé que educar no es fácil y saber en todo momento lo que necesitaba para convertirme en una mejor persona es vuestro gran éxito. Siempre he dicho que lo más importante que me han dedicado mis padres es su tiempo y cariño, algo por lo que me siento orgulloso.

A mi querida hermana, Patricia. Estoy tentado de poner el nombre con el que siempre te he llamado cariñosamente, pero algunos pensarían que tengo otra hermana y eso no me lo perdonaría. Eres y serás un gran apoyo en todo lo que he conseguido, te quiero.

A Carol, mi compañera, mi amor. Estos años no han sido sencillos y has tenido que entender que no te dedicara todo el tiempo que quería. Espero que me sepas perdonar ya que eres la persona que quiero que me acompañe en un proceso más largo y bonito que este, la vida.

A mis hijos, Mateo y Manuela. Me habéis aportado la fuerza necesaria para terminar este proceso con éxito. Sois lo más importante de mi vida y espero que os sintáis orgullosos de vuestro padre.

Me gustaría volver a dedicar unas líneas más a mi madre ya que no podrá disfrutar de este día como a ella y a nosotros nos hubiera gustado. Te quiero mamá.

Índice

ÍNDICE GENERAL

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS	17
LISTADO ABREVIATURAS	18
PREÁMBULO	19
RESUMEN.....	21
ABSTRACT.....	23
LISTA DE PUBLICACIONES	25
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	29
1.1. <i>Evolución del fútbol femenino</i>	29
1.2. <i>El fútbol como deporte colectivo</i>	33
1.3. <i>Factores de rendimiento asociados al fútbol femenino y su evaluación.</i>	38
1.3.1. <i>Demandas físicas en competición</i>	38
1.3.2. <i>La condición física</i>	39
1.3.3. <i>La composición corporal como factor de rendimiento y su evaluación.</i>	42
1.3.4. <i>El salto como factor de rendimiento y su evaluación.</i>	49
1.3.5. <i>La velocidad lineal como factor de rendimiento y su evaluación.</i>	54
1.3.6. <i>El CD como factor de rendimiento y su evaluación.</i>	58
1.3.7. <i>La movilidad como factor de rendimiento y su evaluación.</i>	62
1.3.8. <i>Las asimetrías funcionales como factor de rendimiento y su evaluación.</i>	64
1.4. <i>Programas de entrenamiento para la mejora del rendimiento en fútbol femenino.</i>	67
1.4.1. <i>Programas de entrenamiento basados en la pliometría.</i>	67
1.4.2. <i>Programas de entrenamiento basados en la fuerza.</i>	69
1.4.3. <i>Programas de entrenamiento basados en el speed, agility and quickness.</i>	70
1.4.4. <i>Programas de entrenamiento combinados.</i>	71
1.4.5. <i>Programas de entrenamiento neuromuscular.</i>	72
2. JUSTIFICACIÓN.....	79
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	83
3.1. <i>Hipótesis</i>	83
3.2. <i>Objetivos</i>	83
3.2.1. <i>Objetivo general</i>	83
3.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	83
4. RELACIÓN DE ARTÍCULOS	87
4.1. <i>Estudio 1:</i>	88
4.2. <i>Estudio 2:</i>	109

4.3.	<i>Estudio 3:</i>	126
4.4.	<i>Estudio 4:</i>	138
5.	RESUMEN DE RESULTADOS	153
6.	DISCUSIÓN GENERAL	159
6.1.	<i>Diseño del programa de ENM</i>	159
6.2.	<i>Efectos de la aplicación del programa ENM en la composición corporal.</i>	163
6.3.	<i>Efectos de la aplicación del programa ENM en el rendimiento deportivo.</i>	165
6.4.	<i>Análisis de las asimetrías funcionales.</i>	169
7.	LIMITACIONES Y PROSPECCIÓN FUTURA	177
7.1.	<i>Limitaciones.</i>	177
7.2.	<i>Prospección futura.</i>	177
8.	CONCLUSIONES	181
9.	REFERENCIAS	185
10.	ANEXOS	223
10.1.	<i>Anexo 1</i>	224
10.2.	<i>Anexo 2</i>	226
10.3.	<i>Anexo 3</i>	235

Listado de Figuras, Tablas y Abreviaturas

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Licencias fútbol en España y Aragón desde el 2019 al 2021.....	30
Figura 1. Aspectos clave por posición de juego.....	36
Figura 2. Condición física del futbolista.....	41
Figura 3. Mediciones antropométricas generales	45
Figura 4. Mediciones antropométricas importantes fútbol femenino.....	47
Figura 5. Materiales antropometría	48
Figura 6. Material y ejecución SH.....	51
Figura 7. Material y ejecución CMJ.	53
Figura 8. Manifestaciones de la velocidad	55
Figura 9. Material y ejecución esprint lineal.	57
Figura 10. Clasificación pruebas CD	59
Figura 11. Material y ejecución test 505	61
Figura 12. Material y ejecución test flexión dorsal tobillo	64
Figura 13. Test de equilibrio de la estrella.....	75
Tabla 2. Resumen de resultados principales que se han obtenido en los artículos que conforman la tesis doctoral.....	154

LISTADO ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de varianza	GC	Grupo Control
ANCOVA	Análisis de la covarianza	GE	Grupo Experimental
ASC	Australian Sports Commission's/ Comisión Australiana de Deportes	GREC	Grupo Español de Cineantropometría
BC	Body Composition/ Composición Corporal	Ht	Height/Estatura
CAG	Corrected Arm Girth/ Perímetro del brazo corregido	IMC	Índice de Masa Corporal
CCI	Coeficiente de Correlación Intraclase	ISAK	International Society for the Advancement of Kinanthropometry/ Sociedad Internacional para el Avance de la Cin antropometría)
CCG	Corrected Calf Girth/ Perímetro de la pantorrilla corregido	Kcal	Kilocalorías
CD	Cambio de Dirección	Kg	Kilogramos
CDD	Cambio de Dirección Déficit	m	Metros
CEA	Ciclo Estiramiento Acortamiento	mm	Milímetros
CEICA	Comité de Ética de Investigación Clínica de Aragón	PEE	Prueba de Equilibrio de la Estrella
cm	Centímetros	RM	Repetición Máxima
CMJ	Countermovement Jump/ Salto con contramovimiento	ROM	Range of Motion/ Rango de movimiento
CTG	Corrected Thigh Girth/ Perímetro del muslo corregido	SAQ	Speed, Agility and Quickness/ Velocidad, agilidad y rapidez
CV	Coeficiente de Variación	SJ	Squat Jump/ Sentadilla con salto
DC	Densidad Corporal	SH	Salto Horizontal
DJ	Drop Jump/ Salto tras altura	TE	Tamaño del Efecto
EF	Entrenamiento de Fuerza	VO2	Consumo de oxígeno
ENM	Entrenamiento Neuromuscular	$\Sigma 6S$	Sumatorio de seis pliegues cutáneos
EP	Entrenamiento Pliométrico		
FIFA	Fédération Internationale de Football Association/ Asociación de la Federación Internacional de Fútbol		

PREÁMBULO

En el siguiente PREÁMBULO, se realiza un pequeño resumen de cómo se estructura la presente memoria:

- Dentro del capítulo 1, encontramos la [1. INTRODUCCIÓN](#), en la cual se revisa la evolución histórica del fútbol femenino, su importancia como deporte colectivo, los factores de rendimiento asociados a dicho deporte, su evaluación y, por último, los programas de entrenamiento que mejoran el rendimiento de las futbolistas.
- En el capítulo 2 se presenta la [2. JUSTIFICACIÓN](#), en ella, se exponen aquellas razones que han motivado la realización de esta investigación.
- Posteriormente, en la sección 3, se recoge la [3. HIPÓTESIS y OBJETIVOS](#), que nos van a servir de guía específica en nuestra búsqueda de nuevo conocimiento.
- Dentro del capítulo 4, se ha incluido una [4. RELACIÓN DE ARTÍCULOS](#), que forman parte de esta investigación doctoral.
- Tras la relación de artículos, encontramos un [5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS](#), los cuales se incluyen en una tabla con los principales hallazgos encontrados.
- En el apartado [6. DISCUSIÓN](#), se comparan los diferentes resultados obtenidos sobre la aplicación de programas de entrenamiento neuromuscular y su efecto en el rendimiento y/o la composición corporal de las futbolistas femeninas.
- En la sección 7 presentamos las [7. LIMITACIONES](#), encontradas tras nuestra investigación.
- EL capítulo 8 están incluidas las [8. CONCLUSIONES](#), obtenidas en los estudios previos presentados.
- En la sección 9, disponemos de las [9. REFERENCIAS](#).
- Por último, encontraremos los [10. ANEXOS](#) divididos en 4 apartados. En el primero encontramos una tabla con la información adicional de los artículos publicados, en el segundo está la “aceptación escrita de los coautores para que el doctorando presente el trabajo como tesis doctoral” (FI-379), en el tercero disponemos de la aprobación del comité de ética y, en el cuarto hemos incorporado el CVA (Currículum Vitae Abreviado).

RESUMEN

En los últimos años, el fútbol ha crecido en popularidad entre las mujeres en todo el mundo y ello ha supuesto a su vez, un aumento del interés a nivel social e institucional. Este se considera un deporte de contacto que exige una amplia variedad de habilidades a distintas intensidades. Durante el juego, las futbolistas están principalmente corriendo, aunque existen otros factores de rendimiento importantes que requieren tanto fuerza y potencia anaeróbica del sistema neuromuscular como esprintar, saltar, golpear la pelota y/o cambiar de dirección. Dada la importancia de estas actividades de alta intensidad para el rendimiento futbolístico, en los últimos años, se han investigado diferentes estrategias de intervención que aseguren su óptimo desarrollo. Por otra parte, una alimentación adecuada aporta beneficios en la optimización del rendimiento deportivo, tanto en el mantenimiento adecuado de su composición corporal como en los requerimientos nutricionales del mismo.

Sumado a todo lo anterior, es conocido que los programas de entrenamiento buscan priorizar las mejoras en fuerza y potencia. Dichos programas, deben atender a la capacidad física, la maduración biológica, las necesidades individuales y una alta disposición a entrenar. Existen diferentes programas de entrenamiento combinado orientados al trabajo neuromuscular que buscan reducir el riesgo lesivo y mejorar el rendimiento (SportsmetricsTM, Harmoknee, FIFA 11+, Prevent Injury and Enhance Performance, etc.). Se ha observado el efecto que tienen esos programas en el rendimiento de las jugadoras de fútbol, aunque los datos son limitados y no se ha alcanzado un claro consenso aún, por ello, es necesario realizar más intervenciones, para conocer su efecto en el rendimiento de esta población.

El objetivo general/principal de esta investigación doctoral fue diseñar, aplicar y, posteriormente, evaluar la efectividad de un programa de entrenamiento neuromuscular sobre el rendimiento deportivo, las asimetrías funcionales y la composición corporal en jugadoras de fútbol altamente entrenadas.

Para conseguir alcanzar dicho objetivo se realizaron 4 estudios plasmados en los artículos de la presente tesis doctoral: **Artículo 1:** Efectos de los programas de entrenamiento de fuerza frente a los pliométricos en el salto vertical, el sprint lineal y el cambio de dirección en jugadoras de fútbol: Una revisión sistemática y metaanálisis; **Artículo 2:** Evaluación de un programa de entrenamiento neuromuscular de 10 semanas

de duración sobre la composición corporal de jugadoras de fútbol de élite; **Artículo 3:** Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular sobre el rendimiento físico y las asimetrías en el fútbol femenino; **Artículo 4:** Las asimetrías del salto horizontal se asocian con una reducción de la amplitud de movimiento y del rendimiento del salto vertical en jugadores de fútbol femenino.

Los principales hallazgos de la presente tesis doctoral son: I) El entrenamiento de tipo pliométrico proporciona mayores beneficios que el entrenamiento convencional de fuerza en la mejora del salto vertical, el esprint lineal y el cambio de dirección en jugadoras de fútbol. Sin embargo, las importantes limitaciones que se producen en la literatura actual impiden hacer recomendaciones seguras de prescripción; II) La aplicación de un programa de entrenamiento de tipo neuromuscular con una duración 10 semanas, parece ser una estrategia útil para mejorar la composición corporal en jugadoras de fútbol de élite; III) Un programa de entrenamiento neuromuscular de 10 semanas puede ser un estímulo suficiente para mejorar las variables de rendimiento específicas del fútbol en jugadoras de fútbol de alto nivel. Por lo tanto, las jugadoras y los entrenadores deben ser conscientes de que la inclusión semanal de ejercicios de fuerza, potencia y equilibrio dinámico siguiendo un paradigma neuromuscular es útil para la mejora del rendimiento específico del fútbol; IV) La evaluación de las asimetrías entre extremidades mediante diferentes métodos puede ayudar a los científicos a comprender la especificidad de sus efectos perjudiciales en el rendimiento futbolístico. Los profesionales deben ser conscientes de estas especificidades, así como de la magnitud y la dirección de las asimetrías, a la hora de mejorar habilidades específicas sobre el terreno de juego.

En base a todo lo anterior, se recomienda aumentar la investigación en esta línea ya que sigue existiendo la necesidad de dotar de recursos prácticos a entrenadores y preparadores físicos que trabajan en fútbol femenino. Además, sería importante que dicha investigación analice el tipo de ejercicios, las intensidades y densidades de los programas de entrenamiento propuestos.

ABSTRACT

In recent years, football has grown in popularity among women around the world and this in turn has led to increased interest at social and institutional levels. It is considered a contact sport that demands a wide range of skills at different intensities. During the game, female footballers are primarily running, although there are other important performance factors that require both strength and anaerobic power of the neuromuscular system such as sprinting, jumping, ball striking and/or changing direction. Given the importance of these high-intensity activities for football performance, in recent years, different intervention strategies have been investigated to ensure their optimal development. On the other hand, an adequate diet provides benefits in the optimisation of sports performance, both in the adequate maintenance of their body composition and in their nutritional requirements.

In addition to the above, it is well known that training programmes seek to prioritise improvements in strength and power. These programmes must take into account physical capacity, biological maturation, individual needs and a high willingness to train. There are different combined training programmes aimed at neuromuscular work with the objective of reducing the risk of injury and improving performance (SportsmetricsTM, Harmoknee, FIFA 11+, Prevent Injury and Enhance Performance, etc.). The effect of these programmes on the performance of female football players has been observed, although the data are scarce and consensus have not yet been reached, so more interventions are needed to understand their effect on the performance of this population.

The main objective of this doctoral research was to design, apply and, subsequently, evaluate the effectiveness of a neuromuscular training programme on sports performance, functional asymmetries, and body composition in highly trained female football players.

In order to achieve this objective, 4 studies were carried out, which are reflected in the articles of this doctoral thesis: **Study 1:** Effects of strength training programmes versus plyometric training programmes on vertical jump, linear sprint and change of direction in female football players: A systematic review and meta-analysis; **Study 2:** Evaluation of a 10-week neuromuscular training programme on body composition in elite female football players; **Study 3:** Effects of a neuromuscular training programme on physical performance and asymmetries in women's football; **Study 4:** Horizontal jump

asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female football players .

The main findings of this doctoral thesis are: I) Plyometric training provides greater benefits than strength training in improving vertical jump, linear sprinting and change of direction in female football players. However, significant limitations in the current literature prevent making safe prescription recommendations; II) The application of a 10-week neuromuscular training programme appears to be a useful strategy to improve body composition in elite female football players; III) A 10-week neuromuscular training programme may be a sufficient stimulus to improve soccer-specific performance variables in high-level female football players. Therefore, players and coaches should be aware that the weekly inclusion of strength, power and dynamic balance exercises following a neuromuscular paradigm is useful for the improvement of soccer-specific performance; IV) The assessment of limb asymmetries by different methods can help scientists to understand the specificity of their detrimental effects on football performance. Professionals should be aware of these specificities, as well as the magnitude and direction of asymmetries, when improving specific skills on the field.

Based on the above, it is recommended to increase research in this area as there is still a need to provide coaches and physical trainers working in women's football with practical resources. Furthermore, it would be important for this research to analyse the type of exercises, intensities, and densities of the proposed training programmes.

LISTA DE PUBLICACIONES

La memoria que se expone a continuación sigue las directrices propuestas por la Universidad San Jorge para las Tesis Doctorales presentadas por compendio de publicaciones. Dicha memoria está compuesta por los cuatro artículos científicos ya publicados:

Estudio 1. Pardos-Mainer E, Lozano D, Torrontegui-Duarte M, Cartón-Llorente A, Roso-Moliner A. Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(2). doi: 10.3390/ijerph18020401. PMID: 33419178 PMCID: PMC7825561

Estudio 2. Roso-Moliner A, Mainer-Pardos E, Arjol-Serrano JL, Cartón-Llorente A, Nobari H, Lozano D. Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. *Biology*. 2022;11(7). doi: 10.3390/biology11071062. PMID: 36101440 PMCID: PMC9312219

Estudio 3. Roso-Moliner A, Mainer-Pardos E, Cartón-Llorente A, Nobari H, Pettersen SA, Lozano D. Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. *Frontiers in Physiology*. 2023;14. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1171636>

Estudio 4. Roso-Moliner A, Lozano D, Nobari H, Bishop C, Carton-Llorente A, Mainer-Pardos E. Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2023;15(1):80. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00697-1>.

Capítulo 1.

Introducción

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La introducción que a continuación se presenta, se va a centrar en aquellos aspectos determinantes en la mejora del rendimiento físico de las jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas, aquellas pruebas que pueden utilizarse para evaluarlos y los programas de entrenamiento neuromuscular (ENM) como propuesta de aplicación asociada a dichas mejoras. Para ello, primero se realizará un análisis de la evolución histórica del fútbol femenino y de este como deporte colectivo de invasión. Posteriormente, nos centraremos en las cualidades físicas asociadas al rendimiento, la forma de evaluarlas y cómo entrenarlas. Por último, analizaremos los programas de ENM y su posible aplicación en la optimización de este rendimiento.

1.1. *Evolución del fútbol femenino*

Cuando hablamos de fútbol, hacemos referencia a uno de los deportes con más practicantes en el mundo y, según la “Asociación de la Federación Internacional de Fútbol” (FIFA), ya en 2006 había 265 millones de practicantes a nivel mundial e incluyendo a los árbitros y los oficiales, sumarían 270 millones de personas que están participando activamente en este deporte (1). El fútbol femenino está creciendo exponencialmente en las últimas décadas, registrándose en el 2019 una cifra 13,36 millones de niñas y mujeres que juegan al fútbol organizado a nivel mundial (2). En el 2023 este dato ha aumentado un 24%, llegando a 16,6 millones jugadoras (2). Previamente, en la encuesta de la FIFA sobre fútbol femenino de 2014, se realizó una estimación de las practicantes que están registradas y las que no lo están, en ella se calculó que la cifra llegaría a las 30.145.700 jugadoras (el cálculo de jugadoras no registradas se obtuvo combinando los datos recogidos en la encuesta realizada para el informe “*FIFA Women’s Football Survey 2014*” y los publicados en el “*FIFA Big Count 2006*” (1, 3). Según un informe de 2017 de la “Unión de Asociaciones Europeas de Fútbol” (UEFA), en Europa se produjo un incremento del 7,5% entre el año 2016 y el 2017, llegando a 1.365.000 jugadoras registradas en ese último año. Entre los países con más jugadoras, se encuentran Francia, Inglaterra, Alemania, Holanda, Noruega y Suecia, los cuales superan las 100.000 licencias cada uno (4). España contaba con 87.827 licencias de fútbol femenino en el año 2022, siendo el 7,7% del total de licencias a nivel nacional (ver tabla 1) (5). El crecimiento de la popularidad de este deporte a nivel mundial, se ratifica en el informe presentado por la FIFA en agosto del 2023 y mencionado previamente (2). En

dicho informe, se indica que hay 3,9 millones de jugadoras de fútbol registradas (19.064 profesionales), 55.622 clubs femeninos y 48.202 entrenadoras. Además, el crecimiento de la popularidad en el fútbol base augura un futuro muy prometedor en la mayoría de los países gracias a la repercusión de la “Copa Mundial Femenina de la FIFA” celebrada en 2023 y ganada por la Selección Española.

Tabla 1. Licencias fútbol en España y Aragón desde el 2019 al 2021. Consultado en el registro de Licencias Federativas del Consejo Superior de Deportes (5).

LICENCIAS	TOTAL			Hombres			Mujeres		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Número Licencias España (valor absoluto)	1.074.567	907.223	1.137.651	997.106	840.074	1.049.824	77.461	67.149	87.827
Número Licencias España (%)	100	100	100	92,8	92,6	92,3	7,2	7,4	7,7
Número Licencias Aragón			39.094			36.771			2.323

Uno de los principales objetivos que propuestos por la FIFA tras su fundación en el año 1904, era la organización de un torneo a nivel internacional (3). Así pues, la primera Copa Mundial de fútbol organizada por dicha asociación se celebró en el Estadio Centenario de República Oriental de Uruguay (Sudamérica) en 1930 y, 61 años más tarde, en el año 1991, se celebró la primera Copa Mundial Femenina (3, 6).

Otro hito importante fue la organización también por parte de la FIFA de la Copa Mundial Femenina en categoría Sub-20 en el año 2002 y Sub-17 en el 2008. Ello supuso un aumento del nivel de las futbolistas y del propio deporte, creciendo su popularidad entre los aficionados. Esta inercia se vio reflejada en algunos datos como la actividad económica que se generó en la Copa Mundial Femenina de la FIFA de 2015, la cual supuso casi 500 millones de dólares o la importante asistencia a 7 de los partidos de dicho torneo, la cual superó los 50.000 espectadores (3). Así pues, actualmente la promoción del fútbol femenino es una prioridad clave en la agenda de los organismos rectores del fútbol internacional (3, 7, 8). Sin embargo, aunque las tasas de participación y las inversiones han ido aumentando en los últimos 25 años (3, 7, 8), la falta de una demanda constante de espectadores sigue siendo uno de los retos estratégicos a los que se enfrenta actualmente este deporte.

Para que el fútbol femenino sea sostenible en el tiempo y siga creciendo, la FIFA desarrolló la “Estrategia de Fútbol Femenino”, la cual fue presentada en el año 2018 (9). Una de sus metas más importantes era intentar duplicar el número de jugadoras para el año 2026. Además, dicha estrategia buscaba mejorar el programa femenino de fútbol escolar y la coordinación entre federaciones, ligas y clubes. Por otro lado, uno de los principales problemas en su desarrollo fue el escaso apoyo a las categorías base de este deporte a nivel institucional y, por ello, la FIFA planteó 5 ejes estratégicos (9):

1. **Desarrollarse y fomentar el crecimiento de este deporte (tanto dentro como fuera del campo).** Para lograrlo, se buscará aumentar el número de jugadoras y asociaciones, mejorar el nivel de los clubes y ligas, implementar programas específicos en las escuelas y apostar por la educación en defensa del fútbol femenino. Las tácticas que se proponen serán las siguientes:
 - a. Modernización de los programas de desarrollo con los que ya se cuenta.
 - b. Creación de academias mundiales.
 - c. Desarrollo de un programa dentro de las escuelas.
 - d. Generación de una red de conocimiento a nivel mundial.

- e. Mejora y desarrollo a nivel técnico.
2. **Mostrar el fútbol femenino y mejorar las competiciones.** Para ello, se buscará elevar el nivel de la Copa Mundial Femenina, trabajar con las diferentes delegaciones para la mejora de las vías de clasificación femeninas tanto en categoría absoluta como juvenil, desarrollar torneos en categorías inferiores para la mejora de las categorías base y supervisar las ligas de clubes profesionales. Las tácticas que se proponen serán las siguientes:
 - a. Análisis de la competencia.
 - b. Desarrollo de nuevas competiciones.
 - c. Refuerzo de calendario de partidos a nivel internacional.
 - d. Optimización de las eliminatorias a nivel regional.
3. **Comunicar y aumentar la propuesta de valor.** Con el objetivo de alcanzar este eje estratégico, se buscará diseñar un plan de comunicación y marketing, desarrollar un programa centrado en el fútbol femenino y dar a conocer a las futbolistas y/o embajadoras de este deporte buscando la igualdad de oportunidades y el cambio social. Las tácticas que se proponen serán las siguientes:
 - a. Desarrollo de un programa comercial.
 - b. Fomento de las nuevas tecnologías.
 - c. Creación de un programa que muestre las leyendas del deporte.
 - d. Creación de plataformas de marketing y comunicación.
4. **Liderar y fomentar la igualdad de género.** Para ello, se buscará contar con una mujer en el comité ejecutivo de todas las asociaciones miembro en el 2026 (objetivo mínimo), conseguir que una tercera parte de los miembros de los comités FIFA sean mujeres en el 2022, dedicar un puesto dentro de los comités de las asociaciones miembro a representar el fútbol femenino y promover la profesionalización de este deporte. Las tácticas que se proponen serán las siguientes:
 - a. Refuerzo del “Programa de Desarrollo del Liderazgo Femenino”.
 - b. Profesionalización del deporte.
 - c. Institucionalización a nivel regional.
5. **Educar y crear conocimientos.** Se buscará reforzar el fútbol e integrarlo en la vida diaria de las niñas y mujeres, abordar los problemas a los que se enfrenta esta población, aprovechando la celebración de las competiciones, fomentar el estilo de vida saludables a través del fútbol, apoyar a la creación de programas

destinados a empoderar a las niñas a través de este deporte e intentar que el fútbol femenino se incluya dentro del deporte escolar. Las tácticas que se proponen serán las siguientes:

- a. Mostrar la relevancia del fútbol femenino en las mujeres.
- b. Refuerzo de los programas de legado dentro de las competiciones amistosas y de exhibición.
- c. Evaluación de la eficacia de aquellos programas propuestos y el crecimiento del este deporte dentro de esta población concreta.
- d. Creación de programas médicos específicos.

De forma paralela a este aumento sustancial de la participación y al mayor reconocimiento por parte de los organismos rectores internacionales (3, 7, 8), el fútbol femenino ha recibido una mayor atención por parte de los académicos del deporte (10). El número de publicaciones científicas no ha dejado de aumentar y ello es debido a la mayor atención al desarrollo del fútbol femenino por parte de los investigadores de todo el mundo. En particular, la investigación sobre el fútbol femenino ha tendido puentes entre diferentes ámbitos académicos (por ejemplo: las ciencias del deporte, las ciencias sociales y la gestión) y ha creado interacciones entre diversos actores (por ejemplo: jugadoras, entrenadores, aficionados, medios de comunicación, responsables políticos y órganos de gobierno del fútbol), contribuyendo así a una comprensión más amplia de las direcciones que ha tomado este deporte a lo largo del tiempo. A pesar de ello, la investigación en fútbol femenino es todavía muy escasa.

1.2. El fútbol como deporte colectivo

El fútbol es considerado un deporte colectivo de invasión, siendo estos deportes aquellos en los que se producen acciones motrices de colaboración-oposición y se juegan en un espacio reglamentario (11). Durante el juego, se pueden producir varias fases (ofensiva, defensiva y las transiciones de ambas), algo que supone una alta incertidumbre (12). En dichas fases, hay unos principios para alcanzar el objetivo final (marcar gol). Si analizamos al equipo atacante, este debe conservar el móvil, progresando para marcar gol y, en el caso del equipo defensor, debe evitar dicha progresión, intentar recuperar el balón y evitar que el equipo contrario alcance dicho objetivo final (13, 14).

Para entender estos deportes de invasión, debemos fijarnos en diferentes aspectos que permiten a los equipos técnicos (entrenadores, preparadores físicos...) diseñar estrategias para mejorar juego, a nivel individual y, sobre todo, colectivo, interpretando las acciones

de los rivales para la preparación de los partidos. Investigaciones previas han propuesto algunos aspectos a tener en cuenta que están asociados a estas mejoras (15):

1. **El análisis de los desplazamientos-movimientos que realizan los jugadores.** Estudios previos plantean una metodología que permite analizar el ritmo de trabajo y el movimiento que realizan los jugadores dentro del campo en función de la posición/situación de juego. Para ello, se observaron más de 50 partidos de una misma temporada de un equipo de élite (el equipo analizado jugó como local o visitante). Tras dicho análisis, se establecieron las características de los movimientos de cada jugador en base a su posición de juego y se adaptaron las estrategias de entrenamiento teniendo en cuenta estos datos (16).
2. **El uso de la retroalimentación (feedback) como herramienta de mejora.** La retroalimentación asociada a la tarea propuesta supone una mejora en el rendimiento deportivo. Dicha retroalimentación puede proporcionarse de forma inmediata o tiempo después de una ejecución concreta, tanto a nivel individual como colectivo (17). Además, el uso del feedback es un componente clave del proceso educativo del entrenamiento, siendo fundamental tanto para jugadores como para entrenadores (15).
3. **La evaluación táctica durante la competición.** Yamanaka et al. (1997), utilizaron una herramienta informática que les permitía evaluar la táctica. Estos autores analizaron algunos partidos de la fase de clasificación asiática para participar en el Mundial del año 1994. Los autores se fijaron en los respectivos patrones de juego que tenían los equipos, centrándose en la selección japonesa de fútbol. Los resultados mostraron que esta selección utilizaba más pases y, en momentos de presión, empleaba con más frecuencia el despeje como táctica (18).
4. **El diseño y desarrollo de una base de datos que permita crear un modelo de juego.** Estudios como el de Garganta et al. (1998), proponen la creación y desarrollo de un modelo futbolístico. Dicho autor explicó cómo la modelización del juego enfocada en el análisis de aquellas acciones clave relacionados con el rendimiento, podría solucionar posibles problemas a nivel de la estructura del entrenamiento (19).
5. **La evaluación técnica de los jugadores.** Aquellos partidos disputados entre equipos altamente entrenados se deciden por pequeños detalles y, el equipo que sea superior en capacidades fisiológicas y/o motoras, tendrá ventaja (20). Por ello,

hoy en día se busca que un equipo de élite posea altos niveles técnicos. Partridge et al. (1993), crearon un sistema informático especializado para llevar a cabo una evaluación técnica del rendimiento. Se analizaron dos categorías diferentes, la Copa Mundial organizada por la FIFA (1990) y los Campeonatos del Mundo de Fútbol Escolar (1990), utilizando los eventos que se consideraban clave y que fueron registrados en tiempo real por un analista entrenado (21). De los resultados se desprende que los entrenadores deben ser selectivos a la hora de seleccionar equipos de la Copa del Mundo como modelo apropiado de rendimiento, ya que se producen muchas diferencias, lo que invalida cualquier comparación.

6. **Funciones asociadas a la posición de juego.** Tanto los jugadores como los entrenadores tienen un amplio conocimiento de los aspectos técnicos necesarios asociados a la posición de juego. A pesar de ello, existen pocos estudios que refuercen estos conceptos y aporten pautas claras. Publicaciones previas han analizado aspectos clave para jugar en determinadas posiciones dentro del fútbol (22, 23). Sin embargo, dichas publicaciones se basan con frecuencia en la opinión de los entrenadores, por lo que existe mucha ambigüedad entre estas opiniones y las diferencias señaladas. Wiemeyer (2003) realizó entrevistas a entrenadores de distintos niveles para establecer las exigencias técnicas de las diferentes posiciones (24). Sólo en uno de los casos coincidieron todos los entrenadores en las funciones exactas de una posición de juego. Por otro lado, sí coincidieron en gran parte de los requisitos técnicos de dichas posiciones (ver figura 1). Estudios previos han sugerido que las tareas y funciones de los individuos dentro de un equipo, pueden diferir si este tiene posesión del balón o no (25).

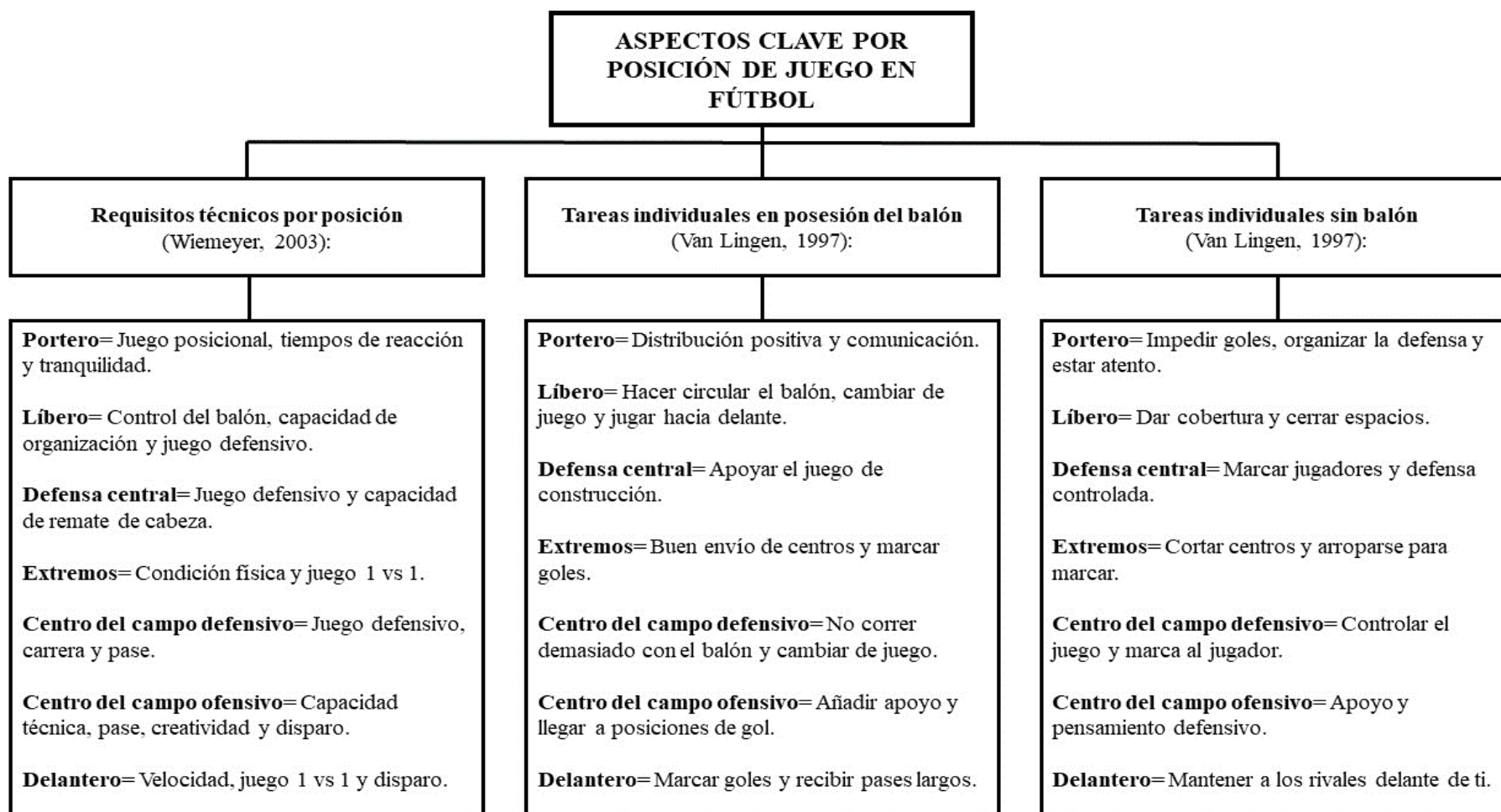


Figura 1. Aspectos clave por posición de juego (adaptada de Wiemeyer, 2003) (24)

Hughes et al. (2006), realizaron una evaluación técnica en función de las posiciones de juego (delanteros, centrocampistas, defensas o porteros) en el fútbol internacional de élite durante el Campeonato de Europa del año 2004 (26). Posteriormente, se recopilaron los datos basándose en el éxito de las técnicas ejecutadas. Además, se realizó una comparación a nivel técnico de un equipo con éxito y otro sin éxito. Se encontraron diferencias significativas entre las distribuciones de frecuencia de las principales posiciones de campo (defensas, centrocampistas o delanteros), pero no se encontraron diferencias significativas entre las medias acumuladas de las valoraciones técnicas en todos los indicadores de rendimiento. Por otro lado, el análisis de las variables individuales mostró diferencias significativas entre los indicadores de rendimiento específicos de las distintas posiciones. El estudio demostró que es posible utilizar evaluaciones cualitativas de las habilidades de una forma cuantitativa que sea fiable, que los entrenadores deben tener en cuenta las habilidades que requiere cada posición y, por tanto, ser selectivos con los jugadores que juegan dentro de esas posiciones. Además, los entrenadores deben planificar sesiones de entrenamiento que sean precisas para las necesidades específicas de los individuos y su posición dentro de un equipo (27).

Sumado a lo comentado previamente, podemos afirmar que, con el paso de los años, se han desarrollado numerosos métodos que permiten evaluar el rendimiento de las jugadoras de fútbol de una forma mucho más exacta y efectiva. Estos avances permiten a los entrenadores y preparadores cuantificar las múltiples actividades físicas, tácticas y técnicas de los jugadores en contextos de entrenamiento y competición (28, 29). Algunos de estos métodos incluyen análisis de tiempo-movimiento, sistemas de posicionamiento global (GPS) y sistemas computarizados semiautomatizados, los cuales han permitido desarrollar un perfil fisiológico a través de estándares de juego (30-35), en deportes masculinos y femeninos (36-38) con especiales referencias a la posición dentro del campo (30, 31, 39-45). Esto ha permitido a su vez, avanzar en el diseño de pruebas de evaluación de campo más fiables y adaptadas al propio deporte (por ejemplo: test de velocidad lineal, de salto, de cambio de dirección, etc.). Sumado a ello, esta recogida de información para su posterior análisis y puesta a disposición de los entrenadores de forma sencilla es un aspecto clave en la mejora del rendimiento de los equipos (42), cobrando cada vez mayor importancia al tratarse de deportes que tienen sistemas dinámicos y complejos, es decir, abiertos y con componentes que interactúan constantemente (46-50). Williams (2009)

(51), sugirió que mejorar el proceso de construcción de definiciones operativas dentro del análisis del rendimiento y utilizar un conjunto estándar de definiciones para un deporte, aumentaría la calidad de los datos, permitiendo futuras investigaciones y análisis. Ya en 2003 estudios como el de Lewis et al. (51), aplicaron estos conceptos al béisbol y los utilizaron con grandes bases de datos objetivas para reclutar jugadores de forma más eficiente y económica, logrando así un éxito muy superior a las expectativas de la situación financiera de un club. Sin embargo, en gran parte de los deportes, se observa que los indicadores de rendimiento importantes varían de un entrenador a otro. Por lo tanto, si se pueden identificar conjuntos de indicadores de rendimiento y disponer de definiciones operativas claras, existen importantes posibilidades y beneficios para la investigación, especialmente en deportes como el fútbol.

Hasta ahora, nos hemos centrado en algunos aspectos relacionados con el rendimiento en el fútbol como deporte de equipo, pero fijándonos en la mayoría de los citados anteriormente, estos podrían mejorar trabajando otras capacidades como la fuerza, la potencia, la velocidad (lineal o en los cambios de dirección) y la resistencia (52). Tal y como se ha indicado, la presente tesis doctoral se va a centrar en la evaluación y optimización de estos factores, abordándolos a continuación.

1.3. Factores de rendimiento asociados al fútbol femenino y su evaluación.

1.3.1. Demandas físicas en competición

Si queremos analizar los factores de rendimiento asociados al fútbol femenino, es imprescindible que previamente observemos las demandas físicas durante los partidos (momentos competitivos). Estudios como el de Andersson et al. (31) y Krustup et al. (53) realizados en 2010 en futbolistas de élite femeninas, muestran que la frecuencia cardiaca media en los partidos se sitúa entre el 84% y el 86% de la frecuencia cardiaca máxima. Otras investigaciones indican que las distancias totales recorridas oscilan entre algo más de 8.500 m y los 12.000 m (30, 34, 43, 53-57). Estos datos, sumados a los 90 minutos (más los minutos de descuento) de duración de los partidos, refuerzan la idea de que la resistencia (capacidad-aeróbica) sea considerada un factor de rendimiento dentro de este deporte (35, 58). No obstante, existen otros factores más decisivos en los partidos, siendo aquellos que afectan a los momentos clave del juego y son determinantes en el resultado, los cuales están asociados a actividades que requieren esfuerzos anaeróbicos

como el esprint, los saltos, los cambios de dirección (CD) u otros que influyen en estos, tanto directa como indirectamente (59-61).

En el mismo estudio de Andersson et al. (2010), se observó que en los partidos de fútbol femenino se producen una media de 239 ± 30 carreras de alta intensidad (18 km / h) y 27 ± 4 esprint máximos (25 km / h), lo cual supone una distancia total de $1.530 \text{ m} \pm 0,1$ y de $256 \text{ m} \pm 57$ respectivamente. También se registraron todas las acciones de juego que suponían un cambio en la intensidad, las cuales se sitúan en 1.641 ± 41 (31). Mohr et al. (2008), registraron resultados similares, obteniendo 1379 ± 34 cambios en la actividad durante los 90 minutos de juego (62). Esta información se puede completar con investigaciones que han analizado el número de cambios de intensidad (aceleraciones y deceleraciones) por partido en jugadoras de fútbol de élite, registrándose 423 ± 126 aceleraciones, 430 ± 125 deceleraciones, una distancia media para dichas acciones de 1-4 m, una distancia máxima de 2-8 m y un tiempo medio entre cada acción de 14 segundos tanto para las aceleraciones (± 5 s) como para las desaceleraciones (± 4 s), el cual fluctuó entre periodos de tiempo de 15 min (63).

En base a todo lo expuesto sobre el análisis de las demandas competitivas, podemos afirmar que el fútbol es actividad deportiva intermitente que supone hacer frente a un gran número de acciones de corta duración que se repiten y se desarrollan a elevada intensidad (disparos a portería, esprints, saltos, aceleraciones y desaceleraciones...), que a menudo incluyen CD, determinantes cruciales del éxito o fracaso en el juego, y también buenos predictores del nivel de rendimiento de este deporte (64). Tal y como se ha indicado previamente, en todas estas acciones hay factores que influyen directa o indirectamente y, a partir de ahora, nos vamos a centrar en analizar la importancia que tiene para las futbolistas el perfil antropométrico, la potencia de salto, la velocidad lineal, la velocidad en el CD, la movilidad y las asimetrías funcionales del tren inferior. Además, también se analizarán los métodos de evaluación y, por último, las propuestas de entrenamiento para la mejora de estos factores.

1.3.2. La condición física

La condición física puede definirse de forma muy general, englobando aspectos fisiológicos, psicológicos, técnicos, tácticos, cognitivos y sociales, o de forma más específica, centrándose sólo en aspectos propios del entrenamiento (fuerza, resistencia, velocidad y flexibilidad). Autores como Weineck (1992) (65), entienden que dichos

aspectos propios del entrenamiento son capacidades condicionales básicas y que existen otros que permiten enfrentarse a las diferentes situaciones motrices que se producen. Dentro de estas, el propio Weineck (1998) destaca inicialmente las siguientes (65):

- Zatsiorsky 1966, entiende la fuerza como *"una capacidad"* y, por tanto, añade a las anteriores la capacidad de coordinación: *"de vencer u oponerse a una resistencia externa mediante un esfuerzo muscular"* (66). Este concepto se puede completar definiéndola como *"la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración de este"* (67). En el deporte, las resistencias pueden ser producidas por el propio cuerpo, un aparato (elemento externo) o la fricción.
- En el caso de la resistencia, algunos autores la definen como *"la capacidad de realizar cualquier actividad durante un tiempo prolongado sin que disminuya su eficacia"* (66) o como *"la capacidad de expresar una motricidad de cualquier intensidad durante el mayor tiempo posible"* (66, 68).
- La velocidad es la *"capacidad de realizar acciones motrices en un tiempo mínimo"* (66). Otros autores la definen como *"la capacidad para conseguir mediante procesos cognitivos la máxima fuerza, funcionalidad a nivel neuromuscular, una rápida reacción y de movimiento"* (69).
- La flexibilidad es entendida como *"la capacidad de realizar movimientos con la mayor amplitud, de forma activa o pasiva"* (70). Esta definición es completada por otros autores que la definen como la movilidad articular a través de toda la amplitud necesaria para llevar a cabo una acción específica (71).
- Por último, Weineck define la coordinación como *"aquella habilidad que permite realizar acciones motrices con precisión y el mínimo esfuerzo (economía) y aprender gestos deportivos con relativa mayor rapidez"* (65).

En la figura 2, se puede observar un ejemplo de esta interpretación más global y, en ella, se presenta el modelo estructural ampliado de la "condición física del futbolista" propuesto por Weineck (2005) algo después de su propuesta inicial (72).

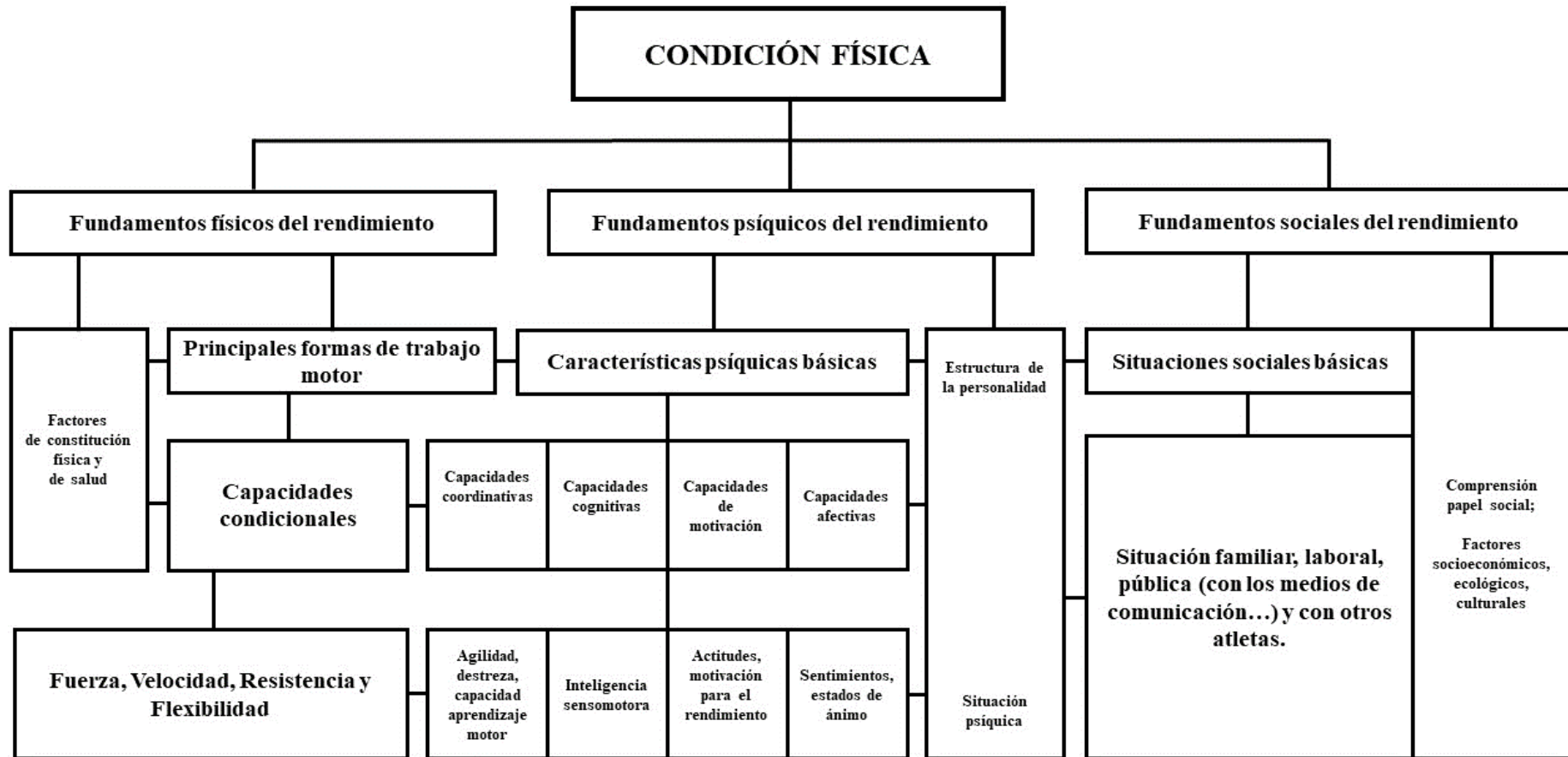


Figura 2. Condición física del futbolista (adaptada de Weineck, 2019) (72).

Algunas investigaciones (30, 34, 36, 73-79), han observado que los jugadores que obtienen mejores resultados en los test de condición física alcanzan unos niveles de juego mayores, llegan a categorías más altas, disponen de más minutos como titulares y permanecen más tiempo en un club-equipo de alto nivel. Por ejemplo, en el estudio de Le Gall et al. (2008) se evaluó la velocidad lineal (40m) y el “*countermovement jump*” en inglés (CMJ) de futbolistas masculinos de categorías de base de Francia, concluyendo que los que obtenían mejores resultados en estas pruebas, jugaron en niveles superiores posteriormente (nivel internacional y profesional) (74). Por otro lado, Brewer et al. (1991), mostraron que los jugadores del fútbol inglés calificados como élite de este deporte, eran significativamente más rápidos en esprint de 15 m y 40 m si se comparaban con los jugadores no considerados como élite (79). Resultados similares encontraron Gauffin et al. (1989), concluyendo que los jugadores de las divisiones superiores saltaban significativamente más que los de divisiones inferiores y, Cornetti et al. (2001), demostrando que los jugadores aficionados obtenían peores resultados en esprint y salto en comparación a los jugadores de elite en las ligas francesas de fútbol (categoría sénior) (76, 78). Por último, Lago-Penas et al. (2011), observaron que los equipos exitosos tenían porcentajes de grasa corporal más bajos y mayor rendimiento en las pruebas físicas (30). Estas investigaciones nos permiten indicar que mejores evaluaciones en las pruebas de rendimiento, suponen alcanzar niveles más altos de juego en general. No obstante, todos estos estudios se centran en futbolistas masculinos evidenciando la importancia de realizar investigaciones similares en fútbol femenino.

1.3.3. La composición corporal como factor de rendimiento y su evaluación.

La alimentación adecuada aporta beneficios tanto en el mantenimiento de la composición corporal en inglés “*Body Composition*” (BC) como en los requerimientos a nivel nutricional y, por tanto, en el rendimiento del deportista (80, 81). Si analizamos dichos requerimientos en esta disciplina deportiva en periodo competitivo y/o entrenamiento de alta/muy alta intensidad, podemos destacar la importancia de la adecuada ingesta de hidratos de carbono (5-8,5g/kg de peso corporal día), siendo el principal combustible a utilizar. En el caso de las proteínas, su aporte adecuado diario (1,2-1,7g/kg de peso corporal) mejora la regeneración muscular del deportista (82). Para los lípidos, se propone entre el 25-30% del valor calórico total diario de la ingesta (dieta),

con un elevado contenido de ácidos de tipo insaturado y reduciendo su ingesta de forma importante en los momentos previos a las demandas competitivas (entrenamiento a intensidad de competición o la propia competición) o siendo nula durante la misma (83). Por otro lado, con relación a la BC, sabemos que, aspectos como una masa muscular óptima (relaciona con mayor fuerza y potencia) y una masa grasa menor (mejor relación fuerza-peso), entre otros, son muy importantes en el rendimiento futbolístico (84).

Randell et al. (2021), realizaron una revisión de los datos antropométricos recopilados entre el 2000 y el 2020 de futbolistas femeninas adultas de élite. Dichas jugadoras tenían una edad media entre 19 y 26 años, una estatura media de 161 cm a 170 cm, un peso corporal entre 56,6 kg y 65,1 kg y un porcentaje de grasa entre el 14,5% y el 22,0% (85). En el fútbol femenino, como en otros deportes, la evaluación de estos datos permite mejorar el rendimiento e informar las intervenciones dietéticas y de ejercicio posteriores (86).

La cineantropometría es una de las ciencias más utilizadas en el análisis de la BC a lo largo de la historia, esta ciencia estudia el cuerpo humano en lo referente a medidas y proporciones el mismo. Las primeras clasificaciones de los individuos según su morfología fueron aportadas por los investigadores médicos de origen griego, Hipócrates y Galeno. Estos hablaban de tísicos (delgados), predominantemente altos (eje longitudinal) y tendencia a la introversión, y apopléticos (musculosos), predominantemente fuertes (eje transversal) (87). Jacques Quételet (1796-1874), fue considerado el fundador de la cineantropometría ya que realizó los primeros estudios del somatotipo y, en 1972, Ross et al. fueron los autores que primero utilizaron el término (*“Kinanthropometry”*), definiendo a esta ciencia como *“la disciplina científica que estudia el tamaño, la forma, las proporciones, la capacidad de movimiento, la composición corporal y las principales funciones del cuerpo humano”* (87). En el año 1993, la *“Australian Sports Commission’s”* (ASC) se propuso mejorar la calidad de la cineantropometría con el objetivo de evaluar mejor a los atletas de élite. Para ello, comenzaron a colaborar con la *“International Society for the Advancement of Kinanthropometry”* (ISAK), algo que les permitió desarrollar cursos para acreditar y formar a antropometristas a nivel internacional. Las recomendaciones establecidas por dicha entidad han sido aceptadas y actualizadas en nuestro país por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) (88).

Cada modalidad deportiva tiene un perfil específico a nivel antropométrico (BC, proporcionalidad y somatotipo), basado en aquellos deportistas con un mayor rendimiento y que, por ello, se considera idóneo para lograr el más alto nivel posible (89). Los estudios que han sido publicados hasta la fecha sobre este aspecto en deportes de equipo, inciden en la importancia de tener en cuenta la demarcación, siendo un aspecto que dificulta la identificación del morfotipo ideal frente a deportes individuales (89). No obstante, en la mayoría de estos deportes, podemos afirmar que una mejor relación fuerza-peso calculada a través de la fuerza relativa, es clave para conseguir el rendimiento óptimo.

1.3.3.1. Evaluación antropométrica

Existen diferentes protocolos que buscan estandarizar las mediciones antropométricas en los deportistas y conseguir que los antropometristas (evaluadores), sean fiables al realizar las diferentes mediciones. En 1969 se publicó el libro “*Human Biology: A guide to Field Methods*”, el cual proponía 56 mediciones antropométricas (90). En 1988, Lohman et al. (91), publicaron el libro “*Anthropometric Standardization Reference Manual*” en el que las mediciones se reducían a 40. Por último, se publicó el manual “*Antrophometrica*”, en el que participó la ISAK y estableció los estándares para la formación de los evaluadores (92) y el libro “*Physiological Testing of the High-Performance athlete*” (93), el cual contiene un capítulo específico donde se recomienda la medición de 43 variables y fue la base para la elaboración de dos manuales propuestos por la “Federación Española de Medicina del Deporte” (94, 95). A su vez, estos manuales son los utilizados por el GREC y la referencia en nuestro país para estas mediciones. De forma general, dichas mediciones se suelen agrupar de la siguiente forma:

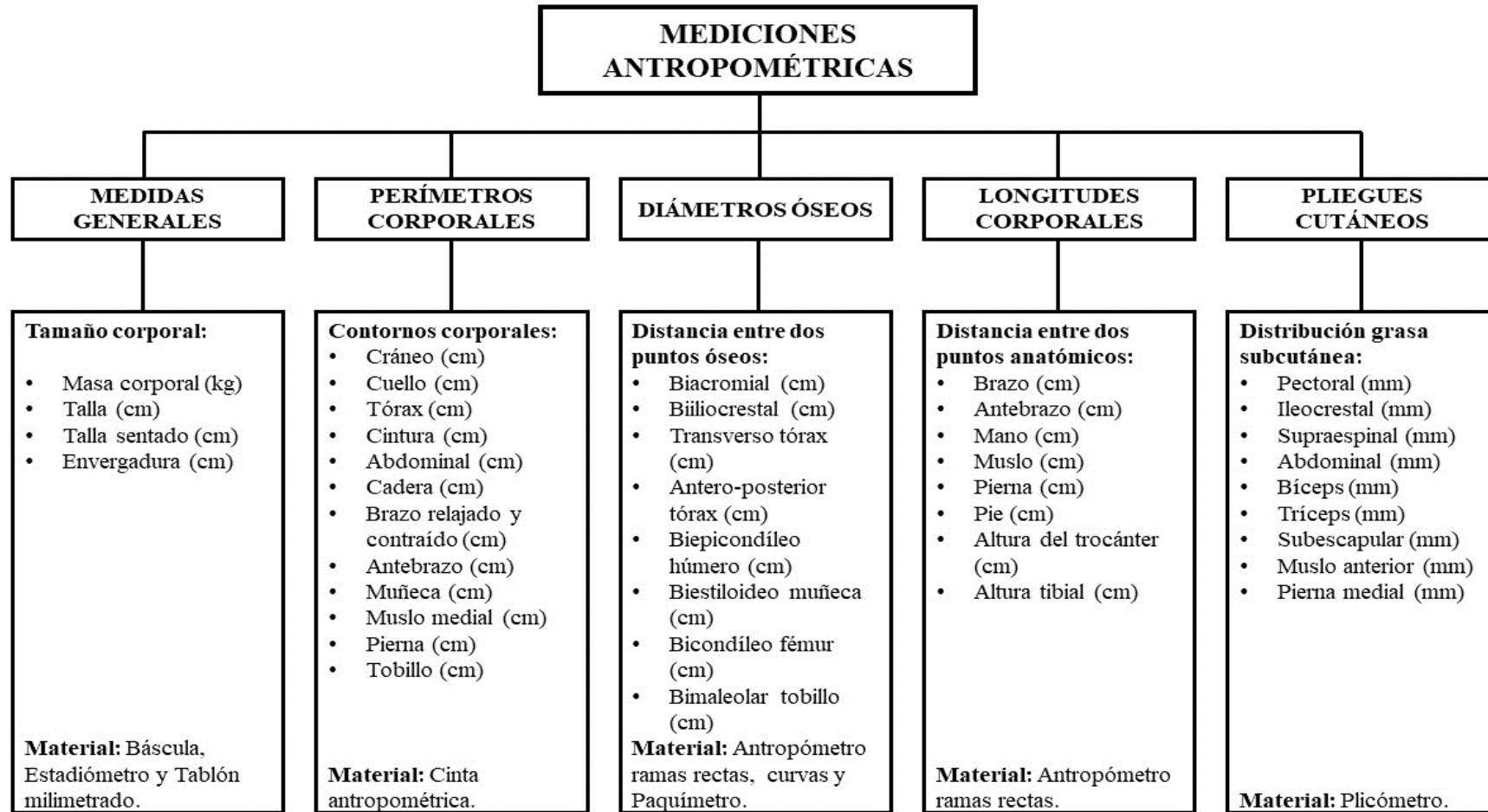


Figura 3. Mediciones antropométricas generales (adaptado de Canda, 2011) (95)

La evaluación antropométrica de las futbolistas es un componente esencial para entender la composición corporal y su influencia en el rendimiento deportivo. En el contexto del fútbol femenino de élite, diversas mediciones antropométricas pueden ofrecer perspectivas valiosas para mejorar tanto el rendimiento como reducir el índice de lesiones (85, 86). Estas mediciones suelen implicar el uso de una variedad de herramientas y técnicas que han demostrado ser fiables y precisas en investigaciones anteriores (ver figuras 4 y 5) permitiendo calcular las siguientes variables:

- El índice de masa corporal (IMC), el cual se calculó como la masa corporal/peso (en kg) dividida por la talla/altura en metros elevada al cuadrado (kg/m^2) (96).
- El sumatorio de seis pliegues cutáneos ($\Sigma 6S$) que se obtuvo como la adición en milímetros de los 6-pliegues estandarizados (tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo-anterior y pantorrilla medial) (95).
- La densidad corporal (DC), que se calculó utilizando la ecuación propuesta por Withers et al. (1987) para atletas femeninas (97) (Ecuación 1).
- El porcentaje de masa grasa (Ecuación 2), para el que se utilizó la DC calculada previamente y, posteriormente, se realizó la ecuación de Siri (98) con la que se estimó el porcentaje de masa grasa (Ecuación 2).
- El porcentaje de masa corporal magra se calculó como la diferencia entre el porcentaje de masa corporal/peso total y el % de masa grasa.
- La masa muscular esquelética corporal se estimó con la ecuación de Lee et al. (2000) (99) y, una vez obtenido este resultado, lo convertimos en porcentaje (Ecuación 3).

$$1.17484 - \{0.07229 * \text{cciLog}(\Sigma 4S. \text{triceps} + \text{subscapular} + \text{supraspinal} + \text{medial calf})\} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$[(4.95/\text{BD}) - 4.5] * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Ht} * (0.00744 * \text{CAG2} + 0.00088 * \text{CTG2} + 0.00441 * \text{CCG2}) + (2.4 * \text{sex}) - (0.048 * \text{age}) + \text{race} + 7.8 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Ht: height (m); CAG: corrected arm girth (cm); CTG: corrected thigh girth (cm); CCG: corrected calf girth (cm); Sex (1 for male and 0 for female); Race (-2 for Asian, 1.1 for African American and 0 for white or Hispanic)

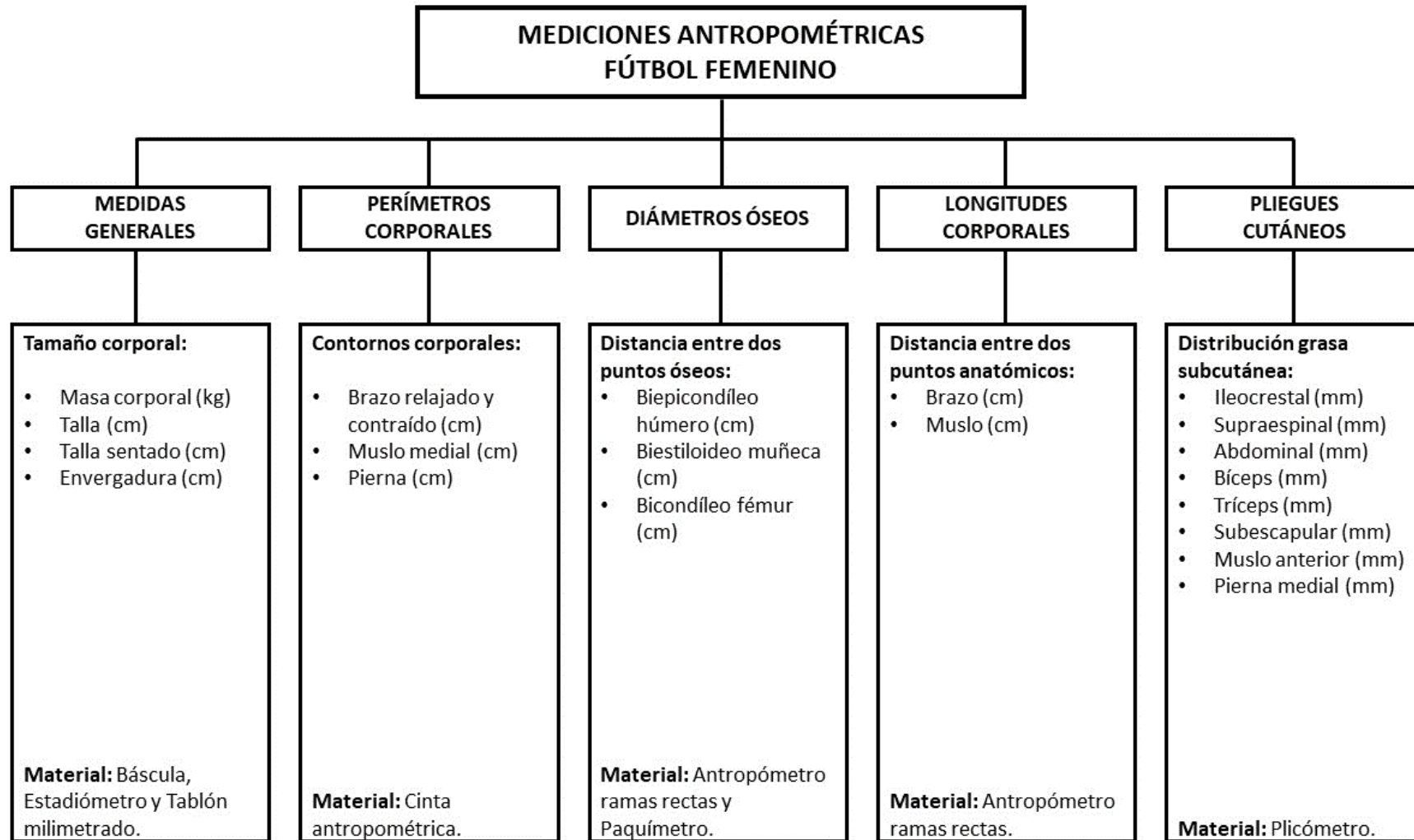


Figura 4. Mediciones antropométricas importantes fútbol femenino (adaptado de Canda, 2011) (95)



Figura 5. Materiales antropometría (adaptado de Canda, 2011) (95)

1.3.4. El salto como factor de rendimiento y su evaluación.

El fútbol requiere hacer frente a un gran número de acciones de elevada intensidad (cortas y repetidas) como saltos, disparos a portería, esprints, CD, aceleraciones y desaceleraciones, los cuales son determinantes cruciales del éxito o del propio fracaso en las diferentes situaciones de juego, y también buenos predictores del nivel de rendimiento de los jugadores (64). Además, un estudio de Faude et al. (2012), confirmó que saltar, cortar y esprintar, generan más del 50% de los eventos que terminan como impactos a alta velocidad con el oponente o lesiones musculoesqueléticas intrínsecas (100), lo que subraya la relevancia de prepararse para estas acciones no sólo desde el punto de vista del rendimiento (101), sino también para la prevención de lesiones (102).

Las extremidades inferiores poseen unas características que se relacionan con la capacidad de salto y que han sido estudiadas a través de determinados aspectos vinculados a esta capacidad (por ejemplo: masa muscular, longitud de dichas extremidades o tipos de fibras musculares) (103, 104). En base a ello, se han propuesto enfoques teóricos que permiten entender mejor los factores que afectan a la capacidad de salto y, algunos de ellos, integran una gran cantidad de parámetros morfológicos, fisiológicos o neuromusculares (105-107). Estos modelos han permitido responder a varias preguntas que no podían resolverse experimentalmente, como qué estrategias son las óptimas para el desarrollo y mejor de la coordinación muscular o los efectos de diferentes técnicas de salto (105-108).

Investigaciones previas han estudiado la capacidad de algunos saltos tanto en dirección vertical como en dirección horizontal y su relación en otras pruebas como el CD o el esprint, encontrándose por el momento, resultados contradictorios (109, 110). Algunos de estos estudios, han considerado que los saltos bilaterales, el CD y la aceleración, son cualidades independientes (109). Sin embargo, sabemos que, en el fútbol, igual que en otros deportes, la propulsión unilateral en dirección vertical y horizontal es determinante en la mayoría de las acciones (111). Entendiendo esta importancia, otras investigaciones han analizado la relación entre diferentes tipos de saltos (horizontales y/o verticales), ejecutados de forma bilateral y/o unilateral y la velocidad lineal. Tal y como hemos comentado anteriormente, en las mediciones de esta velocidad lineal, atendemos a la aceleración (distancias cortas de 5 a 10 m) y a la velocidad máxima. Se ha descrito que la aceleración es una tarea que depende más de la propulsión concéntrica (112), y la máxima

velocidad del esprint depende en mayor medida del ciclo de estiramiento-acortamiento (113). Esto supone que los saltos en los que se realiza contramovimiento, implican un ciclo de estiramiento-acortamiento, algo que podría generar una falta de relación entre dichos saltos y los esprints de menor distancia (5-10 m). Esta afirmación se ve reforzada por algunos estudios como el de Young et al. (114), el cual encontró una fuerte relación entre la fuerza concéntrica durante el salto en cuclillas y el tiempo de esprint de 2,5 metros, por el de Baker y Nance (115), que reportó resultados significativos similares entre la fuerza concéntrica y el tiempo en esprint de 10 m pero no para el tiempo de esprint de 40 m. En línea con esta hipótesis McCurdy et al. (2010), analizaron la relación entre saltos en los que sí se realizaba contramovimiento y la velocidad en esprints lineales de 10 m y 25 m (116). En su estudio se encontraron correlaciones significativas entre los saltos unilaterales y el rendimiento en esprint en 25 m, mientras que no se produjeron resultados significativos en las pruebas bilaterales. Todo ello, indica que deben realizarse más investigaciones que aporten conocimiento sólido y permitan aplicar protocolos de entrenamiento y evaluación adecuados.

1.3.4.1. Evaluación salto.

Si analizamos las publicaciones científicas previas, podemos encontrar una gran variedad de saltos que permitirán evaluar la fuerza del tren inferior de las jugadoras. Algunos de los más utilizados son: el salto de longitud de pie (117, 118), el salto de caída horizontal (119), el triple salto horizontal (120), el salto vertical o “*squat jump*” en inglés (SJ), el salto con contramovimiento o “*counter movement jump*” (CMJ) o el salto tras caída o “*drop jump*” en inglés (DJ) (121-124). Además de estos saltos, existen otras pruebas que permiten evaluar la fuerza isométrica de las extremidades inferiores, utilizando un dinamómetro (121, 125, 126) y aquellas pruebas que evalúan la fuerza isocinética (acción excéntrica y concéntrica) para las que se utiliza un dinamómetro isocinético (121).

1.3.4.2. Evaluación salto horizontal.

Tal y como se ha indicado anteriormente, los ejercicios de salto horizontal (SH) que más se utilizan para evaluar o trabajar la potencia de las extremidades inferiores son: el salto de longitud de pie (117, 118), el SH (119) y el triple salto horizontal (120). Cada una de estas pruebas tiene sus propias ventajas y desventajas, y se emplea en diferentes contextos, dependiendo de los objetivos de la evaluación o entrenamiento. En particular,

el salto de longitud de pie (ver figura 6) se ha destacado en estudios previos como un método efectivo tanto en ejecuciones bilaterales como unilaterales para evaluar la potencia de las extremidades inferiores (116, 119).

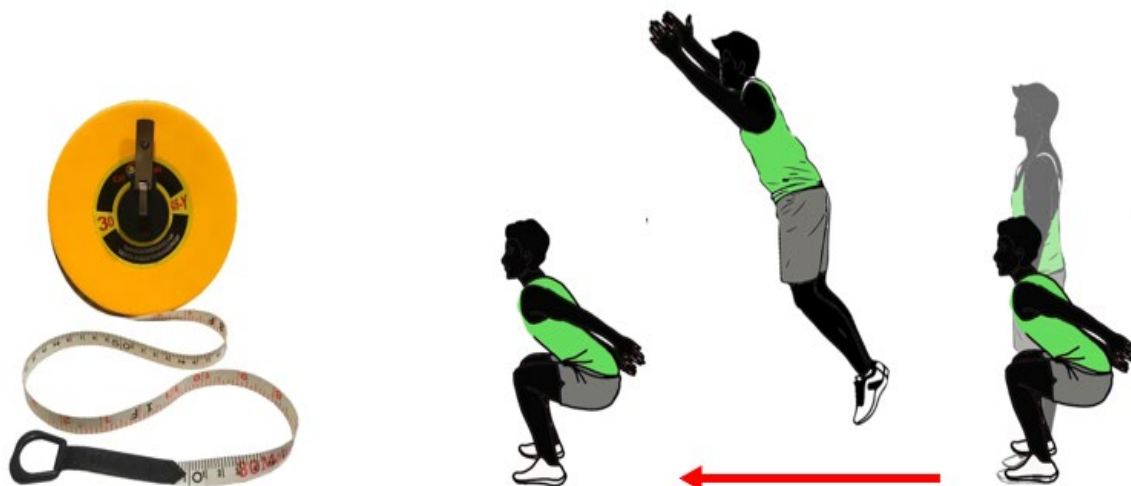


Figura 6. Material y ejecución SH (elaboración propia).

Estudios previos, han encontrado correlaciones altas entre SH unilaterales y la aceleración (111). Kugler et al. (2010), confirman que las fuerzas horizontales son importantes para la aceleración, sin embargo, la propulsión hacia delante no sólo requiere la máxima fuerza en esta dirección, además esta fuerza se debe aplicar de forma óptima (127). En el 2023, se publicó una revisión sistemática y metaanálisis, que indicaba que la distancia del SH se asocia positivamente con el rendimiento de esprint, demostrando que un atleta que salta más puede esprintar más rápido. Según dicho metaanálisis este resultado se debe a que en ambas tareas intervienen varias similitudes como, por ejemplo: la fuerza (generación de fuerza horizontal y la potencia de salida), el metabolismo energético (sistema anaeróbico), las características del movimiento (contactos unilaterales con el suelo y triple extensión articular), entre otras (128). En la misma línea, Young et al. (2012) realizaron un análisis de la posible relación entre la capacidad de esprintar (velocidad máxima y/o aceleración) y el SH en jugadores de fútbol universitario de élite, encontrando unos coeficientes de correlación entre la distancia de salto de longitud y el rendimiento de velocidad máxima que oscilaron entre 0,35 y 0,47, mientras que sus coeficientes de correlación con el rendimiento de aceleración fueron de 0,35 a 0,43 (129). Además, Mackala et al. (2015) también informaron de que los coeficientes de

correlación entre el salto de longitud y el tiempo de esprint de 10 m, 30 m y 100 m fueron de 0,70, 0,74 y 0,82 respectivamente (130). Sin embargo, las investigaciones sobre el SH son difíciles de interpretar por los diferentes protocolos utilizados y escasas en el fútbol en general y en el fútbol femenino en particular (131).

1.3.4.2. Evaluación salto vertical.

Tal y como se ha indicado anteriormente, los ejercicios de salto vertical que más se utilizan para evaluar o trabajar la potencia de los miembros inferiores son: el SJ, el CMJ o el DJ (121-124).

Algunas investigaciones han encontrado correlaciones entre los saltos verticales (SJ y CMJ) y la aceleración en distancias de 0-20 m (132-134). Los resultados muestran correlaciones más fuertes entre el SJ y la aceleración, esto es debido al hecho de que una fuerza de arranque adecuada es necesaria para vencer la inercia y no depende tanto del ciclo de estiramiento-acortamiento debido a una posición de arranque estática (135). Sin embargo, en el deporte del fútbol, los jugadores a menudo ya están en movimiento cuando se inicia un esprint (136). En este caso, el ciclo de estiramiento-acortamiento ya está contribuyendo a la generación de fuerza durante una arrancada en movimiento. Esto significa que mecánicamente es más similar a un esprint máximo donde el corto tiempo de contacto con el suelo y la asistencia de la energía elástica almacenada son un factor clave, el cual está más relacionado con el CMJ. Dado este conocimiento, puede ser más beneficioso para los entrenadores enfocarse en pruebas de evaluación y selecciones de ejercicios que mejoren la utilización del ciclo de estiramiento-acortamiento. Se debe considerar que otras variaciones en los resultados del rendimiento de la aceleración, incluyendo la fuerza máxima de la pierna y la técnica, no se tienen en cuenta y pueden tener una fuerte influencia en dichos resultados (137).

Por otro lado, estudios como el de Barnes et al. (2007) descubrieron fuertes correlaciones entre el CMJ y el CD utilizando esprints cortos y giros de 180° en atletas femeninas. Además, parece haber hallazgos relativamente consistentes que muestran que el CMJ podría predecir un mayor rendimiento CD en atletas femeninas (133).

Algo similar a lo que sucede en el SH, lo podemos encontrar en las mediciones de salto vertical, al utilizarse diferentes protocolos de salto para su evaluación. Estudios previos en fútbol femenino han utilizado diferentes métodos para evaluar el CMJ y, en algunos de ellos, se ha permitido el balanceo de brazos (Abalakov) y en otros no, obtenido datos

que van desde 21 cm a 53,1 cm (53, 138-147). Lo habitual es que, si los jugadores de fútbol utilizan el impulso que se genera con el balanceo del brazo, la altura saltada es mayor, mientras que un jugador de fútbol con un escaso impulso en la fase de balanceo y despegue del salto obtiene peores resultados en la prueba. Mujika et al. (2009), midieron la altura de CMJ en jugadoras de fútbol comparando el uso de los métodos en los que se permitía el balanceo de brazos (Abalakov) y aquellos en los que se solicitaba a las deportistas que colocaran las manos en la cadera, hallando diferencias de 4,7 cm a 5,4 cm entre ambos protocolos (52). Entendemos, por tanto, que las investigaciones sobre fútbol femenino que evalúan la altura del CMJ sin balanceo de los brazos podrían aportar una mayor coherencia, ofreciendo datos más fiables. En esta línea, dos estudios de hace más de una década (el primero de 2012 y el segundo 2013), descubrieron que las jugadoras de fútbol consideradas como élite de la división noruega obtenían datos de salto de $28,5 \pm 4,1$ cm y $26,8 \pm 3,3$ cm respectivamente, colocando en ambos las manos en las caderas (sin balanceo de brazos) (ver figura 7) (140, 141).

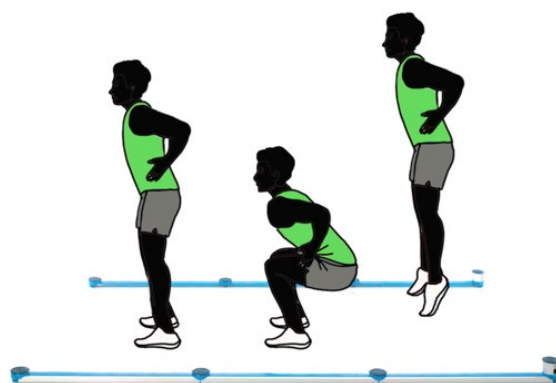


Figura 7. Material y ejecución CMJ (elaboración propia).

En base a todo lo anterior, podemos pensar que cuando el estado de entrenamiento de los sujetos, los protocolos, el equipamiento de evaluación y la edad de los sujetos se comparan, el balanceo de brazos produce resultados que no son del todo coherentes y un rango de datos más amplio en comparación a los que no se permite dicho balanceo. Por ejemplo, en la investigación mencionada anteriormente de Haugen et al. (2012) (141), se observaron diferencias entre las jugadoras del equipo nacional noruego, las jugadoras de primera división y las jugadoras de alto nivel junior, descubriendo que las jugadoras del equipo nacional saltaban un 8-9% más alto que las jugadoras de primera división y junior

($30,7 \pm 4,1$ cm frente a $28,1 \pm 4,1$ cm y $28,5 \pm 4,1$ cm), respectivamente. Esto sugiere que futbolistas de mayor nivel de juego y mayor edad producen resultados de rendimiento de altura de salto significativamente mayores. Sumado a ello, los estudios han encontrado que el balanceo aumenta significativamente la altura saltada (entre un 17,0 % y un 22,6 %) en la evaluación del CMJ (148-150). Todo ello, dificulta la tarea de comparar y contrastar realmente los datos reales de cada estudio de investigación. Por lo tanto, es necesario sugerir una mayor coherencia de los métodos de CMJ al investigar el fútbol femenino.

1.3.5. La velocidad lineal como factor de rendimiento y su evaluación.

El esprint en línea recta es uno de los elementos clave en el rendimiento del fútbol profesional, ya que se ha identificado como la acción más frecuente en aquellas acciones que finalizan en gol (100). Estudios previos han analizado la distancia media del esprint en competición en jugadores de fútbol (41, 151), situándola en 3,5-6,5m e indicando que el 49% de estos son de menos de 10m (152). Estas distancias, refuerzan la idea de que la aceleración inicial (aproximadamente en los 5-10 primeros metros), es uno de los aspectos más importantes del propio esprint y que, unida a otros como la velocidad de reacción, la toma de decisión o la motricidad, la convierten en una capacidad de cierta complejidad (72). En jugadoras de fútbol femenino, algunos autores han analizado la velocidad lineal presentado datos del tiempo en los primeros 5m (153) y, en otros estudios, sólo se han analizado los tiempos en 20m (152). No obstante, son escasas las investigaciones en jugadoras de fútbol femeninas que analizan esta velocidad de esprint y, sobre todo, la evalúan de forma fragmentada para obtener los tiempos en los primeros metros.

Anteriormente (pág. 36), se ha definido la velocidad como la capacidad que permite al sujeto realizar tareas motrices en el mínimo tiempo posible (66). En el caso del esprint lineal asociado al fútbol, es necesario resaltar la importancia que se le otorga a esta capacidad (154) las manifestaciones de esta que influyen en el propio deporte (ver figura 8) (155).

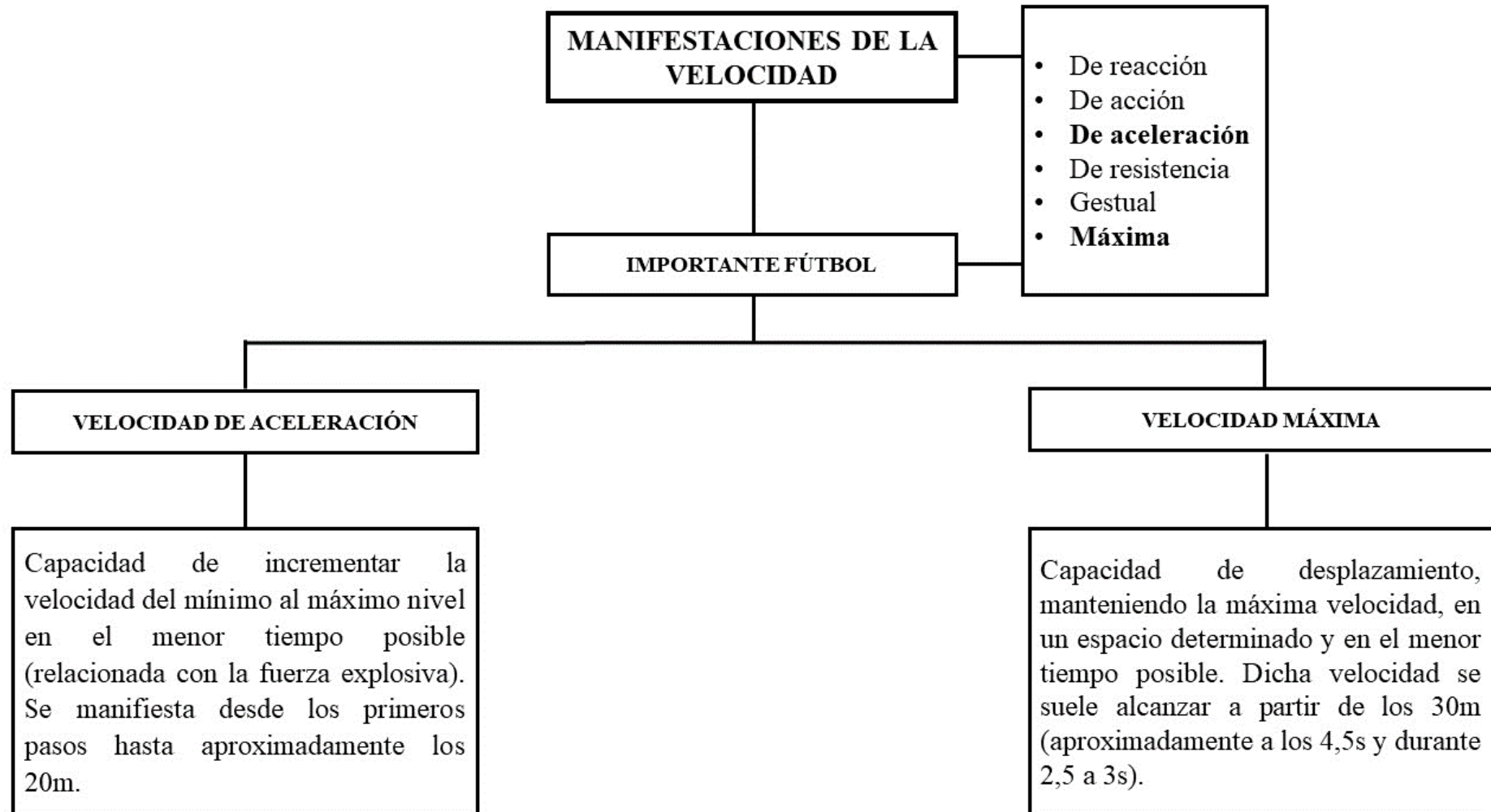


Figura 8. Manifestaciones de la velocidad (adaptada de Rodríguez, 2004) (155).

A pesar de que la velocidad máxima suele estar asociada a un mayor rendimiento, lo normal es que no se recorran distancias que lleguen a esos 30 metros mencionados (156) y, por tanto, la velocidad de aceleración podría ser más relevante que la velocidad máxima (157, 158).

1.3.5.1. Evaluación velocidad lineal.

En la evaluación de la velocidad lineal de esta modalidad deportiva, la literatura existente sugiere que las distancias evaluadas suelen variar desde un mínimo de 5 m hasta un máximo de 40 m (159). Además, se ha establecido que la velocidad máxima generalmente se alcanza después de cubrir más de 30 m y se mantiene durante aproximadamente 2,5 a 3 segundos adicionales. Sin embargo, es crucial reconocer que, en el fútbol, la mayoría de las carreras son de corta distancia, generalmente entre 10 y 20 m, y toman menos de 4 segundos para completarse (155). Estas carreras de corta distancia están directamente influenciadas por la capacidad de aceleración del jugador más que por su velocidad máxima (136, 160). A pesar de ello, un mayor rendimiento en estas distancias (30-40 m) también está influenciado por la capacidad de recorrer rápido los primeros metros (5 m a 14 m) pudiendo encontrarse diferencias en los 10 m de 1,79 s a 1,91 s (152, 158, 161). Esta afirmación se ve reforzada en una revisión sistemática reciente, la cual concluyó que la evaluación de distancias cortas (5 m) y más largas (40 m) es vital en el rendimiento de los deportistas (ver figura 9) (162).

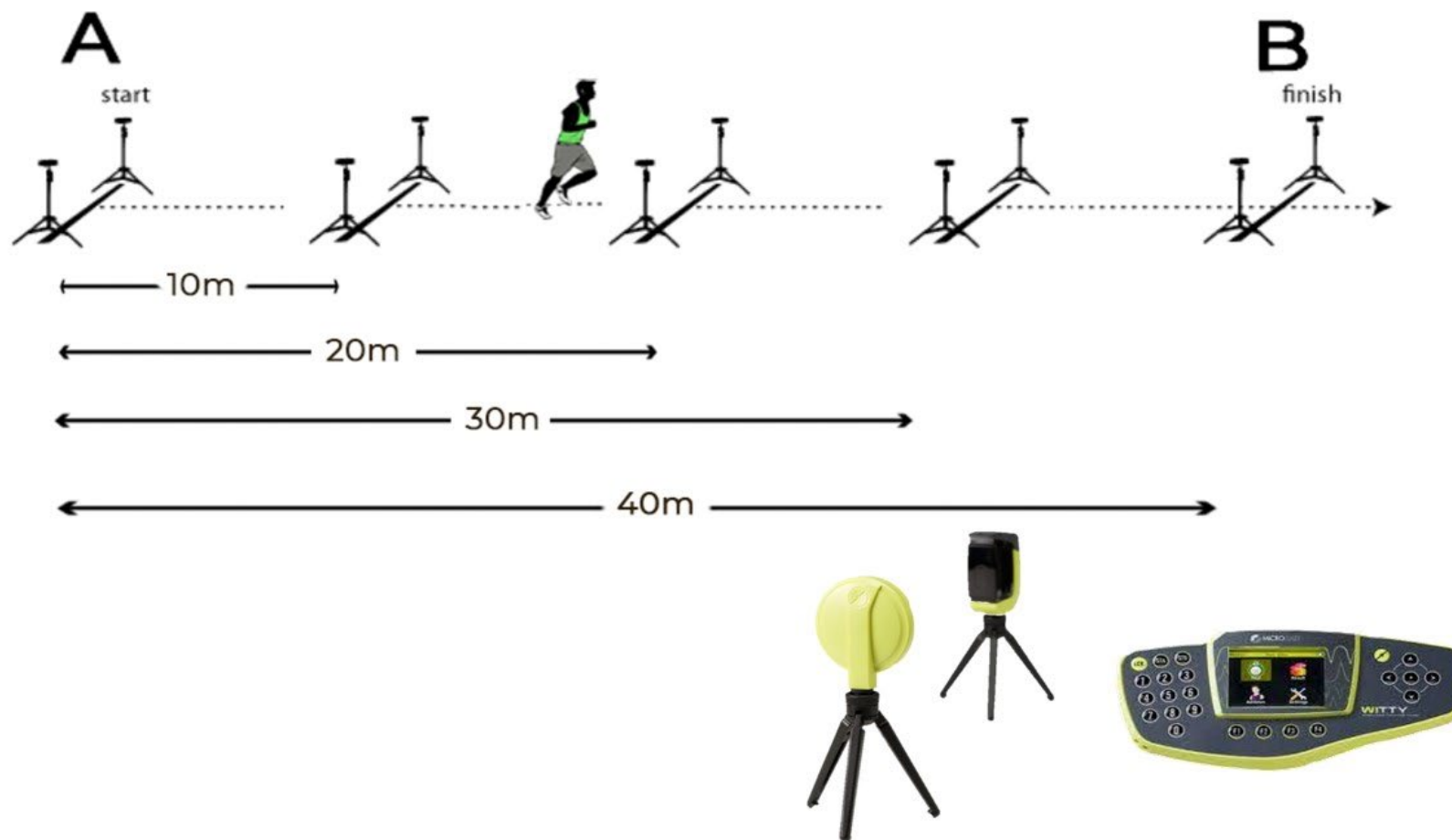


Figura 9. Material y ejecución esprint lineal (elaboración propia).

Dentro del protocolo de evaluación, otro de los aspectos a tener en cuenta es el sistema de cronometraje a utilizar. Estudios previos (163-167), han demostrado menor precisión en sistemas de un haz frente a los de doble haz. Estos sistemas de doble haz evitan errores de medición que se dan cuando el sujeto rompe alguno de los haces con un brazo o con el muslo (163, 164, 166). Sumado a lo anterior, la colocación de las fotocélulas a una altura adecuada reduce posibles errores de medición y se recomienda que se ubiquen en un punto en el que sólo una parte del cuerpo pueda cortar el haz de luz (166). No obstante, en este punto existe cierta controversia ya que algunos estudios sitúan las fotocélulas a 140 cm del suelo (141), otros a 100 cm (52) y otros a 25 cm (168).

Todo ello nos confirma la escasez de investigaciones en la población estudiada y los posibles problemas metodológicos de algunas de estas investigaciones. Por lo tanto, se requieren más investigaciones con metodologías detalladas que permitan comparar los resultados y mejorar el rendimiento de las futbolistas.

1.3.6. El CD como factor de rendimiento y su evaluación.

Otra de las habilidades asociada a la agilidad de las jugadoras es el CD. Dicha habilidad implica acelerar, decelerar y la propia acción de cambiar la dirección lo antes posible, siendo un aspecto determinante en el juego (169, 170). A pesar de que no existe una definición aceptada de forma universal, la agilidad se podría entender como la realización de un movimiento que implique los componentes anteriormente citados de forma repetida (171, 172). Sumado a lo anterior, algunos autores entienden que, además de las demandas físicas, gran parte de estas acciones se producen como respuesta a estímulos previos, y de ello surge el concepto de agilidad reactiva (173).

En los deportes de equipo, los movimientos del balón o de los miembros del equipo propio y del oponente, son estos estímulos previos al CD y, normalmente, se traducen en movimientos de ida y vuelta, carreras en varias direcciones, zig-zag u otros similares (174). En los partidos de fútbol, se producen de 1000 a 1500 cambios de intensidad o movimientos de forma discreta, es decir, una media de 1 cada 5 segundos aproximadamente (175). Este dato se confirma en otros estudios que han registrado todas aquellas acciones que suponían un cambio de intensidad en partidos de fútbol de jugadoras femeninas consideradas como élite y los datos de estas investigaciones hablan de 1641 ± 41 (31) y 1397 ± 34 (62), acciones durante los 90 minutos de juego. Uno de

los estudios más determinantes a la hora de demostrar la importancia del CD en el rendimiento de este deporte fue el de Bloomfield et al., el cual analizó estas acciones en jugadores de la “*Premier League*” (liga inglesa) (176). Los resultados de estos autores reflejaron que los jugadores invirtieron algo menos de un tercio del partido (32% de los 90 minutos) en movimientos como giros, desplazamientos laterales o diagonales y hacia atrás. Todo ello, sumado a otros estudios, nos permite confirmar que estas acciones son clave en el fútbol a todos los niveles (52, 110, 136, 172). No obstante, futuros estudios deberían proporcionar información más detallada que incluya el número de aceleraciones, la intensidad a la que se realizan, el tipo de desplazamientos u otros factores clave, en fútbol femenino de élite.

1.3.6.1. Evaluación del CD.

Para evaluar el CD, existen diferentes pruebas y, en muchas ocasiones, estas se han adaptado a las demandas específicas del cada deporte. Brughelli et al. (177), aportan una clasificación de estas pruebas que se divide en tres áreas (ver figura 10).

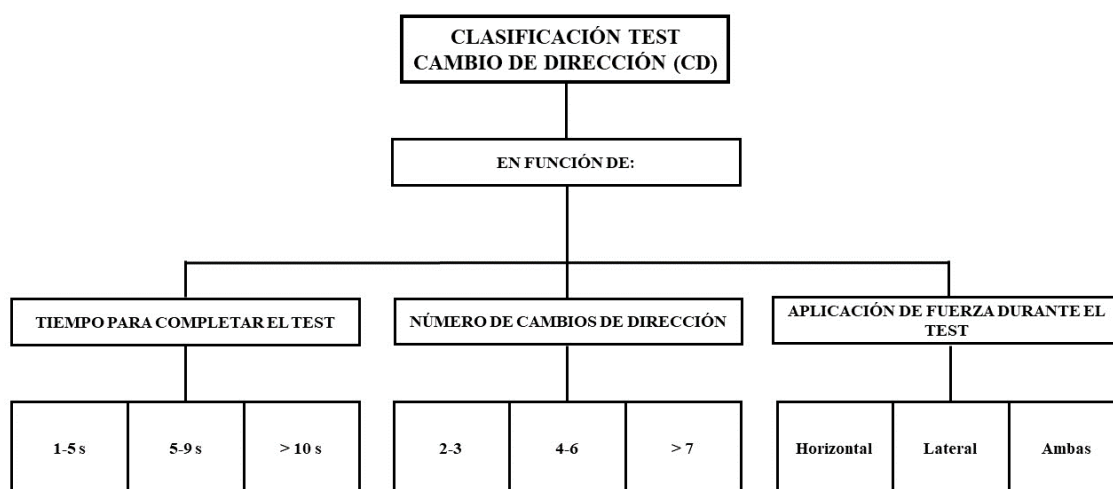


Figura 10. Clasificación pruebas CD (adaptada de Brughelli et al., 2008) (177).

Las pruebas de evaluación más utilizadas en fútbol son el T-test, V-cut, test 505 o el Agility test, por ejemplo. Según el estudio de Altmann et al. (162), los valores de fiabilidad para estos test son adecuados tanto en el coeficiente de correlación intraclassa ($CCI > 0,75$) como en el coeficiente de variación ($CV < 3\%$). Otros estudios han utilizado

el "test 505" (ver figura 11), ejecutado con ambas piernas, el cual se ha utilizado previamente en futbolistas (178), u otros deportes con terrenos de juego similares como el rugby (179, 180). Además, estudios como el de Till et al. (2011), analizaron la ejecución de la prueba "test 505" de forma unilateral, demostrando valores de fiabilidad adecuados para la pierna derecha (CCI > 0,84; CV <3,1 %) e izquierda (CCI > 0,82; CV <3,5 %) (180). Este tipo de test es necesario en deportes que requieren un alto número de CD como el fútbol (178).

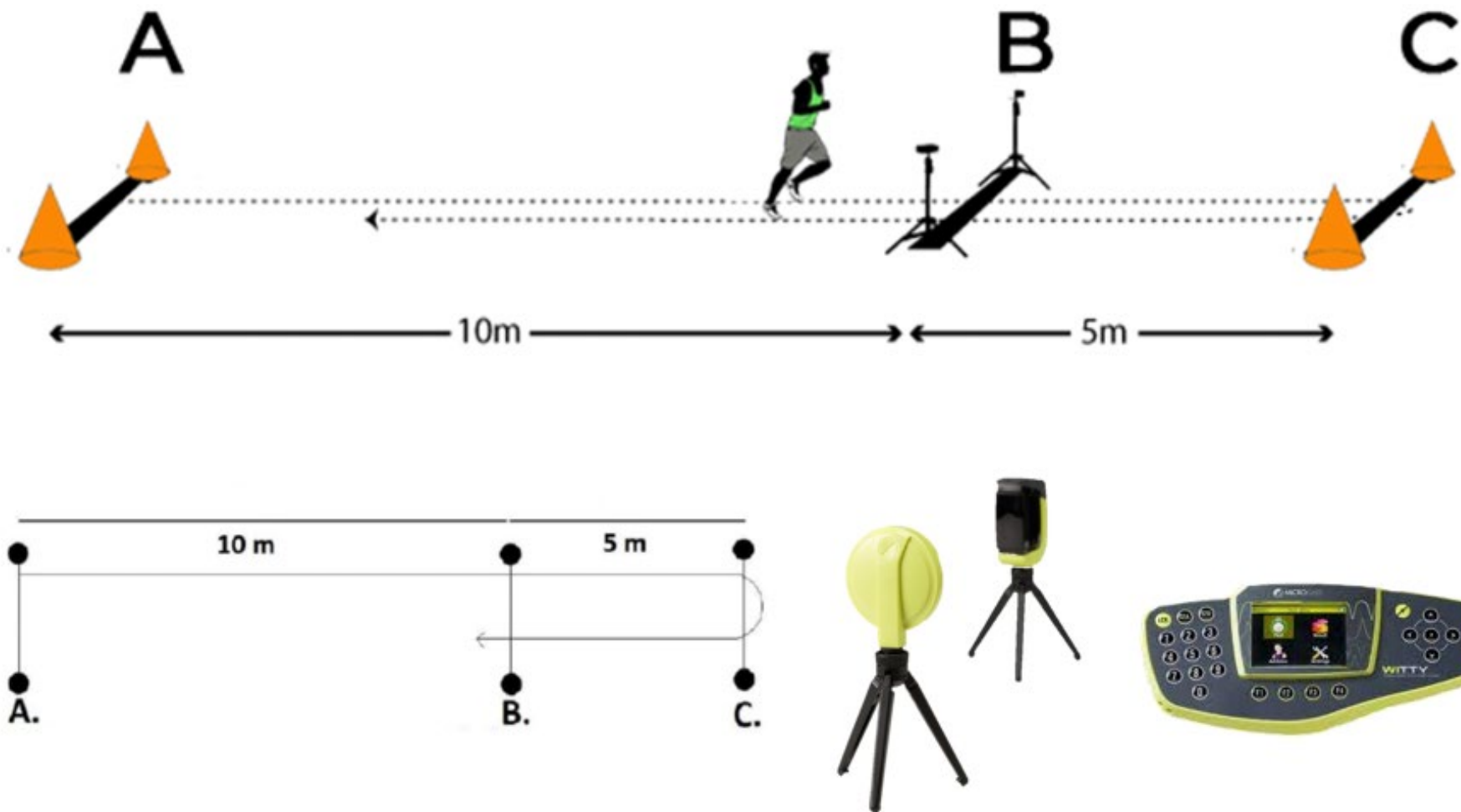


Figura 11. Material y ejecución test 505 (elaboración propia).

De igual forma que sucedía en la medición del esprint lineal, se deberá tener en consideración el sistema de cronometraje a utilizar, priorizando aquellos de doble haz (163-165). Además, la colocación de las fotocélulas a una altura adecuada minimizará los errores de medición (166).

1.3.7. La movilidad como factor de rendimiento y su evaluación.

La flexibilidad puede ser definida como la capacidad de las articulaciones de moverse en la amplitud necesaria para aquellas acciones específicas de la actividad físico-deportiva (71). Por ello, estudios previos hablan de la libertad del movimiento articular y relacionan esta cualidad con esa amplitud del movimiento, aspecto que se considera clave en la mejora del rendimiento deportivo (181, 182).

Sumado a lo anterior, otros autores la consideran una propiedad del tejido corporal que permite alcanzar una determinada amplitud de movimiento articular sin lesionarse (183), entendiendo que el tipo de flexibilidad depende, además de esta amplitud, de algunos factores como la acción específica, la velocidad de ejecución de la misma, el ángulo (184) o incluso la longitud de músculo en un punto concreto del rango del movimiento (185). Por todo ello, podemos afirmar que esta cualidad integra, además de la movilidad articular, la elasticidad del tejido muscular (186).

Dentro de las formas de agrupar la flexibilidad, una de las más utilizadas es la siguiente (187):

- Flexibilidad de tipo pasiva: En esta debe estar presente una fuerza externa que permite alcanzar la máxima amplitud de movimiento articular sin provocar lesión.
- Flexibilidad de tipo activa: A diferencia de la anterior, se busca alcanzar la máxima amplitud de movimiento a través del propio control muscular del sujeto.

Si analizamos las diferentes disciplinas deportivas, podemos observar que, en algunas de ellas, la flexibilidad es una cualidad más determinante que en otras (por ejemplo, deportes de expresión frente a deportes de equipo). En el caso del fútbol, las acciones específicas demandan niveles inferiores de movilidad, no obstante, sigue siendo una cualidad importante para la ejecución de acciones límite o evitar lesiones al realizarlas (188). Algunos estudios, han demostrado que el trabajo y la mejora de la flexibilidad, favorece también al aumento del nivel de fuerza (189).

La amplitud de movimiento o “*Range of Motion*” en inglés (ROM), es la medición que se realiza a los deportistas y que, de forma indirecta, determina la flexibilidad de estos. Así pues, un ROM adecuado permite mejorar el rendimiento y prevenir lesiones (190). A su vez, una limitación o exceso de este ROM genera, por tanto, un aumento de ese riesgo lesivo (191). También es importante tener en cuenta que esta cualidad mejora hasta aproximadamente los 12 años, momento en el que se estabiliza, siendo necesario trabajarla (192). Analizando el fútbol femenino, algunos estudios confirman que las mujeres tienen mayor flexibilidad que los varones y que, en este deporte, una adecuada flexibilidad permitirá ejecutar las acciones específicas de forma correcta (72).

1.3.7.1. Evaluación de la movilidad.

La evaluación de la movilidad o de la flexibilidad en el fútbol, debido a los aspectos característicos de las propias modalidades deportivas, se ha centrado en test que permitían valorar esta cualidad en el tren inferior. Algunos de los más utilizados han sido (193):

- Aquellos que sirven para evaluar la flexibilidad/movilidad de la parte inferior de la espalda y la musculatura posterior de las piernas. Entre estos, destaca el “*Sit-and-Reach*” (prueba de sentarse y estirarse), el “*V-sit-and-reach*” que es una variante del anterior en la que se colocan las piernas en posición de “*V*” y el “*Toe-Touch*” (prueba de tocar la punta de los dedos de los pies).
- Los que evalúan la movilidad del tobillo y su estabilidad. Entre estos destacan el test de flexión dorsal de la articulación tibioperonea-astragalina (del tobillo) que se centra sólo en la movilidad de esta articulación y el “*Star Excursion Balance Test*” que es una prueba de tipo dinámico que requiere fuerza, flexibilidad y capacidad propioceptiva de las extremidades inferiores, centrándose principalmente en la pierna de apoyo durante el test.

Por lo tanto, la capacidad para cuantificar con precisión la flexión dorsal del tobillo es fundamental para comprender y optimizar varios aspectos del rendimiento deportivo y el tratamiento de lesiones (194, 195). Por lo tanto, la capacidad para cuantificar con precisión la flexión dorsal del tobillo es fundamental para comprender y optimizar varios aspectos del rendimiento deportivo y el tratamiento de lesiones (ver figura 12).

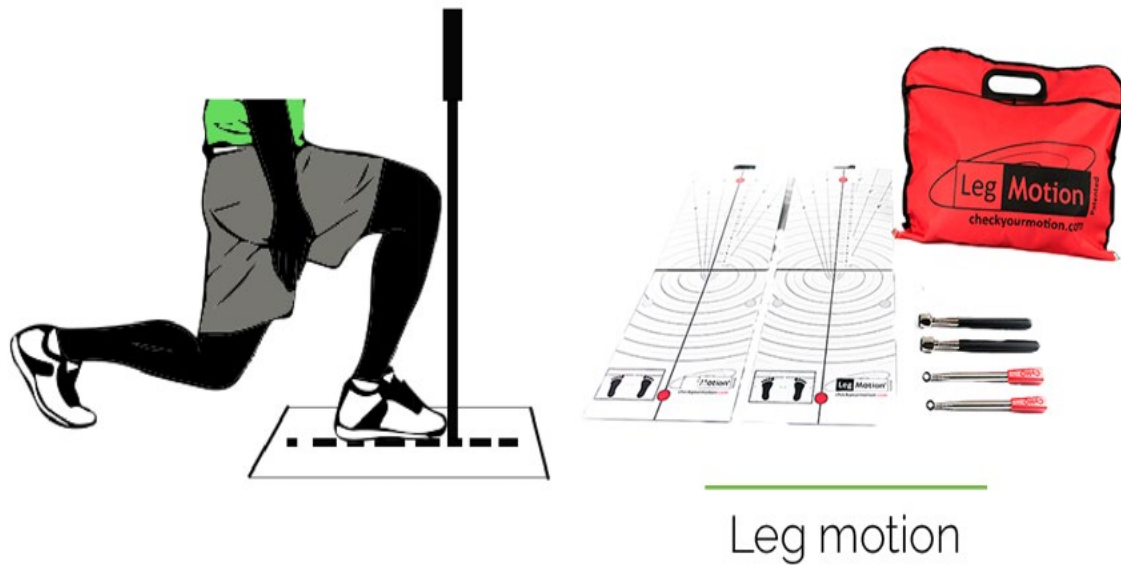


Figura 12. Material y ejecución test flexión dorsal tobillo (elaboración propia).

1.3.8. Las asimetrías funcionales como factor de rendimiento y su evaluación.

Tal y como se ha comentado anteriormente en algunos apartados de la introducción, el fútbol requiere un alto nivel de forma física y el dominio de habilidades específicas del deporte (técnicas y tácticas). Las jugadoras deben realizar repetidos esprints, CD, saltos verticales y horizontales, aceleraciones y desaceleraciones (196). En consecuencia, estas acciones suelen ser impredecibles y, por lo tanto, con frecuencia dan lugar a una distribución desigual de la carga en cada extremidad (197). Teniendo esto en cuenta, se ha producido un incremento significativo de los estudios que investigan la asimetría entre extremidades, que se refiere a la diferencia en la función o el rendimiento de una extremidad con relación a la otra (198, 199). Los principales motivos por los que se pueden producir dichos desequilibrios son los siguientes (200, 201):

- Trabajo de readaptación física después de que un deportista se lesione.
- El tipo y carga de entrenamiento.
- El tipo de actividad deportiva o las demandas dependientes de la posición.

Relacionado con este último punto, encontramos modalidades deportivas en las que podemos encontrar mayor predisposición a estas asimetrías (por ejemplo: balonmano, tenis o fútbol). En el caso del fútbol, el desequilibrio se suele producir entre las

extremidades inferiores, pudiendo afectar al rendimiento o aumentar el riesgo lesivo (202, 203).

Algunas de las referencias que se utilizan al evaluar las diferencias entre extremidades o asimetrías funcionales son, el índice de asimetría entre extremidades o el déficit unilateral (204, 205). Centrándonos en este último, sabemos que, al principio, estos déficits unilaterales se consideraban cuando se superaba el 15% de asimetría (206) y, posteriormente, esta cifra se situaba por debajo del 10% (207), encontrándose un factor de riesgo añadido de algunas lesiones de articulaciones importantes como el tobillo o el pie, las cuales aumentaban hasta en 4 veces (208). Por otro lado, atendiendo al índice de simetría, Ardern et al. (2011) observaron que aquellos deportistas con una simetría igual o superior al 85%, tenían más probabilidades de volver con éxito a la práctica deportiva (209). La evaluación de estas asimetrías en fútbol se basa en pruebas de fuerza, salto o incluso movilidad (210-212).

1.3.8.1. Evaluación de las asimetrías funcionales.

Cuando se miden las asimetrías de la parte inferior del cuerpo, se utilizan ejercicios como las sentadillas (210), la dinamometría isocinética (211, 213) y tareas isométricas (por ejemplo, el pulldown de medio muslo o la sentadilla isométrica) (214, 215). Aunque son prácticas, algunas pruebas son caras y requieren mucho tiempo, lo que dificulta su uso sobre el terreno. Por lo tanto, es posible que se necesiten otros métodos para evaluar la asimetría entre extremidades que requieran menos tiempo y sean menos costosos. Las pruebas de salto proporcionan una forma práctica y rápida de evaluación física, a menudo imitando patrones de movimiento (es decir, triple extensión de las articulaciones del tobillo, rodilla y cadera) observados en los deportes (216, 217). En investigaciones anteriores se han utilizado pruebas bilaterales y unilaterales para medir las asimetrías, como el SH (202, 218) y el CMJ (218, 219). Por lo tanto, conociendo la importancia de esta medida y dominando la gama de protocolos utilizados previamente para medir la asimetría, los profesionales deben considerar cuál es el más apropiado para sus atletas basándose en el análisis de las demandas del deporte, el historial de entrenamiento de los jugadores y la familiaridad previa con los protocolos. Como se ha señalado, no todas las pruebas requieren mucho tiempo, habilidad o inversión de dinero. En resumen, la evaluación de las asimetrías de músculos o grupos musculares específicos es una medida importante que podría ayudar a aclarar el origen de posibles asimetrías en tareas de rendimiento específicas.

Por otro lado, la evidencia científica existente ha identificado la restricción de la dorsiflexión del tobillo como un importante factor de riesgo, el cual podría ser el origen de lesiones agudas relacionadas con el deporte, como la rotura del ligamento cruzado anterior (212), así como para desarrollar trastornos por sobreuso como las tendinopatías rotulianas (220) y aquiliana, el síndrome de estrés de la tibia y el síndrome de dolor patelofemoral anterior (221). En consecuencia, parece probable que las restricciones en la amplitud del ROM de la dorsiflexión del tobillo deban ser uno de los factores clave a controlar en fútbol, ya que puede contribuir al impulso en valgo de la rodilla durante las tareas de aterrizaje y los movimientos en cuclillas (221). Esto último, a su vez aumenta las demandas de fuerza no deseadas más arriba en la cadena cinética de la rodilla (222).

En los últimos años, más investigaciones han examinado la asociación entre la asimetría y algunas pruebas de rendimiento físico (202, 218, 223). Por ejemplo, Maloney et al. (2019) demostraron que la asimetría en el salto durante la prueba de salto unilateral se asociaba con un menor rendimiento en el CD ($r = 0,6$) en varones adultos sanos (224). De forma similar, Bishop et al. (2018), demostraron que una asimetría unilateral en el CMJ del 12,5% se asociaba con un menor rendimiento en el esprint lineal y el salto en jugadores de fútbol juveniles (225). Por el contrario, Lockie et al. (2014), no encontraron ningún efecto sobre el CD y el rendimiento de la velocidad lineal asociado a una asimetría unilateral del CMJ del 10,4% en jugadores colegiales masculinos (202).

Por su parte, Dos'Santos et al. (2018) encontraron una asimetría en el SH unilateral del 6,3% que no mostró asociación con el rendimiento en el CD en una muestra universitaria masculina (218). Además, según el conocimiento de los autores y de forma bastante importante, existen pocos estudios en poblaciones de jugadoras de fútbol adultas (199, 219). Cabe destacar que los estudios mencionados anteriormente hallaron que las pruebas de salto son más sensibles para identificar asimetrías entre extremidades (8 a 12%) que las pruebas CD (2 a 3%) y se relacionaron negativamente con los tiempos de esprint (199, 219). Estos resultados contradictorios indican la necesidad de aumentar el conocimiento a través de investigaciones que permitan establecer la relación entre estas asimetrías y el rendimiento físico.

1.4. Programas de entrenamiento para la mejora del rendimiento en fútbol femenino.

En apartados previos, se han mostrado algunos de los aspectos clave para la optimización y mejora del rendimiento de este deporte, los cuales están asociados a las demandas físicas competitivas. Sumado a lo anterior, la creciente popularidad del fútbol femenino somete a las jugadoras a mayores volúmenes de entrenamiento y exigencias competitivas. Por tanto, se necesita entender de forma adecuada aquellos cambios que se pueden producir en el rendimiento físico de las jugadoras. Esto permitirá a los responsables de los equipos (preparadores físicos, entrenadores, etc.), el diseño adecuado de programas de entrenamiento. Por ello, las jugadoras de fútbol han sido evaluadas mediante una amplia variedad de pruebas físicas. Estas pruebas pueden realizarse en el laboratorio, que es más fiable, y en el campo de fútbol, siendo esta última opción más popular debido a su simplicidad y menor coste (226).

Desde hace unos años hasta ahora, se ha investigado el efecto de algunos programas de entrenamiento y su posible vinculación con la mejora del rendimiento. Entre estos programas, podemos destacar el entrenamiento pliométrico (EP), el entrenamiento de la fuerza (EF), el entrenamiento “*speed, agility and quickness*” (SAQ), el entrenamiento combinado o el ENM (101, 140, 227, 228). No obstante, existen muchas dudas sobre cuáles son los mejores programas/ejercicios, intensidades y densidades para aumentar el rendimiento de las futbolistas.

A continuación, con la finalidad de identificar los programas de entrenamiento más efectivos, se realizará un análisis sobre el efecto de estos en el rendimiento.

1.4.1. Programas de entrenamiento basados en la pliometría.

El EP supone la realización de un ejercicio relacionado con el ciclo acortamiento-estiramiento y, por ello, hay una primera fase en la que se produce una acción excéntrica rápida, seguida de una fase concéntrica realizada también de forma explosiva (229). Las propiedades elásticas de las fibras musculares observadas tras esa primera fase de rápido estiramiento (estructura músculo-tendón), permiten a los músculos almacenar energía, la cual se libera rápidamente si a ese estiramiento le sigue de forma inmediata la fase concéntrica, aumentando, por tanto, la potencia generada (230, 231). El uso del EP permite a las jugadoras de fútbol, mejorar los saltos, la velocidad en esprint, los CD, la

potencia de golpeo del balón, así como algunos aspectos relacionados con la resistencia (202).

Se piensa que la mejora del salto tras la aplicación del EP se debe, en parte, a algunas adaptaciones neuronales como la inhibición que se produce en la musculatura antagonista, la activación de la musculatura sinergista, la reducción de inhibidores neurales, el aumento de la excitabilidad y la sincronización de las motoneuronas agonistas (232-237). Según la revisión sistemática y metaanálisis de Stojanović et al. (2017), el EP es efectivo en la mejora del rendimiento de distintos tipos de salto en dirección vertical (SJ, CMJ y DJ) en atletas femeninas (238). Además, este mismo estudio concluye que, en general, los efectos en intervenciones que tienen una duración de más de 10 semanas son mayores a los de intervenciones de menos duración. Esta afirmación se ve reforzada por otros estudios que analizan intervenciones de EP en atletas femeninas con una duración de 6 semanas (239-241). En esa misma línea, otros autores como Chimera et al. (2004), aplicaron un programa de entrenamiento basado en la pliometría con una duración de 6-semanas en jugadoras de fútbol que entrenaban una media de 2 veces por semana (242). El grupo experimental (GE) realizó ejercicios de pliometría además del entrenamiento normal, no mostrándose mejoras significativas en la capacidad de salto tras la intervención. Sin embargo, Siegler et al. (2003), utilizaron un programa EP y anaeróbico/de alta intensidad de 10 semanas de duración con 34 jugadoras de fútbol. En este último estudio, se registraron mejoras en la velocidad y la altura de salto en comparación al grupo de control (GC), que continuó con su programa aeróbico habitual de acondicionamiento físico (168). Existen también algunas investigaciones que analizan los efectos de un EP sobre algunos indicadores de la BC de futbolistas femeninas, observándose mejoras en el peso (kg), el % de grasa y masa muscular (kg) (243).

Se han publicado varias revisiones y metaanálisis relacionados con programas de EP en fútbol (244, 245). Este programa podría ser una solución de entrenamiento eficaz para mejorar aquellos aspectos que están relacionados con la potencia. No obstante, esta evidencia no ha sido aclarada en jugadoras de fútbol, aunque ha incrementado el valor científico del EP en relación con la mejora de los niveles de condición física (244, 245). Por lo tanto, se justifican más estudios para esta población.

1.4.2. Programas de entrenamiento basados en la fuerza.

En un deporte como el fútbol, tanto la fuerza absoluta (fuerza máxima que un sujeto puede desarrollar) como la fuerza relativa (fuerza con relación al peso corporal) de las extremidades inferiores, son clave si buscamos una mejora del rendimiento deportivo. La primera, es interesante a la hora de golpear el balón o luchar por la posición con otros jugadores y, la segunda, lo es para aquellas acciones en las que el desplazamiento de nuestro peso corporal es determinante (saltar, esprintar, cambiar de dirección, etc.) (246-248). Sumado a lo anterior, el trabajo de la fuerza absoluta requiere habitualmente medios externos (sobrecargas) y, en el caso de la fuerza relativa, se suele trabajar con el propio peso corporal. Esto es un aspecto que se debería tener en cuenta al plantear programas de entrenamiento que, posteriormente, deben aplicarse en diferentes equipos, los cuales cuentan con recursos muy heterogéneos (disponer de instalaciones anexas para el trabajo de fuerza o tiempo suficiente dentro del entrenamiento). Estudios previos, muestran que unos niveles de fuerza relativa mayores mejoran la capacidad de salto, el esprint lineal, CD y reducen el riesgo de lesión (248-250).

En un estudio de 2019, realizado a jugadoras de fútbol españolas jóvenes, en el cual se hizo una división con dos grupos experimentales (uno de ellos hizo un trabajo específico de “*hip thrust*” y otro grupo realizó sentadilla posterior) y un GC, los resultados indicaron que el grupo que realizó el “*hip thrust*” mejoró en el esprint lineal 20m respecto al otro GE (sentadilla posterior), pero no se encontraron diferencias con relación al GC. Por otro lado, el grupo “*hip thrust*” sí mejoró en el CD (122). Entendemos que esto se puede deber a la relación de este tipo de trabajo en la aceleración y en el control excéntrico que supone frenar para realizar ese CD. El estudio de Siegler et al. (2003), realizó una intervención basada en ejercicios de fuerza a cargas medio-bajas y pliometría en jugadoras de fútbol (168). Tras la aplicación de dicho programa, se observaron mejoras significativas en el esprint lineal de 20m. Esto podría mostrar que el trabajo de fuerza a cargas medio-bajas combinado con la pliometría supone una mejora en el esprint lineal. Sumado a ello, el programa propuesto, es de menor duración, mayor frecuencia semanal e implica el uso de menos recursos materiales, algo que se adapta mejor a la situación actual de los equipos (168). Sumado a lo anterior, existen algunas investigaciones que analizan los efectos de un programa de EF con autocargas/propio peso corporal (251) y de un programa de trabajo excéntrico (252), sobre indicadores de la BC de futbolistas femeninas, observándose resultados interesantes.

Por todo ello, un programa de EF puede contribuir no sólo a mejorar la potencia de salto, la aceleración y la fuerza general de las piernas, sino también la propiocepción general del tren inferior (253). Sin embargo, faltan estudios de intervención que incluyen programas basados en el trabajo de fuerza en relación con la condición física en jugadoras de fútbol (140). A pesar de ello, sí se han publicado varias revisiones y metaanálisis relacionados con este tipo de programas en diferentes poblaciones y deportes (113, 254, 255). No obstante, la mejoría provocada plantea ciertas dudas, ya que no se establecen las dosis y/o ejercicios recomendados para aumentar los niveles de fuerza de las extremidades inferiores. En relación con esto, es necesaria la investigación para proporcionar a entrenadores y profesionales más información para planificar sus programas de entrenamiento.

1.4.3. Programas de entrenamiento basados en el speed, agility and quickness.

Tal y como se ha indicado anteriormente, los programas de entrenamiento conocidos con las siglas SAQ (del inglés: “*speed, agility and quickness*”), combinan ejercicios de velocidad, CD y agilidad de los pies. Por tanto, podemos decir que estos trabajos suponen un entrenamiento más específico de este tipo de cualidades. Algunos estudios han analizado su influencia en jugadoras de fútbol de élite, aplicando un programa de una duración de 12-semanas (146). En esta investigación se divide a las jugadoras en 2 grupos experimentales (propuesta de SAQ con material y propuesta de SAQ sin material) y 1 grupo control. Los resultados mostraron una mejora importante de los GE frente al GC en el CD y en el esprint de 25m. Posteriormente, un estudio en jóvenes jugadores de fútbol masculinos, realizaron un programa de acondicionamiento basado en el SAQ de 12 semanas (256). Los resultados mostraron mejoras en diferentes pruebas de CD (slalom y esprint con giros de 90° conduciendo y sin conducir balón y esprint con carrera hacia delante y detrás).

De igual forma que en las propuestas de entrenamiento previas, el SAQ puede contribuir a la mejora del rendimiento en este deporte y las practicantes del mismo. No obstante, a pesar de que hay propuestas que hablan de mejoras aplicando estos programas en 4 semanas, se obtienen mejores resultados tras una aplicación más prolongada (8-12 semanas) y un volumen mayor (3 entrenamientos semanales) (257). Tal y como se ha indicado, existe cierta evidencia de su eficacia aplicada al fútbol, pero la escasez de

estudios y, sobre todo, aplicados al fútbol femenino, generan la necesidad de seguir investigando.

1.4.4. Programas de entrenamiento combinados.

Dentro de las propuestas que también se han aplicado a deportes colectivos, una de las que podría considerarse interesante es el entrenamiento combinado. En este tipo de intervenciones, algunos estudios utilizan trabajos de alta intensidad, pliometría, sprints y CD (124, 258, 259), mientras otros realizan una combinación de ejercicios de fuerza, velocidad, agilidad y/o técnica (170, 260, 261).

En los estudios en los que la intervención se centró en el trabajo específico de alta intensidad, CD y sprint, uno de los aspectos evaluados fue la prueba “*T-test*”, la cual nos permite medir la mejora en el propio CD (124, 258, 259). En todos ellos, se observaron tiempos más rápidos tras la aplicación del programa de entrenamiento. No obstante, una de las limitaciones es que dichas intervenciones se realizaron antes o después de la temporada (pre o posttemporada). En la propuesta de Binnie et al. (258), se comparó el uso de un programa de entrenamiento combinado en atletas entrenadas de deportes de equipo (Netball y Hockey hierba), el cual se realizó en 2 superficies diferentes (arena y césped). Dicho programa tuvo una duración de 8 semanas e incluía ejercicios de intervalos, sprint, agilidad y juegos reducidos. Tras la intervención, se observaron mejoras significativas en el sumatorio de 7-plegues (tríceps, subescapular, bíceps, supraespal, abdominal, muslo-medial y pantorrilla), niveles de fuerza, salto (CMJ y SJ), agilidad (T-test), velocidad lineal (20 m) e indicadores de resistencia como el consumo máximo de oxígeno ($VO_2^{\text{máx}}$).

Otras intervenciones (170, 260, 261), se basaron en la combinación de diferentes tipos de ejercicios de fuerza, velocidad, agilidad y/o técnica. Uno de los estudios, realizó una intervención posttemporada dividida en 2 primeras fases (en la primera y la segunda se utilizaron movimientos olímpicos y ejercicios de fuerza) y una tercera fase (incluyendo ejercicios de velocidad y agilidad) (261). Los resultados mostraron mejoras en los niveles de fuerza (1 RM en Press-banca y sentadilla), velocidad lineal (sprint 40 yardas), agilidad (T-test) y salto vertical. En esa misma línea, el estudio de Gabbett et al. (2006), el cual analizó una intervención de 14 semanas en jugadores de rugby junior y senior durante la pretemporada, basada en ejercicios de agilidad, fuerza, potencia y velocidad, obtuvo mejoras en la agilidad, la potencia muscular y la potencia aeróbica máxima tanto

en los jugadores júnior como en los sénior (260). Por último, otro de los estudios, analizó una intervención durante la temporada en jugadoras de softball de élite (170). Dicha intervención tuvo una duración de 20 semanas y en ella se realizó un trabajo de fuerza, potencia, velocidad y de resistencia. Los resultados mostraron mejoras en algunas pruebas de rendimiento (Repetición máxima/1RM absoluto y relativo, test 505 y esprint lineal).

Resumiendo, esta información y los resultados de las investigaciones, se podría concluir que este método de entrenamiento, basado en combinar otros (fuerza, velocidad, agilidad, pliometría, etc.), puede ser una herramienta interesante para la mejora del rendimiento en jugadoras de fútbol entrenadas. No obstante, sigue siendo necesario investigar más para obtener datos concluyentes y propuestas concretas a aplicar por los preparadores físico y entrenadores de los equipos.

1.4.5. Programas de entrenamiento neuromuscular.

El ENM, es descrito por algunos autores como un programa basado en una intervención múltiple, la cual combina ejercicios de equilibrio, agilidad, fuerza, pliométricos y específicos de la modalidad deportiva (262-264).

Teniendo en cuenta la relevancia de las acciones repetidas, cortas y de elevada intensidad en el rendimiento futbolístico y en la aparición de lesiones, una amplia variedad de programas estandarizados de ENM busca un desarrollo óptimo del deportista. Estos protocolos multicomponente suelen combinar ejercicios de movilidad, estabilidad, fuerza, pliometría y CD para mejorar la coordinación neuromuscular y el control motor en un entorno específico del deporte. Entre ellos, los protocolos Sportsmetrics™, Harmoknee y FIFA 11+ ya han mostrado resultados prometedores en la reducción de algunas de las patologías musculoesqueléticas en futbolistas masculinos y femeninos (124). Además, una reciente revisión sistemática y un metaanálisis destacan los efectos de las intervenciones de ENM sobre las asimetrías funcionales en el fútbol, sugiriendo que su reducción podría conllevar una disminución del riesgo lesivo y, por tanto, una mejora del rendimiento (265). Sumado a lo anterior, Rohmansyah et al. (2021), descubrieron una reducción del IMC, la masa grasa y el perímetro de la cintura en mujeres jóvenes obesas tras un programa FIFA 11+ de 6 semanas (266). En esa misma línea Simões et al. (2009), analizaron los efectos del ENM sobre la BC en atletas femeninas de voleibol y hallaron mejoras en esta tras la intervención (267). Tal y como se ha indicado previamente, con respecto al tipo de ejercicios incluidos en un programa de ENM, existen

algunas investigaciones sobre los efectos del entrenamiento de autocargas/propio peso corporal (251), los programas excéntricos (252) y los basados en EP (243), sobre la BC de las jugadoras de fútbol. Sin embargo, la evidencia es muy escasa en cuanto a los efectos de un programa multicomponente que combine todos ellos sobre la BC.

Entre los estudios que han evaluado la aplicación del programa de ENM FIFA 11+, el cual incluye ejercicios de equilibrio, fuerza, velocidad y CD, encontramos algunos resultados contradictorios (121, 268). Por un lado, en la investigación publicada en 2017 por Pérez-Parra et al. (268), se observaron mejoras de carácter significativo en la fuerza/resistencia de la zona central (abdominal y lumbar) en jugadoras de fútbol que tenían una edad de 14 a 18 años. Por otro lado, en el estudio publicado en 2008 por Steffen et al. (121), en el que se utilizó el mismo programa de entrenamiento (FIFA 11+) y una población similar (futbolistas de 16 a 18 años), no se descubrieron diferencias de tipo significativo en las variables medidas (fuerza isométrica e isocinética del tren inferior, salto vertical y esprint lineal de 40m), pero sí se observaron ciertas mejoras en dichas variables. Según los autores, el bajo volumen y la moderada-baja intensidad con la que se aplicó el programa de entrenamiento podría haber influido en los resultados obtenidos. Sumado a ello, la diferencia de duración de la intervención (6 meses frente a 10 semanas) y nivel de las futbolistas (aficionado frente a élite) podría responder a estas diferencias.

Dentro de estos programas de tipo neuromuscular, autores como Noyes et al. (2013) utilizaron el programa “*Sportsmetrics*” en lugar del FIFA 11+ (124). Dicho programa combina ejercicios de salto, fuerza y movilidad. En este caso, se observaron mejoras en el salto en dirección vertical (estas no se produjeron en el CMJ), la velocidad lineal y el CD. Esto se podría deber a que la intervención incluía ejercicios de agilidad y velocidad lineal a intensidades altas (próximas a la competición). También en este caso, en el estudio se indica que las intervenciones deberían tener mayor duración y una búsqueda de ejercicios más específicos orientados a la mejora de la potencia de salto. Por otro lado, otros estudios han evaluado el CD tras la aplicación de otro programa de ENM, diferente a los citados anteriormente (123). En este caso se utilizó el “*Knäkontroll, SISU Idrottsböcker*” (2005), el cual contiene 6 ejercicios que combinan sentadilla con una y dos piernas, elevación de cadera y trabajo de salto, los cuales disponen de 4 niveles de dificultad (123). Los autores no encontraron diferencias significativas tras su aplicación. Esto se podría deber a que el programa no trabaja ejercicios específicos de esta habilidad

y los test utilizados (“*Illinois agility test*” modificado), requieren cambios de dirección de más de 90° a velocidades altas.

Centrándonos ahora en la movilidad en futbolistas femeninas, no se han publicado muchas intervenciones que busquen la mejora de esta cualidad en este grupo de población concreto a pesar de que hay evidencia de que su limitación podría suponer una mayor predisposición a que se produzcan lesiones y, por tanto, afecta al rendimiento (269, 270). Una de las lesiones más comunes en el fútbol es la que afecta a la musculatura posterior de la pierna (isquiotibiales), la cual se suele producir por acortamiento de esta musculatura a lo que se suma el tipo de acciones que se producen en el fútbol. Otras de las lesiones que se pueden producir y que están relacionadas con la flexibilidad podrían ser, las molestias lumbares y los problemas tendinosos en el tendón rotuliano (271). También se ha analizado la aplicación del programa FIFA 11+ sobre el test de equilibrio de la estrella (ver figura 13). Esta prueba implica el tren inferior de forma multiarticular y, principalmente, se ve influenciada por la movilidad articular de rodilla y tobillo, aspectos clave en el equilibrio a la hora de golpear el balón o ganar la posición (272). Otros estudios han aplicado este mismo programa de entrenamiento en jugadoras de fútbol femeninas, evaluando cómo afectaba al test “*Sit and Reach*” (268). Los autores encontraron mejoras significativas, aspecto que podría indicar que la aplicación de este tipo de intervenciones mejoraría la flexibilidad, disminuyendo el riesgo de lesión y, a su vez, aumentando el rendimiento. Lindblom et al. (2012), evaluaron también el test de equilibrio en estrella tras la aplicación de un programa de tipo neuromuscular de características similares al FIFA 11+ (123). En este caso, el GE no mejoró el alcance en el test, no obstante, los autores piensan que la intensidad y exigencia a la hora de realizar los ejercicios, no fue suficiente. Por otro lado, Filipa et al. (2010) evaluaron también el equilibrio en estrella, después de 8 semanas de intervención basada en un programa de ENM que buscaba mejorar la fuerza de las extremidades inferiores y la estabilidad del core (273).



Figura 13. Test de equilibrio de la estrella (elaboración propia).

A pesar de los prometedores resultados obtenidos sobre las asimetrías y las lesiones tras la aplicación de programas de ENM, la evidencia científica sobre los posibles efectos que producen estas intervenciones en el rendimiento o algunos factores asociados al mismo (por ejemplo, la BC), sigue siendo escasa. El limitado número de estudios que investigaron el impacto de estos programas en el rendimiento futbolístico informaron de mejoras en la velocidad lineal, el salto y la capacidad de CD (101, 274). Por el contrario, otros estudios que incluyeron parte de los componentes de un programa de ENM, pero no todos, mostraron resultados concurrentes (227, 275).

Capítulo 2.

Justificación

2. JUSTIFICACIÓN

El auge del fútbol femenino es un hecho innegable, marcando un hito en la historia deportiva en términos de participación y espectadores. Sin embargo, este crecimiento ha supuesto una brecha significativa en nuestra comprensión del rendimiento de las jugadoras y de cómo optimizarlo. El fútbol es un deporte intermitente que plantea demandas físicas únicas, incluyendo acciones cortas y repetidas de alta/muy alta intensidad. Además, la adecuada alimentación y composición corporal desempeñan roles cruciales en el rendimiento de la futbolista y en su bienestar general.

Aunque se han realizado investigaciones para estudiar los efectos de diferentes programas de entrenamiento en la mejora del rendimiento y la composición corporal, persisten preguntas clave sin respuesta. Entre ellas, no está claro qué tipos de ejercicios, intensidades y densidades de entrenamiento son más efectivos para las futbolistas.

Por lo tanto, la presente tesis doctoral busca llenar estos vacíos críticos en la literatura existente, proporcionando un análisis detallado y personalizado con claras implicaciones prácticas y teóricas para el entrenamiento y el rendimiento en el fútbol femenino. Con el objetivo de resolver esta problemática se han desarrollado cuatro estudios dentro de la presente investigación de tesis doctoral:

- **Primer estudio:** En la revisión inicial realizada para el proyecto de tesis doctoral, uno de los aspectos que más dudas generaba era el diseño del programa de entrenamiento. Tal y como se ha mencionado anteriormente, existía cierta controversia en algunos datos y la investigación era escasa. Por otro lado, se pretendía que el programa a diseñar pudiera ser aplicable de forma sencilla, en el propio campo de juego y sin excesivos recursos materiales. Con el objetivo de resolver estas importantes dudas referentes a la elección del tipo de trabajo, se realizó una revisión sistemática y metaanálisis comparando los efectos en el rendimiento de los programas de EF frente a los programas basados en EP, aplicados a jugadoras de fútbol.
- **Segundo estudio:** Una vez realizado el diseño del programa de ENM, se analizaron los efectos del mismo en la BC de jugadoras de fútbol altamente entrenadas. Para ello, se evaluó dicha BC previa a la aplicación de la intervención (programa de entrenamiento) y después.

- **Tercer estudio:** Además, se analizaron los efectos de este mismo programa de ENM sobre el rendimiento de las jugadoras de fútbol. Para ello, se realizó una batería de test antes y después de la aplicación de dicho programa.
- **Cuarto estudio:** Por último, se analizó la asociación entre las asimetrías encontradas en las extremidades inferiores en algunas de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en ellas.

Capítulo 3.

Hipótesis y Objetivos

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

Atendiendo a la información previa, se hipotetiza que la aplicación de un programa de ENM, basado en una intervención múltiple, la cual combina ejercicios de equilibrio, agilidad, fuerza, pliométricos y específicos de la modalidad deportiva, mejorará los valores de los siguientes factores de rendimiento en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas: composición corporal (IMC, $\Sigma 6S$, % masa grasa y % masa muscular), rendimiento en saltos horizontales (SH) y verticales (CMJ), velocidad lineal (40 m), agilidad (test 505), movilidad (ROM tobillo) y asimetrías funcionales.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo general

Diseñar, aplicar y, posteriormente, evaluar la efectividad de un programa de ENM sobre el rendimiento deportivo, las asimetrías funcionales y la composición corporal en jugadoras de fútbol altamente entrenadas.

3.2.2. Objetivos específicos

A continuación, se exponen los objetivos específicos de la presente investigación doctoral:

- Comparar los efectos del entrenamiento de fuerza y el entrenamiento pliométrico sobre el salto vertical, el sprint lineal y el cambio de dirección en jugadoras de fútbol.
- Diseñar un programa de ENM para la mejora del rendimiento deportivo y la composición corporal de jugadoras de fútbol altamente entrenadas.
- Evaluar los efectos de un programa de ENM de 10 semanas sobre las variables de composición corporal en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas.
- Evaluar los efectos de un programa de ENM de 10 semanas sobre el rendimiento físico y las asimetrías en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas.
- Analizar la asociación entre la asimetría en las pruebas de salto unilateral vertical y horizontal, la amplitud de movimiento del tobillo, la velocidad lineal y el cambio de dirección en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas.

Capítulo 4.

Relación de Artículos

4. RELACIÓN DE ARTÍCULOS

A continuación, se exponen los artículos de la presente investigación doctoral:

Estudio 1. Pardos-Mainer E, Lozano D, Torrontegui-Duarte M, Cartón-Llorente A, Roso-Moliner A. Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(2). doi: 10.3390/ijerph18020401. PMID: 33419178 PMCID: PMC7825561

Estudio 2. Roso-Moliner A, Mainer-Pardos E, Arjol-Serrano JL, Cartón-Llorente A, Nobari H, Lozano D. Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. *Biology*. 2022;11(7). doi: 10.3390/biology11071062. PMID: 36101440 PMCID: PMC9312219

Estudio 3. Roso-Moliner A, Mainer-Pardos E, Cartón-Llorente A, Nobari H, Pettersen SA, Lozano D. Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. *Frontiers in Physiology*. 2023;14. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1171636>

Estudio 4. Roso-Moliner A, Lozano D, Nobari H, Bishop C, Carton-Llorente A, Mainer-Pardos E. Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2023;15(1):80. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00697-1>.

4.1. Estudio 1:

Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Performance in Female Soccer Players: a Systematic Review and Meta-Analysis

**Elena Pardos-Mainer ¹, Demetrio Lozano ^{1*}, Marcelino Torrontegui-Duarte ²
Antonio Cartón-Llorente ¹ and Alberto Roso-Moliner ¹**

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, (Zaragoza), Spain.; epardos@usj.es (E.P-M); dlozano@usj.es (D.L); aroso@usj.es (A.R-M); acarton@usj.es (A. C-L).

² Department nursing and podiatry. University of Malaga. Spain.
m.torrontegui@uma.es

*International Journal of Environmental Research
and Public Health*

EISSN 1660-4601

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18020401>

Year: 2021 Volume: 18 Issue: 2 Page: 401.

Editorial: Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)



Review

Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis

Elena Pardos-Mainer ¹, Demetrio Lozano ^{1,*} , Marcelino Torrontegui-Duarte ², Antonio Cartón-Llorente ¹ and Alberto Roso-Moliner ¹

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50830 Zaragoza, Spain; epardos@usj.es (E.P.-M.); acarton@usj.es (A.C.-L.); aroso@usj.es (A.R.-M.)

² Department Nursing and Podiatry, University of Malaga, 29016 Málaga, Spain; m.torrontegui@uma.es

* Correspondence: dlozano@usj.es; Tel.: +34-607417795

Abstract: The main purpose of this systematic review and meta-analysis was to compare the effects of strength training (ST) and plyometric training (PT) on vertical jump, linear sprint and change of direction (COD) performance in female soccer players. A systematic search of the PubMed, Web of Science, Google Scholar and SportDiscus databases revealed 12 studies satisfying the inclusion criteria. The inverse-variance random-effects model for meta-analyses was used. Effect sizes (ES) were represented by the standardized mean difference and presented alongside 95% confidence intervals (CI). The magnitude of the main effect was small to moderate (vertical jump (ES 0.53 (95% CI—0.11, 0.95), $Z = 2.47$ ($p = 0.01$); linear sprint (ES -0.66 (95% CI—2.03, -0.21), $Z = 2.20$ ($p = 0.03$); COD (ES -0.36 (95% CI—0.68, -0.03), $Z = 2.17$ ($p = 0.03$)). Subgroup analyses were performed (i.e., ST and PT duration, frequency, session duration and total number of sessions), revealing no significant subgroup differences ($p = 0.12$ – 0.88). In conclusion, PT provides better benefits than ST to improve vertical jump, linear sprint and COD performance in female soccer players. However, significant limitations in the current literature prevent assured PT and ST prescription recommendations being made.

Keywords: training interventions; fitness assessment; strength and conditioning; football; female



Citation: Pardos-Mainer, E.; Lozano, D.; Torrontegui-Duarte, M.; Cartón-Llorente, A.; Roso-Moliner, A. Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 401. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020401>

Received: 11 November 2020

Accepted: 5 January 2021

Published: 6 January 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Women's soccer has increased in popularity and participation during the last decade [1]. Soccer is considered a contact sport and such impact has had consequences through both a greater skill level and physical demands throughout training and matches [2]. Some of the physical demands for female soccer players during matches have been reported, with total distances covered reaching 10 km, 1.7 km of which was completed at high speed ($>18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) [3,4]. In addition, female players perform between 1350 and 1650 changes of activity, such as passing, tackling, trapping and dribbling [3,4]. Despite its growing popularity, female players are exposed to greater training volumes and competition demands than ever before and, therefore, a better understanding of female players' physical performance changes is needed to design appropriate training programs.

Female soccer players have been evaluated through a wide variety of physical tests (i.e., Abalakov test, 505 test, linear speed 40 m). These tests can be performed in the laboratory, which is more reliable, and on the soccer field, which is more popular among coaches and physical trainers due to the simplicity and lower cost [2].

Different intervention programs, such as neuromuscular training, plyometric training (PT), strength training (ST) or power training [5–8], have been performed to improve physical capacities. However, there are discrepancies about which are the best exercises to improve female soccer players' performance due to the lack of studies.

Plyometrics consists of the rapid stretching of a muscle (eccentric action) immediately followed by a concentric or shortening action of the same muscle and connective tissue [9]. This training method is used to increase strength and explosiveness [10] and it includes a diverse range of bilateral and unilateral jumps, bounds and hops [9]. Regarding female soccer players, PT improves jumping, single and repeated sprinting, changes in direction and kicking power, as well as endurance attributes [11]. Several reviews and meta-analyses related to PT programs have been published in soccer [12,13]. This program constitutes an efficient training solution to improve different power-related skills. However, this evidence has not been clarified in female soccer players, although it has increased the scientific value of PT regarding physical fitness enhancements [12,13]. Hence, more studies for this population are warranted.

Maximal strength is the maximum force or torque that can be exerted by skeletal muscles during movement [14]. An ST program can contribute to improved vertical jump performance, acceleration, leg strength, muscular power, increased joint awareness and overall proprioception [15]. However, intervention studies of ST regarding physical condition in female soccer players are lacking [7]. Despite this, several reviews and meta-analyses related to ST programs have been published in different populations and sports [16–19]. Nevertheless, the improvement caused by ST raises certain doubts, since the authors do not agree on which doses and exercises are recommended to improve the strength of the lower extremities. In relation to this, research is necessary to provide coaches and practitioners with more information to plan their ST programs.

To our knowledge, there have been no reviews conducted regarding the effects of ST on female soccer players, particularly on physical fitness. Given that PT appears serve as a skill solution to meet the demands of female soccer, an investigation comparing the effects of both programs in female soccer players is warranted. Therefore, the main purpose of this systematic review and meta-analysis was to compare the effects of ST and PT on jump ability, linear sprint and change of direction (COD) performance in female soccer players. A secondary aim was to establish clear guidelines for the prescription of both types of training in female soccer players.

2. Materials and Methods

2.1. Experimental Approach to the Problem

A systematic review and meta-analysis were conducted following the guidelines of the Cochrane Collaboration [20]. This meta-analytical review was guided by the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) statement [21] and registered in the PROSPERO database with the number CRD42020219998.

2.2. Literature Search

The US National Library of Medicine (PubMed), Web of Science, Google Scholar and SportDiscus electronic databases from inception until 19 October 2020 were searched. Only English and Spanish language articles were considered. Using Boolean logic, we used the following search terms: (“female”) AND (“soccer” OR “football”) AND (“intervention” OR “training”) AND (“strength” OR “plyometric” OR “jump” OR “strength” OR “power” OR “change of direction” OR “side-step” OR “side-cutting” OR “sprint” OR “agility”). In selecting studies for inclusion, a review of all relevant article titles within was conducted before an examination of article abstracts and, then, full published articles. Only peer-reviewed articles were included in the meta-analysis. The search process is outlined in Figure 1. Following the formal systematic searches, additional hand searches were conducted.

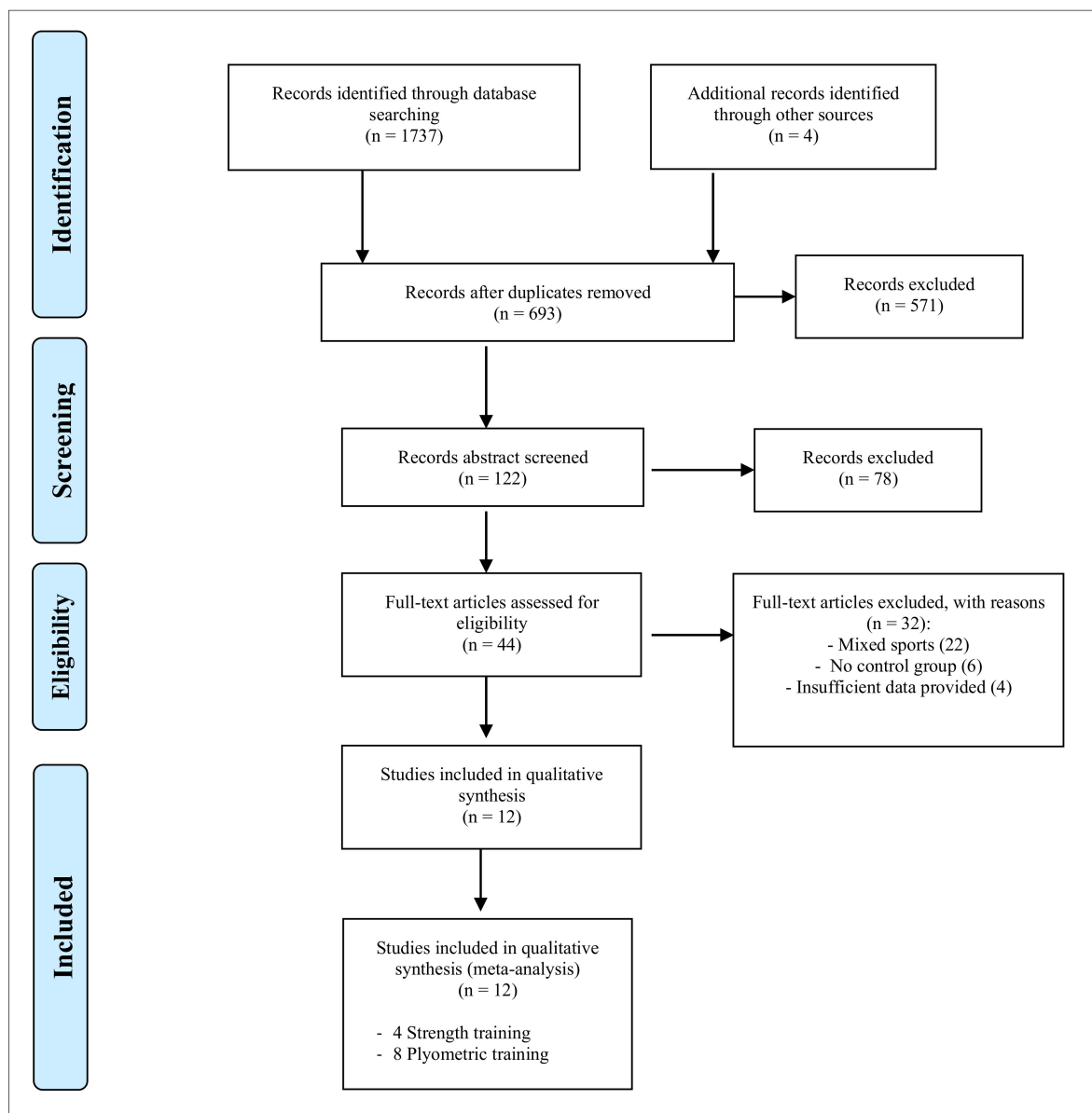


Figure 1. PRISMA flow chart for inclusion and exclusion of studies.

2.3. Procedures

In selecting studies for inclusion, a review of all relevant article titles was conducted before an examination of article abstracts and then full published articles. Two authors conducted the process independently. Potential discrepancies between the two reviewers about study conditions were resolved by consensus with a third author. Full-text articles excluded, with reasons, were recorded. Data were extracted from gathered articles by two authors independently, using a form created in Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

The extraction of data from gathered articles was undertaken by two reviewers.

The following criteria determined the eligibility of studies for inclusion in the review: cohorts of healthy female soccer players, with no restriction for age; strength and plyometric interventions must have been at least 2 weeks in duration and must have included a control group (CG) and group mean baseline and follow-up data outcome measures relating to vertical jump, linear sprint and COD performance. The study involved a randomized controlled trial or quasi-experimental design. Based on previous studies, we defined ST as “maximal strength and muscular hypertrophy to improve physical performance” [22] and

PT as “lower-body unilateral and bilateral bounds, jumps, and hops that use a pre-stretch or countermovement that incites usage of the stretch-shortening cycle” [23]. A measure of physical fitness was selected based on a logically defensible rationale [24,25], most often some form of countermovement jump (CMJ) without or with arms, linear sprint between 15 and 30 m, V-cut test, 505 test or Illinois Agility test.

2.4. Statistical Analyses

Meta-analytical comparisons were carried out in RevMan version 5.3 [26]. Included were 12 studies that comprised 13 individual experimental groups. Means and standard deviations for a measure of post-intervention performance within experimental group (pre- vs. posttest) and between groups (experimental vs. control group) were used to calculate an effect size (ES). Effect sizes were adjusted using Hedges’ small sample size bias correction [27]. The inverse-variance random-effects model for meta-analyses was used because it allocates a proportionate weight to trials based on the size of their individual standard errors [28] and facilitates analysis whilst accounting for heterogeneity across studies [29]. Effect sizes are represented by the standardized mean difference (Hedges’ g) and are presented alongside 95% confidence intervals. The calculated ESs were interpreted using the conventions outlined for standardized mean difference by Hopkins et al. [30] (<0.2 = trivial; 0.2–0.6 = small, 0.6–1.2 = moderate, 1.2–2.0 = large, 2.0–4.0 = very large, >4.0 = extremely large).

In cases in which there was more than one intervention group in a given study, the control group was proportionately divided to facilitate comparison across all participants [31].

To gauge the degree of heterogeneity amongst the included studies, the I^2 statistic was referred to. This represents the proportion of effects that are due to heterogeneity as opposed to chance [21]. Low, moderate and high levels of heterogeneity correspond to I^2 values of 25%, 50% and 75%; however, these thresholds are considered tentative [32]. The χ^2 (chi square) statistic determines if any observed differences in results are compatible with chance alone. A low p value, or a large χ^2 statistic, relative to its degrees of freedom, provides evidence of heterogeneity of intervention effects beyond those attributed to chance [28].

The Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale was used to assess the risk of bias and methodological quality of eligible studies included in the meta-analysis. This scale evaluates internal study validity on a scale from 0 (high risk of bias) to 10 (low risk of bias) to each methodological item listed in Table 1. A score of ≥ 6 represents the threshold for studies with a low risk of bias [29].

2.5. Analysis of Moderator Variables

To assess the potential effects of moderator variables, subgroup analyses were performed. This method, which was preferred to meta-regression, is based on the documented limitations on the latter method when applied to small datasets with low samples and few predictor variables [33].

Using a random-effects model, potential sources of heterogeneity likely to influence the effects of training were selected a priori. The moderator variables of program duration (weeks), training frequency (sessions per week), total number of training sessions and session duration (minutes) were chosen based on the accepted influence of the FITT (frequency, intensity, type and time) principle on adaptations to exercise [34], as previously demonstrated in meta-analyses performed in female athletes participating in different training interventions [12,35]. Each variable was divided using a median split, except for mean total sessions, in which studies were allocated as groups with more than 16 sessions and groups with less than 16 sessions. Meta-analysis stratification by each of these factors was performed, with a p value of <0.05 considered as the threshold for statistical significance.

3. Results

3.1. Study Selection

A total of 1737 studies were found in the identification phase. After removing duplicates and adding additional records identified through other sources, 693 publications were retained for the article selection process. Title and abstract selection excluded 571 articles. The remaining 44 records were further examined using the specified inclusion/exclusion criteria, and 32 records were subsequently rejected. Finally, 12 studies were included in the systematic review and meta-analysis (Figure 1).

3.2. Methodological Quality

The selected studies were submitted to the PEDro methodological quality scale. Two studies obtained a score of 9/10 [36,37], one study obtained 8/10 [38], six obtained 7/10 [5,6,39–41], two obtained 5/10 [42,43], and two obtained 4/10 [44,45]. Table 1 displays the complete and detailed PEDro scale score of each study.

Table 1. The Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale ratings.

Studies	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11	Total ¹
Lindblom et al., 2012 [39]	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	7
Ozbar et al., 2014 [42]	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5
Pardos-Mainer et al., 2019 [5]	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	7
Pardos-Mainer et al., 2020 [6]	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	7
Pedersen et al., 2019 [38]	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	8
Ramirez-Campillo 2016 b [41]	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7
Ramirez-Campillo 2016 a [36]	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	9
Ramirez-Campillo 2018 (1 session/wk.) [40]	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	7
Ramirez-Campillo 2018 (2 session/wk.) [40]	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	7
Rosas et al., 2018 [37]	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
Rublely et al., 2011 [44]	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	4
Sedano del Campo et al., 2009 [43]	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5
Siegler et al., 2003 [45]	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	4

¹ The total number of points from a possible maximal of 10.

3.3. Study Characteristics

The characteristics of the participants and ST and PT programming parameters from the 12 studies incorporated in the meta-analysis are indicated in Tables 2 and 3.

3.4. Main Effect

3.4.1. Vertical Jump Performance

Twelve studies were included in this systematic review and meta-analysis. Vertical jump height was measured in centimeters. The performance of training programs was associated with a moderate and significant increase in vertical jump performance (ES 0.53 (95% CI—0.11, 0.95), $Z = 2.47$ ($p = 0.01$)). There was a significant level of between-study heterogeneity ($I^2 = 69%$ ($p = 0.0001$)). Concerning the subgroup analyses, non-significant performance improvements were observed after ST (ES 0.24 (95% CI −0.14, 0.62), $Z = 1.23$ ($p = 0.22$)). A significant difference was observed for PT (ES 0.73 (95% CI—0.33, 1.13), $Z = 3.48$ ($p = 0.0005$)). No significant differences among subgroups were observed ($p = 0.07$). Within-mode ESs were small and moderate (ST: ES 0.24 (95% CI −0.14, 0.62), $Z = 1.23$ ($p = 0.22$); PT: ES 0.73 (95% CI—0.33, 1.13), $Z = 3.60$ ($p = 0.0003$)), respectively. No significant differences among subgroups were observed ($p = 0.08$). These results are displayed in Figure 2 (ST vs. PT) and Figure 3 (baseline vs. follow-up).

Table 2. Characteristics of study participants of strength training.

Study	Study Group	N	Age (Years)	BM (kg)	Height (cm)	SST	Wks	F	T	D	Exercise Type	Test	Response
Lindblom et al.	ST (FIFA 11+)	23	14.2 ± 0.7	53.9 ± 8.6	165 ± 6.5	Yes	11	2	22	15	One-legged knee squat, pelvic lift, two-legged knee squat, the bench, the lunge and jump/landing	CMJ 20-m linear sprint Illinois agility test	=CMJ =20-m linear sprint =Illinois agility test
	Control	18	14.2 ± 1.1	51.6 ± 7.4	164.2 ± 6.1								
Pardos-Mainer et al.	ST (FIFA 11+)	19	12.5 ± 0.4	51.2 ± 7.7	153.7 ± 6.9	Yes	10	2	20	20	Running, lower extremities' strength, balance, plyometric, agility and COD exercises	CMJ V-cut test	↑ CMJ ↓ V-cut test
	Control	17	13.1 ± 0.3	55.9 ± 8.2	160.8 ± 4.9								
Pardos-Mainer et al.	ST (CSPT)	19	16.2 ± 0.9	55.9 ± 5.5	159.8 ± 5.4	Yes	8	2	16	35	The diver, one-legged pelvic tilt, single leg box step-up, forward lunge, backward lunge, one-legged hip thrust, eccentric box drops, Russian belt posterior chain, Russian belt anterior chain, plank, lateral plank and lumbar bridge	CMJ 20-m linear sprint V-cut test	↑ CMJ ↑ 20-m linear sprint ↑ V-cut test
	Control	18	15.6 ± 0.9	54.1 ± 8.8	159.7 ± 4.9								
Pedersen et al.	ST	18	18 ± 3	62 ± 6	167 ± 6	Yes	5	2	10	NR	90°squat with load and Nordic hamstring exercises	CMJ 15-m linear sprint	=CMJ =15-m linear sprint
	Control	15	19 ± 2	63 ± 10	168 ± 5								

Note: BM: Body mass; CMJ; Countermovement jump; CSPT: Combined strength and power training; F: Frequency (per wk.); T: Total sessions; D: Mean session duration (min); NR: Non-reported; ST: Strength training; SST: Indicates if the participants had previous systematic experience with ST; FIFA: Federation international football association; COD: Change of direction.

Table 3. Characteristics of study participants of plyometric training.

Study	Study Group	N	Age (years)	BM (kg)	Height (cm)	SPT	Wks	F	T	D	Exercise Type	Test	Response
Ozbar et al.	PT	9	18.3 ± 2.6	58.8 ± 7.8	163.1 ± 5.3	Yes	1	8	8	30–40	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJ	↑ CMJ
	Control	9	18 ± 2	54.4 ± 6.1	159.4 ± 5.1							20-m linear sprint	↑ 20-m linear sprint
Ramirez-Campillo 2016 a	PT	10	22.9 ± 2.1	56.8 ± 5.4	164 ± 9	No	2	6	12	NR	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJ	↑ CMJ
	Control	10	22.5 ± 2.1	60.1 ± 7.5	161 ± 6								
Ramirez-Campillo 2016 b	PT	19	22.4 ± 2.4	60.7 ± 9.3	161 ± 5	No	2	6	12	40	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJ	↑ CMJ
	Control	19	20.5 ± 2.5	60.2 ± 9.3	159 ± 6							30-m linear sprint COD speed test	↑ 30-m linear sprint ↑ COD speed test
Ramirez-Campillo 2018 (1 session/wk.)	PT	8	22.8 ± 4.3	54.9 ± 3.7	158 ± 3	No	1	8	8	6–20	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJ	↑ CMJ
	Control	7	20.1 ± 1.8	55.3 ± 3.3	160.1 ± 5							15-m linear sprint COD speed test	↑ 15-m linear sprint ↑ COD speed test
Ramirez-Campillo 2018 (2 session/wk.)	PT	8	21.4 ± 2.5	59.6 ± 8.5	157.6 ± 4.8	No	2	8	16	6–20	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJ	↑ CMJ
	Control	7	20.1 ± 1.8	55.3 ± 3.3	160.1 ± 5							15-m linear sprint COD speed test	↑ 15-m linear sprint ↑ COD speed test
Rosas et al.	PT	8	22.8 ± 2.1	61.1 ± 8.3	164 ± 8	No	2	6	12	NR	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJ	↑ CMJ
	Control	9	24 ± 2.7	58.5 ± 7.2	132 ± 4								
Rubley et al.	PT	10	13.4 ± 0.5	50.8 ± 5.1	162.5 ± 5.6	No	1	12	12	NR	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJA	↑ CMJA
	Control	6	NR	NR	NR								
Sedano- Campo et al.	PT	10	22.8 ± 2.1	58.5 ± 9.3	163 ± 7	Yes	3	12	36	46–60	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJ	↑ CMJ
	Control	10	23 ± 3.2	56.9 ± 7.4	161.5 ± 5.4								
Siegler et al.	PT	17	16.5 ± 0.91	61.4 ± 9.43	167.4 ± 4.6	No	2 (1–3)	10	20	10–15	Variety of plyometric exercises designed for the lower extremity (i.e., bilateral and unilateral DJs, CMJs and SLJ)	CMJA	↑ CMJA
	Control	17	16.2 ± 1.4	58 ± 7.23	166.7 ± 4.7							20-m linear sprint	↑ 20-m linear sprint

BM: Body mass; DJ: Drop jump; CMJ; Countermovement jump; CMJA: CMJ with arm swing; NR: Non-reported; PT: Plyometric training; SPT: Indicates if the participants had previous systematic experience with PT; SLJ: Standing long jump.

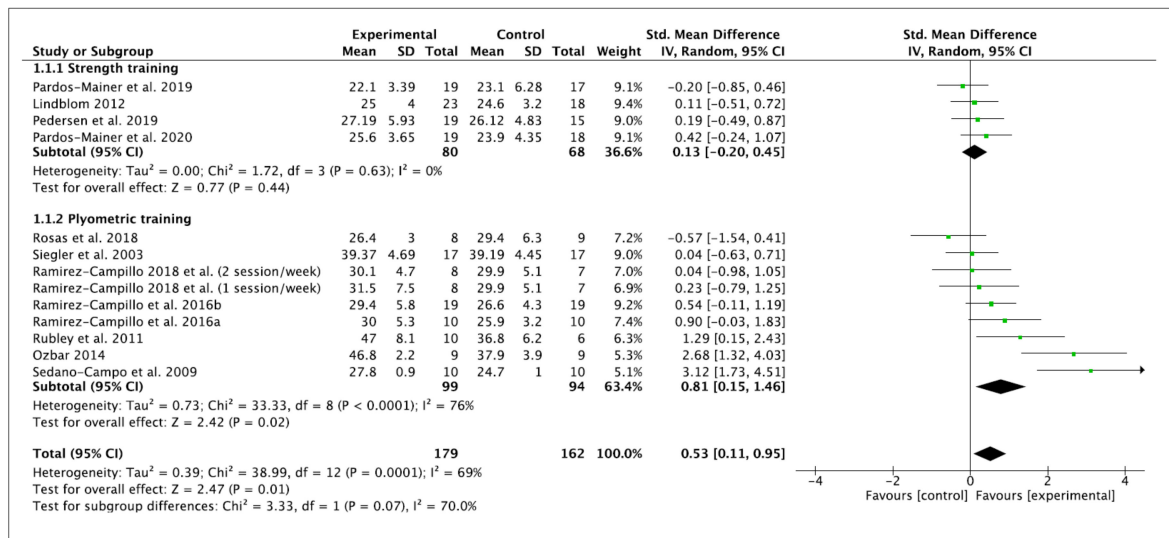


Figure 2. Forest plot of between-mode effect sizes with 95% confidence intervals (CIs) in vertical jump performance (cm). IV: inverse variance method; SD: standard deviation; Std: standardized.

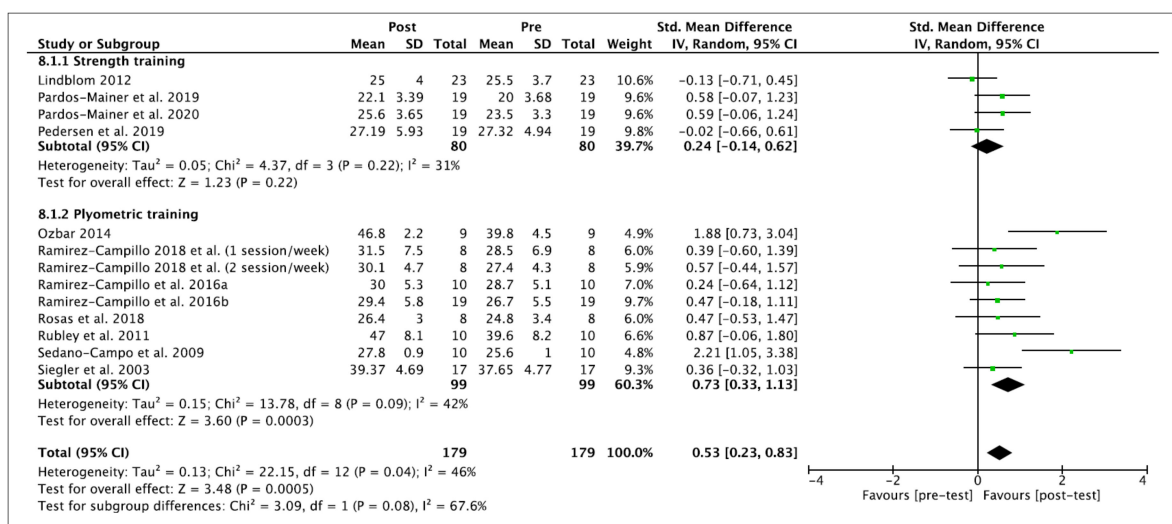


Figure 3. Forest plot of within-mode effect sizes with 95% confidence intervals (CIs) in vertical jump performance (cm). IV: inverse variance method; SD: standard deviation; Std: standardized.

3.4.2. Linear Sprint Time

Nine effects were analyzed from 12 original studies. The linear sprint performance was measured in time (seconds). The performance of training programs was associated with a moderate and significant reduction in the time of linear sprint (ES -0.66 (95% CI -2.03, -0.21), Z = 2.20 (p = 0.03)). There was a significant level of between-study heterogeneity (I² = 78% (p = < 0.0001)). Concerning the subgroup analyses, non-significant performance improvements were observed after ST (ES 0.01 (95% CI -0.36, 0.39), Z = 0.08 (p = 0.94)). A significant difference was observed for PT (ES -1.12 (95% CI -2.03, 0.21), Z = 2.41 (p = 0.02)). Significant differences among subgroups were observed (p = 0.02). Within-mode ESs were small and large (ST: ES -0.45 (95% CI -1.12, 0.22), Z = 1.30 (p = 0.19); PT: ES -1.24 (95% CI -1.91, 0.56), Z = 3.58 (p = 0.0003)), respectively. No significant differences among subgroups were observed (p = 0.10). These results are displayed in Figure 4 (ST vs. PT) and Figure 5 (baseline vs. follow-up).

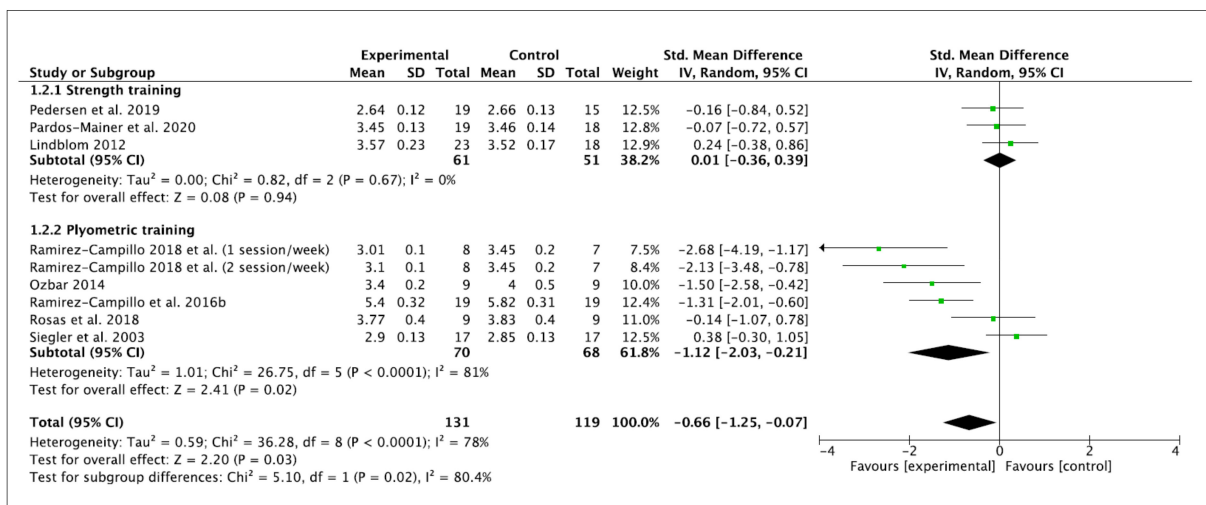


Figure 4. Forest plot of between-mode effect sizes with 95% confidence intervals (CIs) in time of linear sprint (s). IV: inverse variance method; SD: standard deviation; Std: standardized.

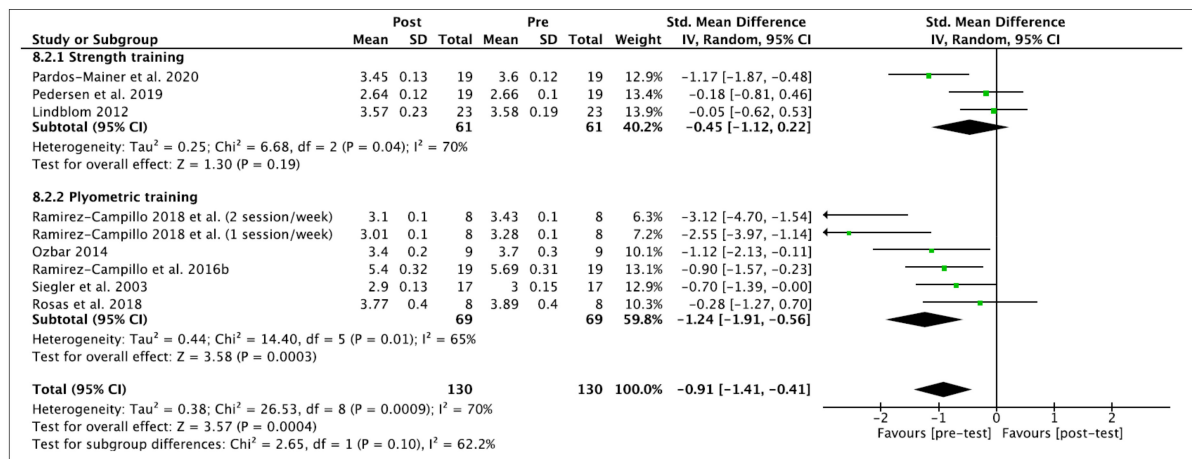


Figure 5. Forest plot of within-mode effect sizes with 95% confidence intervals (CIs) in time of linear sprint (s) e. IV: inverse variance method; SD: standard deviation; Std: standardized.

3.4.3. COD Time

Seven effects were analyzed from 12 original studies. The COD performance was measured in time (seconds). The performance of training programs was associated with a small and significant reduction in the time of COD (ES -0.36 (95% CI -0.68, -0.03), Z = 2.17 (p = 0.03)). There was a significant level of between-study heterogeneity (I² = 53% (p = 0.02)). Concerning the subgroup analyses, non-significant performance improvements were observed after ST (ES -0.09 (95% CI -0.33, 0.16), Z = 0.67 (p = 0.50)). A significant difference was observed for PT (ES -1.08 (95% CI -1.54, -0.62), Z = 2.17 (p = 0.03)). Significant differences among subgroups were observed (p = 0.0002). Within-mode ESs were small and large (ST: ES -0.03 (95% CI -0.34, 0.29), Z = 0.17 (p = 0.86); PT: ES -1.64 (95% CI -2.72, 0.57), Z = 2.99 (p = 0.003)), respectively. Significant differences among subgroups were observed (p = 0.005). These results are displayed in Figure 6 (ST vs. PT) and Figure 7 (baseline vs. follow-up).

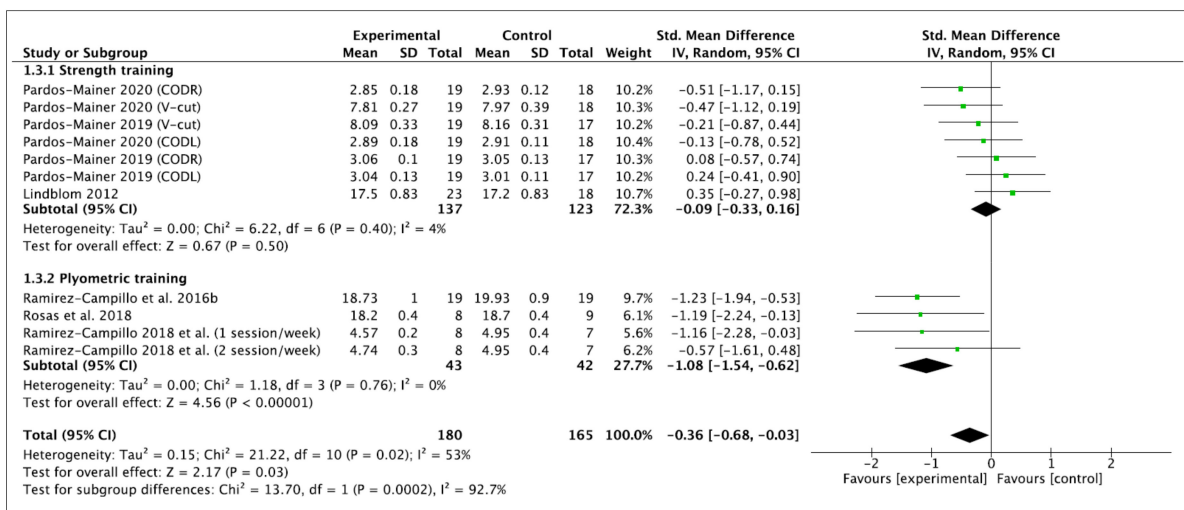


Figure 6. Forest plot of between-mode effect sizes with 95% confidence intervals (CIs) in the time of change of direction (s). IV: inverse variance method; SD: standard deviation; Std: standardized.

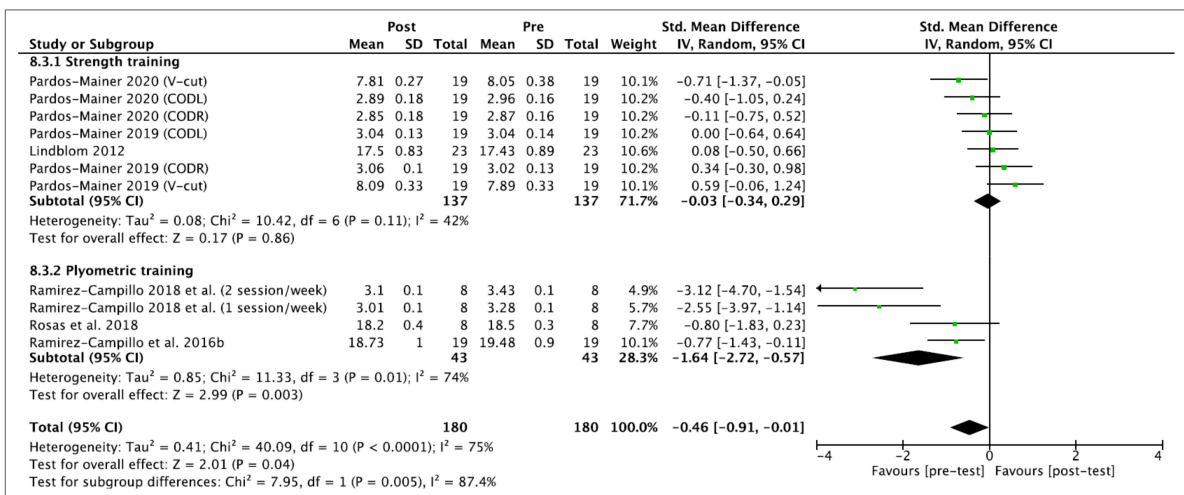


Figure 7. Forest plot of within-mode effect sizes with 95% confidence intervals (CIs) in the time of change of direction (s). IV: inverse variance method; SD: standard deviation; Std: standardized.

3.5. Effect of Moderator Variables

A summary of the effect of moderator variables can be viewed in Tables 4 and 5.

3.6. Strength Training

Subgroup analysis suggested high levels of between-group heterogeneity with session duration in linear sprint performance and total number of training session and session duration in COD performance, achieving statistical significance ($p = 0.01$).

Table 4. Effect of moderator variables with 95% confidence intervals in strength training.

Variable	Subgroup	Effect Size with 95% Confidence Interval	Effect Descriptor	Groups	n	Within-Group I ² (%)	Within-Group p ^a	Between-Group I ² (%)	Between-Group p ¹ b
CMJ	<8 weeks	−0.02 (−0.66; 0.61)	Trivial	1	61	NE	0.94	0.0	0.39
	≥8 weeks	0.33 (−0.16; 0.81)	Small	3	19	44.0	0.18		
	<2 sessions/week					NE			
	≥2 sessions/week	0.24 (−0.14; 0.62)	Small	4	80	31.0	0.22		
	≤16 sessions	0.28 (−0.32; 0.88)	Small	2	38	43.0	0.36		
	>16 sessions	0.21 (−0.48; 0.90)	Small	2	42	61.0	0.55		
	<30 min/session	0.21 (−0.48; 0.90)	Small	2	42	61.0	0.55		
≥30 min/session	0.59 (−0.06; 1.24)	Small	1	19	NE	0.08			
Sprint test	<8 weeks	−0.18 (−0.81; 0.46)	Trivial	1	19	NE	0.59	0.0	0.43
	≥8 weeks	−0.59 (−1.70; 0.51)	Small	2	42	83.0	0.29		
	<2 sessions/week					NE			
	≥2 sessions/week	−0.45 (−1.12; 0.22)	Small	3	61	70.0	0.19		
	≤16 sessions	−0.67 (−1.64; 0.31)	Moderate	2	38	0.77	0.18		
	>16 sessions	−0.05 (−0.62; 0.53)	Trivial	1	23	NE	0.87		
	<30 min/session	−0.05 (−0.62; 0.53)	Trivial	1	23	NE	0.87		
≥30 min/session	−1.17 (−1.87; −0.48)	Large	1	19	NE	<0.001			
COD tests	<8 weeks					NE		85.1	0.01
	≥8 weeks	−0.03 (−0.34; 0.29)	Trivial	7	137	42.0	0.86		
	<2 sessions/week					NE			
	≥2 sessions/week	−0.03 (−0.34; 0.29)	Trivial	7	137	42.0	0.86		
	≤16 sessions	−0.40 (−0.78; −0.03)	Small	3	57	0.0	0.03		
	>16 sessions	0.24 (−0.07; 0.55)	Trivial	4	80	0.0	0.13		
	<30 min/session	0.24 (−0.07; 0.55)	Trivial	4	80	0.0	0.13		
≥30 min/session	0.40 (−0.18; −0.03)	Small	3	57	0.0	0.03			

^a: Test of null (2-tail), mixed model; ^b: p value, heterogeneity, total between, mixed model; NE: Not estimable.

Table 5. Effect of moderator variables with 95% confidence intervals in plyometric training.

	Subgroup	Effect Size with 95% Confidence Interval	Effect Descriptor	Groups	<i>n</i>	Within-Group I ² (%)	Within-Group <i>p</i> ^a	Between-Group I ² (%)	Between-Group <i>p</i> ^b
CMJ	<8 weeks	0.41 (−0.06; 0.87)	Small	3	37	0.0	0.08	52.2	0.15
	≥8 weeks	0.96 (0.37; 1.56)	Moderate	6	62	57.0	0.002		
	<2 sessions/week	1.00 (0.19; 1.80)	Moderate	3	27	46.0	0.01	0.0	0.42
	≥2 sessions/week	0.62 (0.15; 1.08)	Moderate	6	72	43.0	0.009		
	≤16 sessions	0.61 (0.27; 0.95)	Moderate	7	72	1.0	0.0004	0.0	0.52
	>16 sessions	1.22 (−0.60; 3.04)	Large	2	27	86.0	0.19		
	<30 min/session	0.41 (−0.07; 0.90)	Small	3	33	0.0	0.10	58.8	0.12
	≥30 min/session	1.44 (0.25; 2.63)	Large	3	38	78.0	0.02		
Sprint test	<8 weeks	−1.39 (−2.29; −0.48)	Large	5	50	72.0	0.003	0.0	0.40
	≥8 weeks	−0.90 (−1.57; −0.23)	Moderate	1	19	NE	0.008		
	<2 sessions/week	−1.75 (−3.14; −0.36)	Large	2	17	62.0	0.01	0.0	0.38
	≥2 sessions/week	−1.03 (−1.82; −0.23)	Moderate	4	52	68	0.01		
	≤16 sessions	−1.42 (−2.29; −0.56)	Large	5	52	80	0.02	39.2	0.20
	>16 sessions	−0.70 (−1.39; 0)	Small	1	17	NE	0.05		
	<30 min/session	−2.01 (−3.64; −0.37)	Very Large	3	33	82.0	0.02	0	0.37
	≥30 min/session	−1.12 (−2.13; −0.11)	Large	1	9	NE	0.03		
COD test	<8 weeks	−0.78 (−1.34; −0.22)	Moderate	2	27	0.0	0.006	91.0	0.0009
	≥8 weeks	−2.80 (−3.86; −1.75)	Very Large	2	16	0.0	<0.00001		
	<2 sessions/week	−1.16 (−2.28; −0.03)	Large	1	8	NE	0.04	0.0	0.77
	≥2 sessions/week	−0.97 (−1.48; −0.47)	Moderate	3	35	0.0	0.0002		
	≤16 sessions	−1.64 (−2.72; −0.57)	Large	4	43	74.0	0.003	NE	NE
	>16 sessions					NE			
	<30 min/session	−2.80 (−3.86; −1.75)	Very large	2	16	0.0	<0.00001	NE	NE
	≥30 min/session				NE				

^a: Test of null (2-tail), mixed model; ^b: *p* value, heterogeneity, total between, mixed model; NE: Not estimable.

Differences were trivial to small between each training type across subgroups in vertical jump and COD performance and trivial to large in linear sprint performance. In linear sprint performance, interventions with a total number of training sessions of less than 16 sessions produced moderate effects (ES -0.67 (95%CI = $-1.64; 0.31$), $Z = 1.34$ ($p = 0.18$)) compared to those that lasted longer than 16 sessions (ES -0.05 (95%CI = $-0.62; 0.53$), $Z = 0.16$ ($p = 0.87$)). Sessions that lasted longer than 30 min were substantially more effective (ES -1.17 (95%CI = $-1.87; -0.48$), $Z = 3.31$ ($p = 0.0009$)) than those that lasted less than 30 min (ES -0.05 (95%CI = $-0.62; 0.53$)), $Z = 0.16$ ($p = 0.87$)). In COD performance, interventions with a total number of training sessions of less than 16 sessions produced smaller effects (ES -0.40 (95%CI = $-0.78; -0.03$), $Z = 2.12$ ($p = 0.03$)) than those that lasted longer than 16 sessions (ES 0.24 (95%CI = $-0.07; 0.55$), $Z = 1.51$ ($p = 0.13$)). Sessions that lasted longer than 30 min were substantially more effective (ES -0.40 (95%CI = $-0.78; 0.03$), $Z = 2.12$ ($p = 0.03$)) than those that lasted less than 30 min (ES 0.24 (95%CI = $-0.07; 0.55$), $Z = 1.51$ ($p = 0.13$)). In vertical jump and COD performance, the level of heterogeneity was higher in subgroups with longer programs, greater training frequency, more training sessions and fewer minutes per session. In linear sprint performance, levels of heterogeneity were higher in subgroups with longer programs, greater training frequency and fewer training sessions.

3.7. Plyometric Training

Subgroup analysis suggested high levels of between-group heterogeneity, with program duration in COD performance achieving statistical significance ($p < 0.001$). Differences were small to large in vertical jump, trivial to very large in linear sprint and moderate to very large in COD performance. All subgroup variables in linear sprint and COD performance demonstrated a significant effect. In vertical jump performance, only interventions with a total number of training sessions of more than 16 sessions (ES -1.22 (95%CI = $-0.60; 3.04$), $Z = 1.32$ ($p = 0.19$)) and which lasted less than 30 min (ES 0.41 (95%CI = $-0.07; 0.90$), $Z = 1.66$ ($p = 0.10$)) did not demonstrate a significant effect. In vertical jump performance, the level of heterogeneity was higher in subgroups with shorter programs, lower training frequency and more training sessions and minutes per session. In linear sprint performance, levels of heterogeneity were higher in subgroups with shorter programs, greater training frequency, fewer training sessions and fewer minutes per session. The level of heterogeneity in COD performance was higher in subgroups with fewer training sessions.

4. Discussion

The main findings of this meta-analysis indicate that PT can be used instead of ST to target vertical jump, linear sprint and COD performance in female soccer players. This has important implications for coaches because it means that female soccer players can develop vertical jump, linear sprint and COD qualities and technical skills concurrently, thus representing a more performance-efficient approach to training.

4.1. Vertical Jump Performance

The within- and between-mode analyses reveal that PT provides better benefits than ST in enhancing vertical jump performance in female soccer players. The magnitude of the improvements was deemed trivial for ST (ES = 0.13) and moderate for PT (ES = 0.81). However, the differences observed among the within- and between-groups were not significant. Therefore, the present meta-analysis cannot provide conclusive information regarding the best program to increase vertical jump performance in female soccer players.

Several reviews and meta-analyses support the notion that PT is an effective training program for the improvement of vertical jump performance in female athletes [12,36,46]. On the contrary, to the authors' knowledge, there have been no reviews conducted regarding the effects of ST on vertical jump performance in this population. The main reason is that less research is available for this population and, therefore, more studies are needed.

The purpose of ST is to promote maximal strength and muscular hypertrophy to improve physical performance [22], and this method has often been used by physical trainers in soccer training routines [7,47]. Two studies by Pardos-Mainer et al. [5,6] found that ST exerted a borderline small–moderate effect on vertical jump performance whilst Lindblom et al. [39] and Pedersen et al. [38] resulted only a trivial ES, and even the effect was negative. It is possible that the exercises included in the ST programs do not demonstrate a significant transference effect to soccer-specific physical performance and conditioning programs with higher load and intensity would be necessary in order to benefit from the training [8,35]

Moreover, if we observe the different exercises used in ST of the current meta-analysis, it can be argued that there is low resemblance between the exercises carried out and the evaluated CMJ performance test. These exercises were generally carried out at slow speeds, while the CMJ test included high-speed components.

PT concerns exercises that have the aim to improve muscle, mainly through the use of jump training [48,49]. Plyometric exercises represent a natural part of majority sport movement because they involve jumping, hopping and skipping [46,47,50]. Ozbar et al. [42] and Sedano-Campo et al. [43] found that PT exerted a large effect and Rubley et al. [44] found a moderate effect on vertical jump performance, whilst the rest of the PT studies [36,37,40,41] resulted only in a small ES. These results are in line with the results of two meta-analyses which showed that PT increases vertical jump performance for female athletes [8,35].

The aforementioned magnitude differences in vertical jump performance after ST and PT among female soccer players may be due to the diversity of training programs (e.g., frequency, duration, total time and total number of ST and PT sessions). To analyze this possibility, the effects of potential moderator variables were explored.

Subgroup analyses of programming parameters revealed that ST interventions were more effective with longer study durations (8 weeks or more), greater training frequency (2 sessions or more per week), more training sessions (16 or more) and longer session times (30 min or more) to improve vertical jump performance. However, only four studies [5,6,38,39] provided data and, owing to the homogeneity of programming parameters used across studies, more research, utilizing varying study durations, amounts of sessions, training sessions and session times, should be carried out to establish more robust recommendations regarding these parameters.

On the other hand, certain programming characteristics of PT interventions, such as longer study durations (8 weeks or more), reduced training frequency (less than 2 sessions per week), more training sessions (16 or more) and longer session times (30 min or more), could enhance the effectiveness of vertical jump performance, although there is no suggestion that these factors are necessarily synergistic when combined. Regarding PT frequency, interventions with less than two sessions per week [40,42,44] produced a moderate effect (ES: 1.00), while those with two or more sessions per week [36,37,40,41,45] also produced a moderate but weaker effect (ES: 0.62). Then, such ES values must be interpreted cautiously. In this sense, the large effect observed in training sessions and session times may be inflated, probably related with the results from Ozbar et al. [42], Sedano-Campo et al. [43] and Rubley et al. [44]. Two [38,40] of these three studies showed a moderate–large effect on vertical jump performance (ES = 0.87–2.21) after the PT program. Such substantial improvements may be related to the initial vertical jump values of female soccer players, which are too high compared to the rest of the studies included in the current meta-analysis. Furthermore, Sedano-Campo et al. [43] performed the PT intervention with elite female soccer players, with an average of 10 h of training a week. Then, the characteristics of participants may explain the moderate effect (ES = 0.87) increase in vertical jump performance. Finally, no significant subgroup differences were noted for any of the moderator variables.

In general, the evidence suggests that the moderator roles of ST in vertical jump performance in female soccer player are not clear and more research is necessary. Meanwhile, the moderator roles of PT in vertical jump performance are more conclusive and such

information may aid sports coaches and trainers in selecting programming characteristics of PT in this population.

4.2. Liner Sprint Time

In the present meta-analysis, the within-mode analyses reveal that PT shows better benefits in enhancing the time of linear sprint in female soccer players than ST. In addition, the improvements were significant for the PT program. The magnitude of the improvements was deemed trivial for ST (ES = 0.01) and large for PT (ES = −1.12). The subgroup differences were significant. However, these results must be interpreted conservatively. Between-mode analysis provided a greater effect in both types of programs. ST produced a small effect (ES = −0.45) while PT produced a large effect (ES = −1.24). Moreover, no significant subgroup differences were noted for linear sprint performance ($p = 0.10$). It is interesting to observe the between-mode analysis due to the comparison between the same ST or PT group (intra-group), whilst within-mode analysis is a comparison between EG and CG of ST or PT training and, occasionally, this mode of analysis does not represent the reality of the results. In this sense, Pardos-Mainer et al. [5] demonstrated a large effect (ES = −1.17) in linear sprint performance after an ST which is combined with power exercises. Similar results have been found by Ozbar et al. [42] (ES = −1.12) after a PT. It is well acknowledged that horizontal force production has an important application in sprint acceleration performance [51]. Both PT and ST incorporated horizontal stimulus, and this may have increased the chances of gaining adaptations. Hence, these results highlight the importance of developing both lower body strength and power, which may enhance linear sprint performance in female soccer players.

Based on the data presented in Tables 4 and 5, on the one hand, certain ST programming characteristics, such as longer study durations (8 weeks or more), greater training frequencies (2 sessions or more per week), fewer training sessions (16 or less) and longer session times (30 min or more), could enhance the effectiveness of linear sprint performance. Indeed, significant subgroup differences were noticed ($p = 0.01$) regarding the session time. Regarding the duration and total number of ST sessions, interventions with durations of 30 min or more per session and 16 or fewer sessions demonstrated large (ES = −1.17) and moderate (ES = −0.67) effects, respectively. However, these findings are not clear but this could be due to the relatively low number of studies in this field [36,37], thus necessitating more research to clarify the time course of adaptation to ST in linear sprint performance in female soccer players. On the other hand, PT program characteristics such as short study durations (less than 8 weeks), lower training frequencies (2 sessions per week or less), fewer training sessions (16 or less) and short session times (less than 30 min) could improve the effectiveness of linear sprint performance. Nevertheless, no significant subgroup differences were noted for moderator variables. Characteristics of PT programs with low dosage may maximize one's probability of improving linear sprint performance and other meta-analysis studies support this finding [49].

It can be concluded that a PT program can enhance liner sprint performance over a distance down to 30 m in length. In addition, PT results in an increase in linear sprint performance, especially over the initial meter, between 15 and 30 m distances. A meaningful portion of the PT exercises in studies included in the current meta-analysis implicated slow stretch shortening cycle (SSC) muscle actions. These actions mimic those encountered during the acceleration phase of a sprint [52,53] compared to the faster SSC muscle actions of the maximal velocity of a sprint [52]. For this reason, the specificity principle of training may help to explain the enhancement in the linear sprint after a PT program [54]. In this sense, coaches and trainers should consider incorporating sprint specific exercises as part of the PT program.

4.3. COD Time

Within- and between-mode analyses reveal that PT is more beneficial in improving the time of COD performance in female soccer players than ST. The magnitude of the enhance-

ments was deemed trivial for ST (ES = -0.03) and large for PT (ES = -1.64). Moreover, the subgroup differences were significant. Neuromuscular adaptations during the initial weeks in ST and PT are important [55,56]. Neural adaptations and improvement of motor unit recruitment are mechanisms that can lead to an enhancement in COD performance [56]. Improvements in COD ability require rapid force development, the eccentric strength of the thigh muscles and a rapid switch from eccentric to concentric muscle action in the leg-extensor muscles, and it seems that PT can improve these factors [57,58]. It is probable that PT studies [36,37,40] showed very large to moderate effects (ES = -3.12 to -0.77) because these programs incorporated vertical, horizontal and unilateral jumps that increased COD performance. However, Pardos-Mainer et al. [5] observed a moderate effect (ES = -0.71) after ST combined with isometric exercises. The isometric strength seems to be decisive to optimize the triple extension during COD tests, as a result of permitting the correct alignment of the lower limbs to then subsequently reaccelerate thereafter [59].

Further subgroup analyses of programming parameters also revealed some interesting findings. ST interventions were more effective with longer study durations (8 weeks or more), greater training frequencies (2 sessions or more per week), fewer training sessions (16 or less) and longer session times (30 min or more). Meanwhile, PT interventions were more effective with longer study durations (8 weeks or more), lower training frequencies (less than 2 sessions per week), fewer training sessions (16 or less) and longer session times (30 min or more). However, these results must be interpreted cautiously being as there are no existing ST and PT studies which examine these programming parameters.

On the one hand, significant ST subgroup differences were noted for total number and duration of sessions ($p = 0.01$); nevertheless, two studies [4,6] reported more than one outcome to evaluate the COD performance and may have overestimated the precision of this ability. On the other hand, significant subgroup differences were noticed regarding the PT duration ($p = <0.01$). However, ES values must be interpreted conservatively. The very large effect (ES = -2.80) observed with programs which were 8 weeks or longer may be inflated, probably related to the results from one [36] of the three studies that observed duration of training.

Overall, the evidence suggests that PT significantly improves COD performance; nevertheless, we cannot strongly recommend optimal training variables to improve COD performance in female soccer players. Researchers are therefore encouraged to conduct studies examining different ST and PT programming parameters in female soccer players.

4.4. Limitations

Besides the inherent limitations associated with the meta-analytic technique itself, a number of specific limitations of the current meta-analysis have to be considered. This meta-analysis does not allow coaches and trainers to provide definite ST or PT programs to enhance vertical jump, linear sprint and COD performance because mainly no significant subgroup differences were noticed according to moderator variables. However, the current meta-analysis indicates that PT improves, to a greater extent, these variables of performance than ST; nevertheless, the current results should be interpreted with caution and confirmed in the future. A limitation of the present body of literature is the relatively high number of researchers who did not incorporate a control group into their study design. Six studies [7,60–64] were excluded from the current meta-analysis because they did not provide any, or sufficient, control group data. The recruitment of individuals to studies can be difficult and the addition of a control group is not always possible in female soccer due to the smaller number of female players in comparison to their male counterparts. In this regard, we encourage future studies to compare the effects of ST and PT against a control group to elucidate which are the most beneficial in vertical jump, linear sprint or COD performance in female soccer players. Furthermore, due to the lack of studies in this population, we decided to pool the data of youth and adult female players in the meta-analysis to include a broader number of studies. However, the specific information of each study, presented in Tables 2 and 3, together the within- and between- values provided

in Figures 2–7, allows interested readers to re-conduct the meta-analysis if they wish to delimitate the range of maturity status and age of studies further.

5. Conclusions

The findings of this systematic review and meta-analysis suggest that PT seems to provide better benefits than ST to improve vertical jump, linear sprint and COD performance in female soccer players. However, significant limitations in the current literature prevent assured PT and ST prescriptions recommendations being made. Based on our results, it seems that these physical performance gains may be optimized by the use of vertical, horizontal and unilateral jumps at high speed and these exercises represent a natural part of the majority of sport movement because they involve jumping, hopping and skipping. In addition, exercises included in ST were generally carried out at slow speeds and could decrease the performance. Further research is needed in adolescent, recreational, elite and adult female soccer players to investigate the effects of PT and ST on performance. Furthermore, longer-term studies are also needed to determine and compare the long-term effectiveness of both training programs on performance.

Author Contributions: Conceptualization, E.P.-M. and A.R.-M.; methodology, E.P.-M., M.T.-D., A.C.-L. and A.R.-M.; writing—original draft preparation, E.P.-M. and A.R.-M.; writing—review and editing, E.P.-M., M.T.-D., D.L. and A.R.-M.; supervision, D.L., A.C.-L. and M.T.-D.; project administration, E.P.-M., M.T.-D. and D.L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board (or Ethics Committee) of National Institute for Health Research (PROSPERO CRD42020219998 10/12/2020).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The datasets generated and analyzed for this study can be requested by correspondence authors in epardos@usj.es and dlozano@usj.es.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Fédération Internationale de Football Association. Women's Football across the National Associations. 2017. Available online: https://www.uefa.com/MultimediaFiles/Download/OfficialDocument/uefaorg/Women%27sfootball/02/43/13/56/2431356_DOWNLOAD.pdf (accessed on 1 May 2020).
2. Covic, N.; Jeleskovic, E.; Alic, H.; Rado, I.; Kafedzic, E.; Sporis, G.; McMaster, D.T.; Milanovic, Z. Reliability, Validity and Usefulness of 30-15 Intermittent Fitness Test in Female Soccer Players. *Front. Physiol.* **2016**, *7*, 510. [[CrossRef](#)]
3. Munro, A.G.; Herrington, L.C. Between-session reliability of four hop tests and the agility t-test. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 1470–1477. [[CrossRef](#)]
4. Sassi, R.H.; Dardouri, W.; Yahmed, M.H.; Gmada, N.; Mahfoudhi, M.E.; Gharbi, Z. Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1644–1651. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Pardos-Mainer, E.; Casajus, J.; Gonzalo-Skok, O. Effects of Combined Strength and Power Training on Physical Performance and Interlimb Asymmetries in Adolescent. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2020**, *20*, 1–9.
6. Pardos-Mainer, E.; Casajus, J.A.; Gonzalo-Skok, O. Adolescent female soccer players' soccer-specific warm-up effects on performance and inter-limb asymmetries. *Biol. Sport* **2019**, *36*, 199–207. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Shalfawi, S.A.; Haugen, T.; Jakobsen, T.A.; Enoksen, E.; Tonnessen, E. The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2013**, *27*, 2966–2972. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Ramirez-Campillo, R.; Alvarez, C.; García-Pinillos, F.; Gentil, P.; Moran, J.; Pereira, L.A.; Loturco, I. Plyometric training in young male soccer players: Potential effect of jump height. *Pediatric. Exerc. Sci.* **2019**, *31*, 306–313. [[CrossRef](#)]
9. Chu, D.A. *Jumping into Plyometrics*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 1998.
10. Keeley, D.W.; Plummer, H.A.; Oliver, G.D. Predicting asymmetrical lower extremity strength deficits in college-aged men and women using common horizontal and vertical power field tests: A possible screening mechanism. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 1632–1637. [[CrossRef](#)]

11. Lockie, R.G.; Callaghan, S.J.; Berry, S.P.; Cooke, E.R.; Jordan, C.A.; Luczo, T.M.; Jeffriess, M.D. Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *J. Strength Cond. Res.* **2014**, *28*, 3557–3566. [[CrossRef](#)]
12. Moran, J.; Clark, C.C.T.; Ramirez-Campillo, R.; Davies, M.J.; Drury, B. A Meta-Analysis of Plyometric Training in Female Youth: Its Efficacy and Shortcomings in the Literature. *J. Strength Cond. Res.* **2019**, *33*, 1996–2008. [[CrossRef](#)]
13. Sánchez, M.; Sanchez-Sanchez, J.; Nakamura, F.Y.; Clemente, F.M.; Romero-Moraleda, B.; Ramirez-Campillo, R. Effects of Plyometric Jump Training in Female Soccer Player's Physical Fitness: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 8911. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Knuttgen, H.G.; Komi, P.V. Considerations for exercise. In *Strength Power Sport*; Komi, P.V., Ed.; Blackwell Science Ltd.: Oxford, UK, 2003.
15. Baechle, T.R.; Earle, R.W. *Essentials of Strength Training and Conditioning*; National Strength and Conditioning Association: Champaign, IL, USA, 2000.
16. Harries, S.K.; Lubans, D.R.; Callister, R. Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: A systematic review and meta-analysis. *J. Sci. Med. Sport* **2012**, *15*, 532–540. [[CrossRef](#)]
17. Granacher, U.; Lesinski, M.; Büsch, D.; Muehlbauer, T.; Prieske, O.; Puta, C.; Gollhofer, A.; Behm, D.G. Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: A conceptual model for long-term athlete development. *Front. Physiol.* **2016**, *7*, 164. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Hennessy, L.; Kilty, J. Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *J. Strength Cond. Res.* **2001**, *15*, 326–331. [[PubMed](#)]
19. Lesinski, M.; Prieske, O.; Chaabene, H.; Granacher, U. Seasonal effects of strength endurance vs. power training in young female soccer athletes. *J. Strength Cond. Res.* **2020**. [[CrossRef](#)]
20. Higgins, J.P.; Thomas, J.; Chandler, J.; Cumpston, M.; Li, T.; Page, M.J.; Welch, V.A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 2019.
21. Liberati, A.; Altman, D.G.; Tetzlaff, J.; Mulrow, C.; Gotzsche, P.C.; Ioannidis, J.P.; Clarke, M.; Devereaux, P.J.; Kleijnen, J.; Moher, D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration. *BMJ* **2009**, *339*, b2700. [[CrossRef](#)]
22. Bruce-Low, S.; Smith, D. Explosive exercise in sport training: A critical review. *J. Exerc. Physiol.* **2007**, *10*, 21–33.
23. Chu, D.; Myer, G. *Plyometrics*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2013.
24. Moran, J.; Ramirez-Campillo, R.; Granacher, U. Effects of Jumping Exercise on Muscular Power in Older Adults: A Meta-Analysis. *Sports Med.* **2018**, *48*, 2843–2857. [[CrossRef](#)]
25. Turner, H.; Bernard, R. Calculating and synthesizing effect sizes. *Contemp. Issues Commun. Sci. Disord.* **2006**, *33*, 42–55. [[CrossRef](#)]
26. The Nordic Cochrane Centre. *Review Manager*; Cochrane Collaboration: London, UK, 2014; pp. 1–43.
27. Hedges, L.; Olkin, I. *Methods for Meta-Analysis*; Academic Press: New York, NY, USA, 1985.
28. Deeks, J.J.; Higgins, J.P.; Altman, D.G. Analysing Data and Undertaking Meta-Analyses. In *Cochrane Handbook for Systematic Reviews for Interventions*; Cochrane Book Series; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 2008; pp. 481–529.
29. Kontopantelis, E.; Springate, D.A.; Reeves, D. A re-analysis of the Cochrane Library data: The dangers of unobserved heterogeneity in meta-analyses. *PLoS ONE* **2013**, *8*, e69930. [[CrossRef](#)]
30. Hopkins, W.G.; Marshall, S.W.; Batterham, A.M.; Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 3–13. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Higgins, J.P.; Deeks, J.J.; Altman, D.G. Special topics in statistics. In *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*; Cochrane Book Series; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 2008.
32. Higgins, J.P.; Thompson, S.G.; Deeks, J.J.; Altman, D.G. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* **2003**, *327*, 557–560. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Schmidt, F. Statistical and measurement pitfalls in the use of meta-regression in meta-analysis. *Career Dev. Int.* **2017**, *22*, 469–476. [[CrossRef](#)]
34. Pescatello, L.S.; MacDonald, H.V.; Lamberti, L.; Johnson, B.T. Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. *Curr. Hypertens Rep.* **2015**, *17*, 87. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Ramirez-Campillo, R.; Sanchez-Sanchez, J.; Romero-Moraleda, B.; Yanci, J.; Garcia-Hermoso, A.; Manuel Clemente, F. Effects of plyometric jump training in female soccer player's vertical jump height: A systematic review with meta-analysis. *J. Sports Sci.* **2020**. [[CrossRef](#)]
36. Ramirez-Campillo, R.; Vergara-Pedrerros, M.; Henriquez-Olguin, C.; Martinez-Salazar, C.; Alvarez, C.; Nakamura, F.Y.; De La Fuente, C.I.; Caniuqueo, A.; Alonso-Martinez, A.M.; Izquierdo, M. Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *J. Sports Sci.* **2016**, *34*, 687–693. [[CrossRef](#)]
37. Rosas, F.; Ramirez-Campillo, R.; Martinez, C.; Caniuqueo, A.; Canas-Jamet, R.; McCrudden, E.; Meylan, C.; Moran, J.; Nakamura, F.Y.; Pereira, L.A.; et al. Effects of Plyometric Training and Beta-Alanine Supplementation on Maximal-Intensity Exercise and Endurance in Female Soccer Players. *J. Hum. Kinet.* **2017**, *58*, 99–109. [[CrossRef](#)]
38. Pedersen, S.; Heitmann, K.A.; Sagelv, E.H.; Johansen, D.; Pettersen, S.A. Improved maximal strength is not associated with improvements in sprint time or jump height in high-level female football players: A cluster-randomized controlled trial. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* **2019**, *11*, 20. [[CrossRef](#)]

39. Lindblom, H.; Walden, M.; Hagglund, M. No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: A randomised controlled trial. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2012**, *20*, 2116–2123. [[CrossRef](#)]
40. Ramirez-Campillo, R.; Gonzalez-Jurado, J.A.; Martinez, C.; Nakamura, F.Y.; Penailillo, L.; Meylan, C.M.; Caniuqueo, A.; Canas-Jamet, R.; Moran, J.; Alonso-Martinez, A.M.; et al. Effects of plyometric training and creatine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *J. Sci. Med. Sport* **2016**, *19*, 682–687. [[CrossRef](#)]
41. Ramirez-Campillo, R.; Garcia-Pinillos, F.; Garcia-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*, 934. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Ozbar, N.; Ates, S.; Agopyan, A. The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2014**, *28*, 2888–2894. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Sedano Campo, S.; Vaeyens, R.; Philippaerts, R.M.; Redondo, J.C.; de Benito, A.M.; Cuadrado, G. Effects of lower-limb plyometric training on body composition, explosive strength, and kicking speed in female soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1714–1722. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Rubley, M.D.; Haase, A.C.; Holcomb, W.R.; Girouard, T.J.; Tandy, R.D. The effect of plyometric training on power and kicking distance in female adolescent soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 129–134. [[CrossRef](#)]
45. Siegler, J.; Gaskill, S.; Ruby, B. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J. Strength Cond. Res.* **2003**, *17*, 379–387.
46. Saez-Saez de Villarreal, E.; Requena, B.; Newton, R.U. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J. Sci. Med. Sport* **2010**, *13*, 513–522. [[CrossRef](#)]
47. Spinetti, J.; Figueiredo, T.; Willardson, J.; Bastos de Oliveira, V.; Assis, M.; Fernandes de Oliveira, L.; Miranda, H.; Machado de Ribeiro Reis, V.M.; Simao, R. Comparison between traditional strength training and complex contrast training on soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2019**, *59*, 42–49. [[CrossRef](#)]
48. Anderst, W.; Eksten, F.; Koceja, D. Effects of plyometric and explosive resistance training on lower body power. *Med. Sci. Sports Exerc.* **1994**, *26*, S31. [[CrossRef](#)]
49. Komi, P.V. *Stretch Shortening Cycle; Strength and Power in Sport*; Oxford, UK, 2003.
50. Morin, J.; Bourdin, M.; Edouard, P.; Peyrot, N.; Samozino, P.; Lacour, J. Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2012**, *112*, 3921–3930. [[CrossRef](#)]
51. Saez-Saez de Villarreal, E.; Requena, B.; Cronin, J.B. The effects of plyometric training on sprint performance: A meta-analysis. *J. Strength Cond. Res.* **2012**, *26*, 575–584. [[CrossRef](#)]
52. Mero, A.; Komi, P.V.; Gregor, R.J. Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Med.* **1992**, *13*, 376–392. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
53. Mero, A. Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Res. Q. Exerc. Sport* **1988**, *59*, 94–98. [[CrossRef](#)]
54. Rimmer, E.; Sleivert, G. Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *J. Strength Cond. Res.* **2000**, *14*, 295–301.
55. Asadi, A. Effects of in-season short term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport Sci. Health* **2013**, *9*, 133–137. [[CrossRef](#)]
56. Aagaard, P.; Simonsen, E.B.; Andersen, J.L.; Magnusson, P.; Dyhre-Poulsen, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J. Appl. Physiol.* **2002**, *93*, 1318–1326. [[CrossRef](#)]
57. Sheppard, J.M.; Young, W.B. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J. Sports Sci.* **2006**, *24*, 919–932. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
58. Miller, M.G.; Herniman, J.J.; Ricard, M.D.; Cheatham, C.C.; Michael, T.J. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *J. Sports Sci. Med.* **2006**, *5*, 459–465.
59. Spiteri, T.; Newton, R.U.; Binetti, M.; Hart, N.H.; Sheppard, J.M.; Nimphius, S. Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *J. Strength Cond. Res.* **2015**, *29*, 2205–2214. [[CrossRef](#)]
60. Noyes, F.R.; Barber-Westin, S.D.; Tutalo Smith, S.T.; Campbell, T. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2013**, *27*, 340–351. [[CrossRef](#)]
61. Greska, E.K.; Cortes, N.; Van Lunen, B.L.; Onate, J.A. A feedback inclusive neuromuscular training program alters frontal plane kinematics. *J. Strength Cond. Res.* **2012**, *26*, 1609–1619. [[CrossRef](#)]
62. Grieco, C.R.; Cortes, N.; Greska, E.K.; Lucci, S.; Onate, J.A. Effects of a combined resistance-plyometric training program on muscular strength, running economy, and Vo₂peak in division I female soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2012**, *26*, 2570–2576. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
63. Wright, M.; Laas, M. Strength training and metabolic conditioning for female youth and adolescent soccer players. *Strength Cond. J.* **2016**, *38*, 98–104. [[CrossRef](#)]
64. Wright, M.D.; Atkinson, G. Changes in Sprint-Related Outcomes During a Period of Systematic Training in a Girls' Soccer Academy. *J. Strength Cond. Res.* **2019**, *33*, 793–800. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

4.2. Estudio 2:

Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players

Alberto Roso-Moliner¹, Elena Mainer-Pardos^{1*}, José Luis Arjol-Serrano¹, Antonio Cartón-Llorente¹, Hadi Nobari^{2,3,4,5}, Demetrio Lozano¹

¹ Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830, Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain; aroso@usj.es, epardos@usj.es, jlarjol@usj.es, acarton@usj.es, dlozano@usj.es

² Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, 10003 Cáceres, Spain; hadi.nobari1@gmail.com or nobari.hadi@unitbv.ro

³ Department of Motor Performance, Faculty of Physical Education and Mountain Sports, Transilvania University of Braşov, 500068 Braşov, Romania.

⁴ Sports Scientist, Sepahan Football Club, 81887-78473 Isfahan, Iran.

⁵ Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, 56199-11367, Ardabil, Iran.

Biology

EISSN 2079-7737

DOI: <https://doi.org/10.3390/biology11071062>

Year: 2022 Volume: 11 Issue: 7 Page: 1062.

Editorial: Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)

Article

Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players

Alberto Roso-Moliner ¹, Elena Mainer-Pardos ^{1,*}, José Luis Arjol-Serrano ¹, Antonio Cartón-Llorente ¹, Hadi Nobari ^{2,3,4,5} and Demetrio Lozano ¹

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50830 Zaragoza, Spain; aroso@usj.es (A.R.-M.); jlarjol@usj.es (J.L.A.-S.); acarton@usj.es (A.C.-L.); dlozano@usj.es (D.L.)

² Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, 10003 Cáceres, Spain; hadi.nobari1@gmail.com or nobari.hadi@unitbv.ro

³ Department of Motor Performance, Faculty of Physical Education and Mountain Sports, Transilvania University of Braşov, 500068 Braşov, Romania

⁴ Sports Scientist, Sepahan Football Club, Isfahan 81887-78473, Iran

⁵ Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil 56199-11367, Iran

* Correspondence: epardos@usj.es; Tel.: +34-976060100

Simple Summary: Soccer performance is complex, requiring mastery of sport specific technical and tactical skills with ideal physical fitness (i.e., includes sprints, hops, accelerations, changes of directions, and so on) and body composition (i.e., increase lean muscle mass and decrease fat mass). In the last decades, performance models have helped to understand the multifactorial mechanisms involved in physical performance in sports. Hence, we tested the hypothesis that a neuromuscular training (NMT) program has an effect on body composition parameters in elite female soccer players. The result showed that implementation of 10-week with thrice-weekly NMT program improves body composition in elite female soccer players.

Abstract: (1) Background: This study was conducted to investigate the effects of a 10-week neuromuscular training program (NMT) on the sum of six skinfolds ($\Sigma 6S$) and body composition variables in elite female soccer players. (2) Methods: Forty-four Spanish elite female soccer players (age: 24.0 ± 4.2 years; height: 164.3 ± 5.5 cm; body mass: 60.4 ± 5.5 kg; body mass index (BMI): 22.4 ± 2.2 kg/m²) were randomly assigned to a control group (CG) or to an experimental group (EG). Participants in the EG completed a specific NMT program of 24 min, three times per week, which included exercises from six different categories (mobility, dynamic stability, anterior chain strength, lumbopelvic control, posterior chain strength, and change of direction). The CG followed their normal strength and conditioning program. Pre- and post-intervention assessments included anthropometric measurements (weight, height, limb circumferences, and bone breadths), and subsequently, body composition factors BMI, $\Sigma 6S$, body mass, muscle mass, and lean body mass were calculated. Nutrition was standardized by a nutritionist and also load monitored. (3) Results: A two-way mixed analysis of variance (group \times time) revealed that there was a significant ($p \leq 0.001$) group \times time interaction between body mass, fat mass, and $\Sigma 6S$ in favor of NMT. A significant interaction was also observed for body skeletal muscle mass and lean body mass favoring NMT. (4) Conclusions: The application of an NMT program seems to be a useful strategy to improve body composition in elite female soccer players.

Keywords: football; body fat; women; strength training; lean body mass; kinanthropometry



Citation: Roso-Moliner, A.; Mainer-Pardos, E.; Arjol-Serrano, J.L.; Cartón-Llorente, A.; Nobari, H.; Lozano, D. Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. *Biology* **2022**, *11*, 1062. <https://doi.org/10.3390/biology11071062>

Academic Editor: Paulo Gentil

Received: 26 May 2022

Accepted: 14 July 2022

Published: 17 July 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Soccer is arguably the most popular team sport today, and it is played by more than one billion people worldwide [1]. In 2020, the number of federated female soccer players in

Spain reached 77,461 [2]. That year, FIFA's Women's Football Strategy set out its goals of doubling the number of participants by 2026 [3].

Soccer performance is multifactorial and requires mastery of both sport-specific technical–tactical skills and optimal physical fitness. As an intermittent high-intensity sport, soccer involves activities such as sprints, jumps, accelerations, and changes of direction (COD), among others [4,5]. Of note, these high-intensity actions, coupled with the ability to repeat them without fatigue and the somatotype, also account for most actions that cause injury [6]. In addition, the somatotype of the players has shown to be relevant for this purpose [7]. Therefore, the link between anthropometry, muscle performance, and soccer-specific physical performance has been studied extensively (i.e., sprint, repeated sprint ability, vertical jump, etc.). Previous investigations found a strong link between body composition (high levels of lean mass and low levels of fat mass) and vertical jump performance and repeated sprint ability [8–10]. In addition, for leaner body compositions, lower body strength measurements are closely linked to soccer players' acceleration, sprinting, and leaping performance [11,12]. Given these correlations, training methods, such as neuromuscular training (NMT), that increase lower body strength and/or reduce body fat, enhancing the power-to-mass ratio, should result in significant increases in the physical performance parameters of female soccer players [13,14].

In this direction, the relationship between running performance (i.e., aerobic capacity) and body composition has been evaluated in elite males [15], youths [16], and elite females [17], showing high-speed actions and longer distances covered in players with greater lean body mass percentages as a marker of the muscle-to-fat ratio. In addition, previous published kinanthropometric studies in soccer showed different profiles as a function of age, sex, and playing position, and some of them have specifically analyzed the anthropometric profile of female soccer players [18–21].

The research working group on the body composition health and performance of athletes states that low body fat and high lean body mass are strongly correlated with higher levels of performance, especially in weight-sensitive sports such as soccer [22]. However, this relationship should be handled with caution because each sport has its own body composition (i.e., somatotype) that is considered ideal for success [23], and players with low body fat mass do not follow this general rule. A recently published review included kinanthropometric data of elite female soccer players from 2000 to 2020, showing a fat mass percentage between 14.5% to 22% [24]. In addition to the above, it is also important to analyze other performance factors that affect this sport, such as adequate nutritional intake [25] and genetics [26]. A few studies looked at the relationship between different endocrine parameters, such as IGFBP-3, erythropoietin, or estrogen, in female athletes. Additionally, genes related to performance and body composition, such as angiotensin-1 converting enzyme insertion/deletion (ACE I/D) polymorphism or α -actinin-3 (ACTN3) R577X polymorphism, have been studied [11].

In the last two decades, novel training approaches have been developed aiming to improve performance and body composition in female soccer players [17–19,22–24,27,28]. Interestingly, Myer et al. [29] suggested an integrative NMT program including mobility, dynamic stability, core strength, plyometric, agility, and fundamental strength exercises, showing it could improve sport-specific skills and minimize the risk of injuries.

With this rationale, some standardized neuromuscular protocols, such as FIFA11+, Sportsmetrics™, or Harmoknee, were developed and demonstrated to reduce injury risk [30–35] and improve performance [31,36] in female soccer players. Despite the effects of these training protocols on performance, the effect on body composition remains unknown. Rohmansyah et al. [37] found a reduction in body mass index (BMI), fat mass, and waist circumference in obese young-adult females after a 6-week FIFA 11+ program. Simões et al. analyzed the effects of NMT on body composition in volleyball athletes, finding improvements in body composition [38]. With respect to each of the interventions included in an NMT program, there is some research on the effects of body-weight resistance training [39], eccentric [40], and plyometric-based programs [41] on the body composition

of female soccer players. However, the evidence is very scarce regarding the effects of a multicomponent program that combines all of them. Due to this, in the present study we hypothesized that an NMT program can be used to increase the lean body mass and body skeletal muscle mass or reduce the body mass, BMI, fat mass, and skinfold measurements in female soccer players. Thus, the main aim of this study was to evaluate the effects of an NMT program on the body composition of elite female soccer players.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

Forty-four Spanish, highly-trained female soccer players voluntarily participated in the study (Table 1).

Table 1. Descriptive data of the participants.

Variable	Control Group (<i>n</i> = 22) Mean ± SD	Experimental Group (<i>n</i> = 18) Mean ± SD	<i>p</i>
Age (years)	24.61 ± 4.30	23.24 ± 4	0.31
Height (cm)	162.29 ± 5.90	166.09 ± 4.65	0.07
Body Mass (kg)	59.46 ± 6.22	61.61 ± 4.43	0.23
BMI (kg/m ²)	22.46 ± 2.54	22.37 ± 1.85	0.89

SD: standard deviation; BMI: body mass index.

Data collection took place during the competitive period (i.e., seventh month of the season). All the participants played for soccer teams in the Spanish Women's Second Division and completed a similar weekly soccer training regarding volume and methodology (i.e., five 90 min sessions per week and 1 game/week). All the participants met the following inclusion criteria: (i) at least 6 years of experience in soccer training and competition; (ii) participation in regular soccer training and competition for 6 months before data collection; (iii) free from injuries, and iv) refrained from other NMT programs or diets outside this study. Furthermore, participants were excluded if: (i) they missed three or more NMT sessions or (ii) they missed a testing day. The participants were randomly assigned (ABBA distribution) to a control group (CG, *n* = 22) or to an experimental group (EG, *n* = 22). Nevertheless, due to NMT attendance and testing days, the final sample was *n* = 22 for CG and *n* = 18 for EG (Figure 1). Prior to data collection, written informed consent was obtained from all the participants. The study was developed following the ethical standards of the Declaration of Helsinki and was approved by the Local Ethics Committee of Clinical Research (PI21/011, CEICA, Spain).

2.2. Measurement of Body Composition

The participants were tested according to the guidelines of the International Society of the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) at the beginning (i.e., 1 week before) and the end of the intervention (i.e., 1 week after). The instruments were adjusted before their use and data were collected in duplicate [42]. To minimize measurement variation, the same experienced researcher examined all the subjects on the right side of the body during the same time of the day (i.e., 08:00 a.m.–10:00 a.m.). Participants were asked to avoid vigorous activities for at least 48 h before data collection and consumption of large volumes of water 2 h before as well as to follow their ordinary diet. Furthermore, to avoid any possible dietary confounding effects on body-composition assessment, in the pre- and post-test sessions, a 24-h food recall was collected by a registered dietician to check average macronutrient and energy intake (DAPA Measurement Toolkit, Cambridge, UK). After obtaining the players' data, the Spanish Food Composition Database (BEDCA) was used to calculate kilocalories and macronutrient intake. This database includes a compilation of nutritional data from various publications and food composition tables [43]. The results are shown in Table 2.

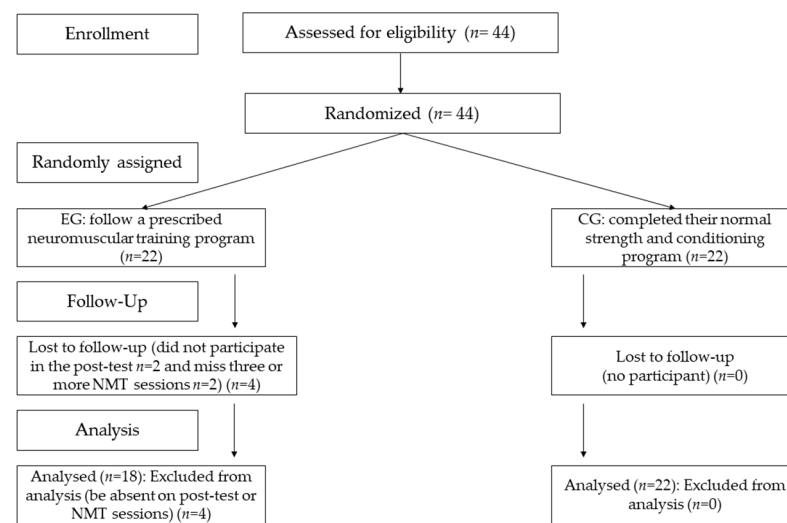


Figure 1. Participant recruitment, allocation, follow-up, and analysis are depicted in a CONSORT diagram. NMT: neuromuscular training; EG: experimental group; CG: control group.

Table 2. Average macronutrient and energy intake.

Variable	Control Group (n = 22)		Experimental Group (n = 18)		p
	1st Registration Mean ± SD	2nd Registration Mean ± SD	1st Registration Mean ± SD	2nd Registration Mean ± SD	
Kilocalories (kcal/day)	2206 ± 377	2222 ± 346	2266 ± 198	2285 ± 189.1	0.48
Carbohydrates (g)	311.9 ± 56.4	315.9 ± 47.9	336.9 ± 29.7	328.8 ± 29.1	0.13
Proteins (g)	92.9 ± 18.2	89.3 ± 13.2	90.8 ± 9.07	90.5 ± 10.6	0.56
Fats (g)	65.1 ± 12.1	66.8 ± 12.8	66.1 ± 6.79	67.8 ± 7.02	0.39

SD: standard deviation; kcal: kilocalories; g: grams.

Anthropometric measurements included: body mass in kilograms (kg) using a digital scale (BC-601, Tanita, IL, USA), height in centimeters (cm) employing a stadiometer (SECA 214, SECA, Hamburg, Germany), limb girths in cm using an anthropometric tape (Lufkin W606PM, Lufkin, NC, USA), bone breadths in cm utilizing a bone caliper (Campbell 10, Rosscraft, CA, USA), and skinfolds in millimeters (mm) using a slim guide skinfold caliper (Harpenden, West Sussex, UK). Specifically, 8 point skinfolds (e.g., triceps, biceps, abdominal, iliac crest, supraspinal, subscapular, front thigh, and medial calf), 4 limb girths (e.g., arm relaxed, arm tensed, mid-thigh, and calf), and 3 bone breadths (e.g., bipectoral humerus, bipectoral femur, and bi-styloid diameter of the wrist) were measured. The inter- and intra-observer technical error of measurement was less than 5.5% for skinfolds and less than 1.5% for the other variables.

BMI was calculated as body mass (in kg) divided by height in meters squared (kg/m^2) [44]. The sum of six skinfolds ($\Sigma 6S$) was obtained as the addition in mm of the standardized 6 skinfolds (triceps, subscapular, supraspinal, abdominal, front thigh, and medial calf) [21]. Body density (BD) was calculated using the equation proposed by Withers et al. (1987) for female athletes [45] (Equation (1)). When BD was calculated, the Siri equation [46] was used to estimate fat mass percentage (Equation (2)). Lean body mass percentage was calculated as the difference between total body mass percentage and fat mass percentage. The body skeletal muscle mass was estimated with the equation of Lee et al. (2000) [47], and once this result was obtained, we converted it to a percentage (Equation (3)).

$$1.17484 - \{0.07229 * [\text{Log} (\Sigma 4S.\text{triceps} + \text{subscapular} + \text{supraspinal} + \text{medial calf})]\} \quad (1)$$

$$[(4.95/\text{BD}) - 4.5] * 100 \quad (2)$$

$$Ht * (0.00744 * CAG2 + 0.00088 * CTG2 + 0.00441 * CCG2) + (2.4 * sex) - (0.048 * age) + race + 7.8 \quad (3)$$

Ht: height (m); CAG: corrected arm girth (cm); CTG: corrected thigh girth (cm); CCG: corrected calf girth (cm); Sex (1 for male and 0 for female); Race (−2 for Asian, 1.1 for African American and 0 for white or Hispanic)

2.3. Exercise Protocol

Participants in the EG completed a rise, activate, mobilize, and potentiate (RAMP) system warm-up protocol [48] followed by a 24 min NMT program, three times per week, for 10 weeks. Participants in the CG followed the same warm-up protocol. Then, they completed their normal strength and conditioning program for 24 min (Table 3). Both groups were exercised equally and there was no significant difference between groups. Two weeks before the beginning of the intervention, four familiarization sessions were executed in the EG to get to know the exercises included in the NMT program (Figure 2).

Table 3. Training intervention details.

Group	Experimental (n = 18)		Control (n = 22)		Sum
Training Program	NMT (6 Exercises)	Mobility (3 Exercises)	Strength (3 Exercises)	RT (3 Exercises)	9 Exercises
Training Details	Sets: 4 Work: 40 s Rest: 20 s Duration: 24 min	Sets: 2 Work: 30 s Rest: 20 s Duration: 5 min	Sets: 4 Work: 40 s Rest: 20 s Duration: 12 min	Sets: 3 (4 reps) Work: ~10 s Rest: ~20 s Duration: 7 min	Sets: 2–4 Work: 10–40 s Rest: 20 s Duration: 24 min
Work Intensity (RPE)	7.3 ± 0.25		7.26 ± 0.23		p = 0.45

NMT: neuromuscular training; reps: repetitions per set; s: seconds; RPE: rate of perceived exertion (0–10); RT: running technique; SD: standard deviation.

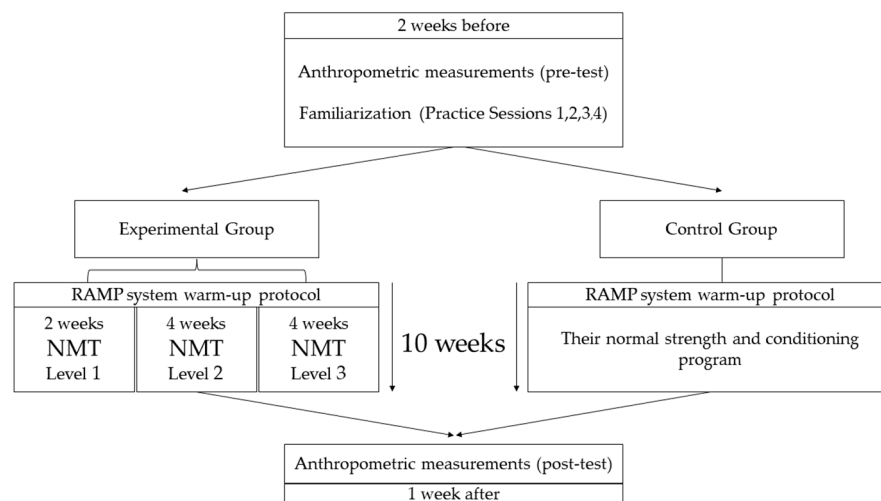


Figure 2. Project design timeline. NMT: neuromuscular training; RAMP: rise, activate, mobilize, and potentiate.

The intensity of the CG and EG training sessions was recorded using the modified Borg scale (0–10 rating), which is valid to control the training intensity and is commonly used by these players in their physical preparation [49,50]. At the end of the physical preparation, the players individually indicated their level of perceived exertion. The average for each of the sessions is shown in Figure 3.

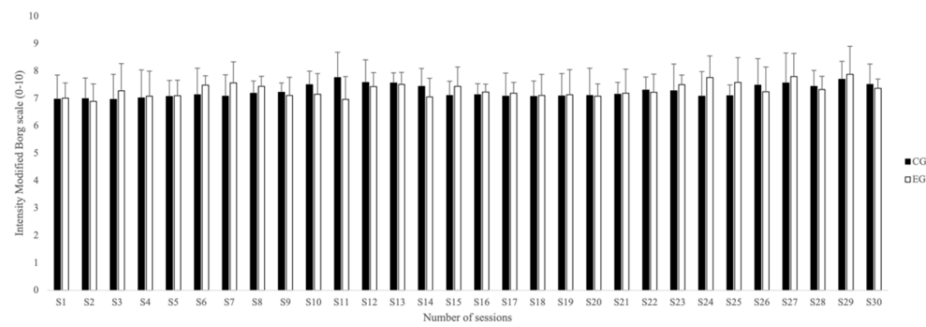


Figure 3. Average intensity (mean and standard deviation) using the modified Borg scale over the thirty training sessions. EG: experimental group; CG: control group.

The NMT program (Figure 4) included exercises from six different categories: (1) mobility, (2) dynamic stability, (3) anterior chain strength, (4) lumbopelvic control, (5) posterior chain strength, and (6) COD and was carried out in 4 sets of the 6-exercise circuit (40 s of work and 20 s of gentle running to change to the next exercise). Level 1 exercises were performed during the first 2 weeks, whereas levels 2 and 3 were performed during weeks 3–6 and 7–10, respectively. For unilateral exercises, the working leg changed between series.

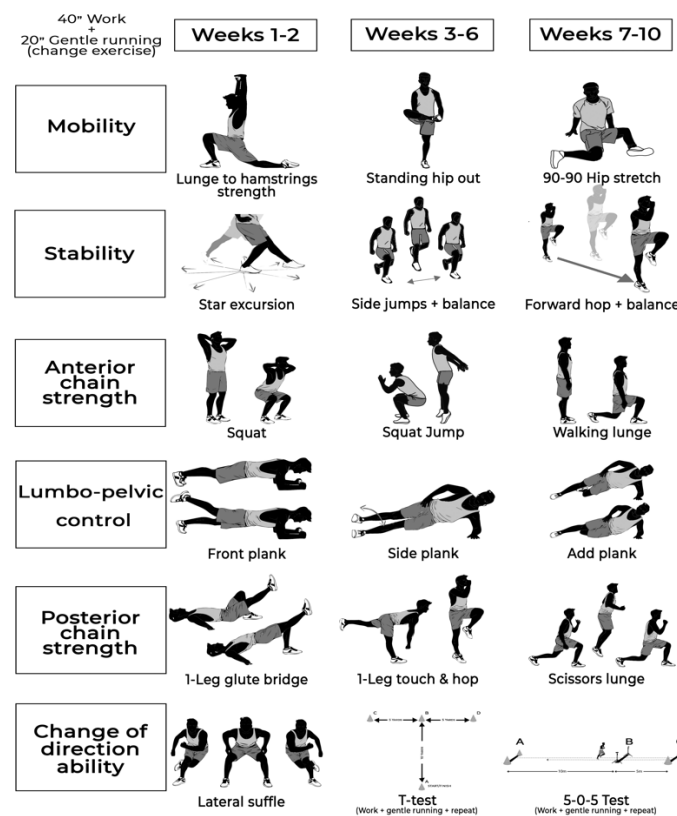


Figure 4. Neuromuscular training protocol.

2.4. Statistical Analysis

Data analysis of the present study was carried out as both descriptive and inferential. Normality was inspected for all variables using a Shapiro-Wilk test. Macronutrient and energy intake, descriptive data, and possible differences pre-training were analyzed with independent group *t*-student. Within-group comparisons (Student paired *t*-test) were carried out to detect significant differences between the pre-test and post-test in all variables in both groups. A 2 (group) × 2 (time) repeated measures ANOVA with Bonferroni post hoc analysis was calculated for each parameter. Hedges' *g* effect size with a 95% confidence

interval was also calculated to determine the magnitude of pairwise comparisons for pre- and post-test and was defined as trivial (<0.2), small (>0.2), moderate (>0.5), and large (>0.8). If the results of the independent sample *t*-test and effect sizes were similar for each group, then the percentage changes were computed and assessed. The significance of statistical analysis was used at the level of $p < 0.05$. All statistical calculations were performed using SPSS (Version 28.0, IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. Results

The descriptive characteristics of the players of both groups are shown in Table 1. The results of the analysis showed that there were no significant differences between the two groups in these variables. The average intakes of macronutrients and energy are shown in the Table 2. The results of the analysis showed that there were no significant differences in diet during the intervention in either group.

Table 4 shows the mean and SD of the changes in skinfold variables. At the baseline, there were no differences observed between groups in the above variables, except subscapular skinfold ($f = 4.91$; $p = 0.033$) and sum of six skinfolds ($\Sigma 6S$) ($f = 4.43$; $p = 0.04$).

There were significant main effects of time ($p \leq 0.001$, $f = 24.52$, $\eta_p^2 = 0.39$; $p \leq 0.001$, $f = 25.46$, $\eta_p^2 = 0.40$; $p \leq 0.001$, $f = 19.81$, $\eta_p^2 = 0.34$; $p = 0.009$, $f = 7.49$, $\eta_p^2 = 0.16$; $p = 0.007$, $f = 8.00$, $\eta_p^2 = 0.17$; $p \leq 0.001$, $f = 24.98$, $\eta_p^2 = 0.39$) and a group by time interaction ($p \leq 0.001$, $f = 29.73$, $\eta_p^2 = 0.44$; $p \leq 0.001$, $f = 47.25$, $\eta_p^2 = 0.55$; $p \leq 0.001$, $f = 41.72$, $\eta_p^2 = 0.52$; $p \leq 0.001$, $f = 51.08$, $\eta_p^2 = 0.57$; $p \leq 0.001$, $f = 25.22$, $\eta_p^2 = 0.41$; $p \leq 0.001$, $f = 68.87$, $\eta_p^2 = 0.64$) for front thigh, medial calf, subscapular, iliac crest, abdominal, and $\Sigma 6S$, respectively. The post hoc analysis indicated that front thigh (EG, $p \leq 0.01$, $g = -0.09$), medial calf (EG, $p \leq 0.001$, $f = 24.99$, $\eta_p^2 = 0.40$), subscapular (EG, $p \leq 0.01$, $g = -0.12$), iliac crest (CG, $p = 0.02$, $g = 0.02$, EG, $p \leq 0.01$, $g = -0.04$), abdominal (EG, $p \leq 0.01$, $g = -0.06$) and $\Sigma 6S$ (CG, $p = 0.019$, $g = 0.01$ and EG, $p \leq 0.01$, $g = -0.09$) skinfolds were significantly reduced. Percent changes of skinfold variables between pre- and post-test are shown in Table 4 and Figure 5.

Table 5 shows the mean and standard deviation in body mass, BMI, fat mass, body skeletal muscle mass, and lean body mass. At the baseline, there were no differences observed between groups in the above variables, except the body skeletal muscle mass Lee ($f = 16.71$; $p \leq 0.001$). There were significant ($p = 0.071$, $f = 8.17$, $\eta_p^2 = 0.18$; $p = 0.006$, $f = 8.50$, $\eta_p^2 = 0.18$; $p \leq 0.001$, $f = 16.39$, $\eta_p^2 = 0.30$; $p \leq 0.001$, $f = 32.85$, $\eta_p^2 = 0.46$; $p \leq 0.001$, $f = 16.39$, $\eta_p^2 = 0.30$) main effects of time and a group by time interaction ($p \leq 0.001$, $f = 14.77$, $\eta_p^2 = 0.28$; $p \leq 0.001$, $f = 14.72$, $\eta_p^2 = 0.28$; $p \leq 0.001$, $f = 50.19$, $\eta_p^2 = 0.57$; $p \leq 0.001$, $f = 50.61$, $\eta_p^2 = 0.57$; $p \leq 0.001$, $f = 50.19$, $\eta_p^2 = 0.56$) for the body mass, BMI, fat mass Withers, body skeletal muscle Lee, and lean body mass, respectively. Post hoc analysis found that the body mass (EG, $p \leq 0.001$, $g = -0.04$), the BMI (EG, $p \leq 0.001$, $g = -0.04$), fat mass Withers (CG, $p = 0.029$, $g = 0.02$, EG, $p \leq 0.01$, $g = -0.10$), the body skeletal muscle mass Lee (EG, $p \leq 0.001$, $g = 0.23$), and lean body mass (CG, $p = 0.03$, $g = -0.02$, EG, $p \leq 0.001$, $g = 0.45$) were significantly reduced post-test vs. pre-test. Percent changes of all body composition variables between pre- and post-test, as shown in Table 5 and Figures 6 and 7.

Table 4. Summary results of skinfold variables within the control group and neuromuscular training group.

Skinfolds (mm)	Control Group (n = 22)					Experimental Group (n = 18)				
	Pre-Test Mean ± SD	Post-Test Mean ± SD	Pre-Post (%)	p	ES (95% CI)	Pre-Test Mean ± SD	Post-Test Mean ± SD	Pre-Post (%)	p	ES (95% CI)
Subscapular	9.62 ± 286	9.66 ± 2.85	0.41	0.143	0.01 (−0.64; 0.66) T	8.64 ± 1.71	8.42 ± 1.73	−2.54	≤0.001 *	−0.12 (−0.77; 0.53) T
Biceps	4.97 ± 1.40	5.07 ± 1.41	2.01	0.008 *	0.06 (−0.58; 0.72) T	4.27 ± 1.23	4.10 ± 1.21	−3.98	0.001 *	−0.13 (−0.78; 0.52) T
Triceps	11.55 ± 3.42	11.63 ± 3.39	0.69	0.144	0.02 (−0.63; 0.67) T	10.67 ± 3.34	10.45 ± 3.21	−2.06	0.018 *	−0.06 (−0.71; 0.59) T
Supraspinal	8.15 ± 3.24	8.22 ± 3.21	0.85	0.046	0.01 (−0.63; 0.67) T	7.29 ± 2.38	7.16 ± 2.40	−1.78	≤0.001 *	−0.05 (−0.70; 0.60) T
Iliac crest	13.61 ± 4.84	13.69 ± 4.84	0.58	0.002 *	0.02 (−0.64; 0.67) T	13.86 ± 4.39	13.68 ± 4.41	−1.29	≤0.001 *	−0.04 (−0.69; 0.61) T
Abdominal	13.21 ± 4.84	13.27 ± 4.81	0.45	0.110	0.01 (−0.66; 0.67) T	12.77 ± 4.23	12.54 ± 4.25	−1.80	0.001 *	−0.06 (−0.70; 0.60) T
Front thigh	17.76 ± 4.42	17.77 ± 4.42	0.05	0.181	0.01 (−0.65; 0.65) T	17.14 ± 4.48	16.95 ± 4.49	−1.10	≤0.001 *	−0.09 (−0.69; 0.61) T
Medial calf	11.03 ± 3.21	11.05 ± 3.20	0.18	0.137	0.01 (−0.65; 0.65) T	8.61 ± 2.82	8.43 ± 2.82	−2.09	≤0.001 *	−0.06 (−0.71; 0.59) T
Σ6S	71.32 ± 17.14	71.61 ± 16.99	0.40	0.019 *	0.01 (−0.64; 0.67) T	65.12 ± 11.61	63.95 ± 11.60	−1.79	≤0.001 *	−0.09 (0.74; 0.55) T

SD: standard deviation; ES: effect size; CI: confidence interval; T: trivial; Σ6S: sum of six skinfolds; * p < 0.05.

Table 5. Summary results of other body composition variables within the control group and neuromuscular training group.

Variable	Control Group (n = 22)					Experimental Group (n = 18)				
	Pre-Test Mean ± SD	Post-Test Mean ± SD	Pre-Post (%)	p	ES (95% CI) ⁴	Pre-Test Mean ± SD	Post-Test Mean ± SD	Pre-Post (%)	p	ES (95% CI)
Body mass (kg)	59.46 ± 6.22	59.49 ± 6.21	0.05	0.468	0.01 (−0.65; 0.65) T	61.59 ± 4.44	61.37 ± 4.45	−0.35	≤0.001 *	−0.04 (−0.70; 0.60) T
BMI (kg/m ²)	22.46 ± 2.54	22.47 ± 2.53	0.04	0.497	0.01 (−0.65; 0.66) T	22.36 ± 1.85	22.28 ± 1.81	−0.35	≤0.001 *	−0.04 (−0.69; 0.61) T
Fat mass Withers (%)	17.13 ± 3.57	17.21 ± 3.53	0.52	0.029 *	0.02 (−0.64; 0.68) T	15.42 ± 2.68	15.12 ± 2.71	−1.94	≤0.001 *	−0.10 (−0.75; 0.54) T
Body skeletal muscle mass Lee (%)	38.50 ± 4.47	38.45 ± 4.43	−0.10	0.309	0.01 (−0.66; 0.64) T	39.03 ± 1.78	39.46 ± 1.75	1.10	≤0.001 *	0.23 (−0.42; 0.88) S
Lean body mass (%)	82.87 ± 3.57	82.79 ± 3.53	−0.10	0.029 *	−0.02 (−0.67; 0.63) T	84.58 ± 2.68	85.88 ± 2.71	1.53	<0.001 *	0.45 (−0.20; 1.12) S

SD: standard deviation; BMI: body mass index; ES: effect size; CI: confidence interval; T: trivial; S: small * p < 0.05.

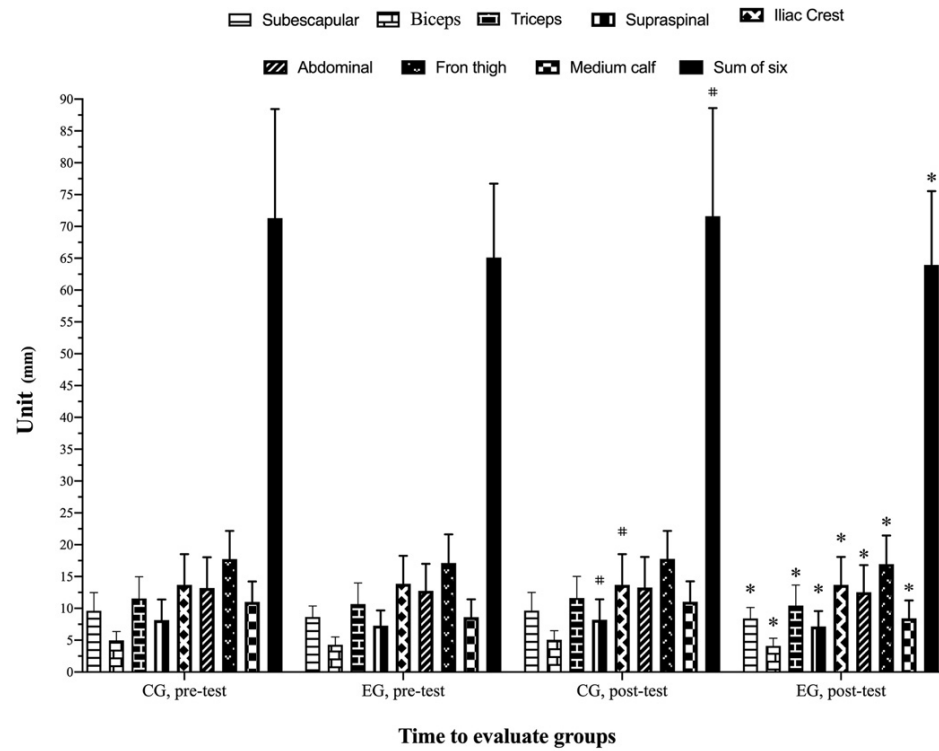


Figure 5. Change in skinfold variables assessment for each group and assessment stage. * Represents a statistically significant difference compared to the pre-test with the superiority of the EG ($p < 0.05$). # Represents a statistically significant difference compared to the pre-test with the superiority of the CG ($p < 0.05$). EG: experimental group; CG: control group.

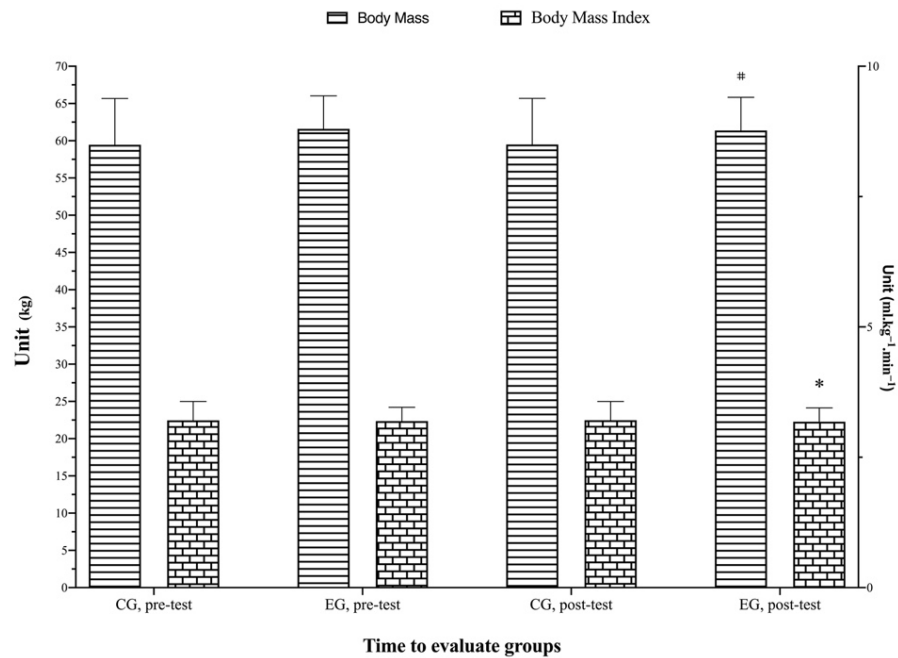


Figure 6. Change in body mass and body mass index variables assessment for each group and assessment stage. * Represents a statistically significant difference compared to the pre-test with the superiority of the EG ($p < 0.05$). # Represents a statistically significant difference compared to the pre-test with the superiority of the CG ($p < 0.05$). EG: experimental group; CG: control group.

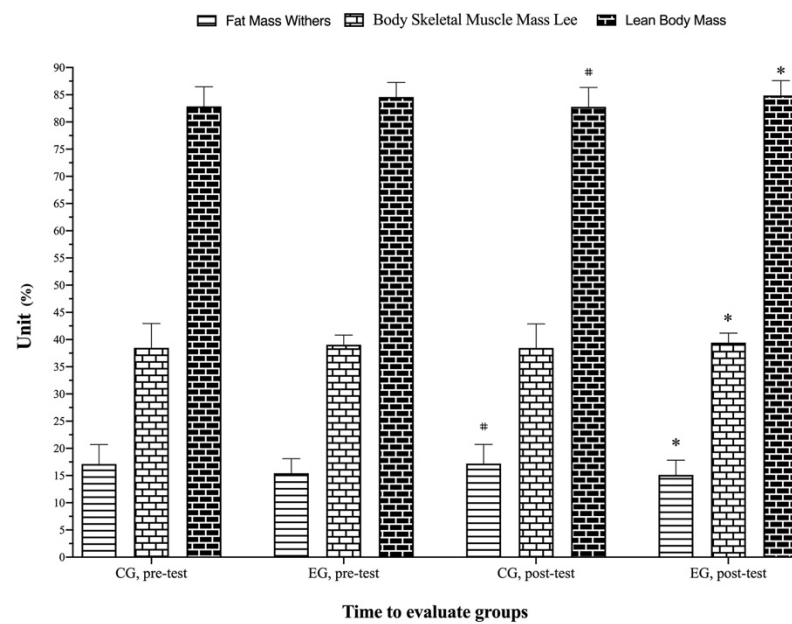


Figure 7. Change in body composition variables assessment for each group and assessment stage. * Represents a statistically significant difference compared to the pre-test with the superiority of the EG ($p < 0.05$). # Represents a statistically significant difference compared to the pre-test with the superiority of the CG ($p < 0.05$). EG: experimental group; CG: control group.

The average intensity registered using the modified Borg's scale (0–10) was recorded over the 30 sessions for both groups (Figure 3). Small magnitudes of differences were found between the average of intensities ($g = 0.20$) between CG and EG.

4. Discussion

The aim of the study was to investigate the effects of a 10-week NMT program on skinfold and body composition variables in highly trained female soccer players. We hypothesized that GE would reduce skinfold values, fat mass, and body mass and increase muscle mass and lean body mass, improving overall body composition.

The main findings of the current work were that 10 weeks of NMT significantly reduced body mass ($-0.34%$, $g = -0.04$), fat mass ($-1.94%$, $g = -0.10$), and $\Sigma 6S$ ($-1.79%$, $g = -0.09$) compared with the CG ($0.05%$, $g = 0.01$, $0.52%$, $g = 0.02$ and $0.4%$, $g = 0.01$, respectively). EG and CG were exercised equally, and no significant work intensity was observed between the groups. In addition, body skeletal muscle mass and lean body mass increased in the EG (body skeletal muscle mass: $1.10%$, $g = 0.23$; lean body mass: $1.53%$, $g = 0.45$) and slightly decreased in the CG (body skeletal muscle mass: $-0.10%$, $p = 0.3$, lean body mass: $-0.10%$, $g = 0.02$, respectively).

Previous research in soccer players reported changes in body composition after different resistance training programs [38,40,51–59]. However, no study has been conducted regarding the effects of an NMT program. Of note, the NMT battery applied in the current work includes exercises from six categories: (1) mobility, (2) dynamic stability, (3) anterior chain strength, (4) lumbopelvic control, (5) posterior chain strength, and (6) the ability to COD in this regard, and the effectiveness of each or a combination of these training methods to improve body composition has been considered as a reference for comparing the results of the present study.

Arguably, strength exercises are an effective way to stimulate muscle hypertrophy along with improvements in body composition [60]. Particularly, Falces et al. [55] applied a 16-week strength training program with calisthenics and observed a significant decrease in body mass ($ES = -0.08$) and fat mass ($ES = -0.41$) and a significant increase in lean mass ($ES = 0.17$) in a group of male U17 soccer players. Furthermore, Sánchez-Pérez et al. [54] studied the effects of an 8-week high intensity interval training (i.e., a Tabata workout

including calisthenics, plyometrics, and COD ability) in a similar population, showing a reduction in body fat (−1.38%, ES = 0.42) and an increase in lean body mass (1.38%, ES = 0.44), and Suárez-Arrones [40,56] also found differences in the body composition (body fat: ES = -0.99 ± 0.54 and lean body mass percentage: ES = 0.25 ± 0.10) of young male soccer players during a 24-week intervention that included circuit training with some exercises comparable to ours (i.e., posterior chain eccentrics, core stability, and plyometrics). It should be noted that in these last two studies the CG slightly worsened their body composition, just as in the present research.

On the contrary, several studies [58,59,61] assessed training programs that include at least one of the exercise categories applied in the current study in adult soccer players showing no differences in changes in body fat percentage (ES = −0.10) and fat-free mass percentage (ES = 0.09) after 8 weeks or less of intervention. Unfortunately, female soccer players were not included in these works, preventing an accurate comparison with the current data.

Focusing on female soccer players, the study from Polman [52] analyzed the effect of a 12-week physical conditioning program on physical fitness and anthropometric parameters of adult highly trained female soccer players. After the intervention, decreases in body mass (ES = −0.24), BMI (ES = −0.28) and fat mass (ES = −0.16) were found. Although the exercise program in Polman's study is similar to the one included in our study (e.g., balance, jumps, and COD ability), their athletes showed greater improvements than the athletes in the present study. A possible explanation for this little discrepancy could be the longer duration of their intervention and/or the higher body fat percentage of their players at baseline. Remarkably, the mean values for body mass and fat percentage at baseline in the current work fall within the values reported in a review of international female soccer players (56.8–64.9 kg and 14.6–20.1%, respectively) [5], whereas those from the aforementioned study do not.

In contrast, to the best of our knowledge, this is one of the first studies to assess the effects of 12-week plyometric training on body composition, explosive strength, and kicking speed of 20 female soccer players [53]. The results showed an improvement in performance variables but no significant changes in body composition. However, changes in muscle strength through plyometric training produce adaptations of the neuromuscular system rather than muscle hypertrophy [62]. Therefore, with unique plyometric training, body composition can be expected to remain unchanged.

Of note, one study [38] analyzed the effects of a 12-week NMT program on the body composition of female volleyball athletes. Though the sports have different metabolic requirements, (football and volleyball), Simões et al. showed an increase in body mass (ES = 0.08) and lean body mass (ES = 0.36) and a reduction in fat mass (ES = −0.50) [38]. In the same direction, the study by Sudha and Dharuman, which evaluated the effects of a 12-week circuit training program combined with different neuromuscular activities in schoolgirls, observed a decrease in BMI (ES = −0.49) [51]. This data, although from a different sample, contribute to reinforcing the results obtained in the present research and highlight that the assessment of body composition is closely related to performance and helps to confirm the training effect [62,63].

Some limitations need to be acknowledged for a correct interpretation of the results. Firstly, it should be mentioned that the sample used is small and the data is limited to a certain group of soccer players, so it would be interesting to carry out further studies to confirm the present results. Female soccer players have characteristics that do not allow us to extrapolate our results directly to other sports. This study did not take into account variables related to the genotype of the female athletes and protein intake above the recommended dietary allowance was not controlled. We recommend that future research examines the relationship between different endocrine parameters (i.e., IGFBP-3, erythropoietin, or estrogen for female athletes) and genes related to performance and body composition, such as angiotensin-1 converting enzyme insertion/deletion (ACE I/D) polymorphism or α -actinin-3 (ACTN3) R577X polymorphism. Future studies should

extend these observations to other age groups, competitive levels, and larger samples in order to analyze whether the results are similar. Furthermore, it would be beneficial to observe different intensities and volumes in the NMT program to determine the optimal regimen for this training method as well as observing whether this program can improve body composition in female soccer players.

5. Conclusions

The present study suggests that the implementation of a 10-week NMT program of just 24 min, three times a week improves body composition in highly trained female soccer players compared to a regular physical preparation training. In this regard, the soccer-specific NMT protocol proposed in this study improved female soccer players' body composition by reducing fat mass and increasing muscle mass. Therefore, female soccer coaches and physical trainers should be aware that combining strength, mobility, lumbopelvic control, dynamic stability, and change of direction exercises based on soccer-specific requirements may also improve the body composition of their female players.

Author Contributions: Conceptualization, A.R.-M., A.C.-L., J.L.A.-S. and D.L.; methodology, A.R.-M., H.N. and A.C.-L.; formal analysis, A.R.-M. and D.L.; investigation, A.R.-M., E.M.-P. and D.L.; data curation, A.R.-M. and D.L.; writing—original draft preparation, A.R.-M., A.C.-L., H.N., E.M.-P. and D.L.; writing—review and editing, D.L., H.N., J.L.A.-S., E.M.-P. and A.C.-L.; supervision, E.M.-P., D.L. and J.L.A.-S.; project administration, A.R.-M. and E.M.-P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by Universidad San Jorge (Internal Research Project 2021–2022) and Departamento de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento from the Gobierno de Aragón (Spain) (Research Group ValorA No. S08_20R).

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the local Ethics Committee of CEICA (protocol code PI21/011, 10/02/2021).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study. Written informed consent has been obtained from the patients to publish this paper.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on reasonable request from the corresponding author. The data are not publicly available due to privacy reasons.

Acknowledgments: The authors thank all the subjects who participated in this study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Federation Internationale de Football Association. FIFA Big Count 2006: 270 Million People Active in Football. Available online: <https://resources.fifa.com/image/upload/big-count-estadisticas-520058.pdf?cloudid=mzid0qmguixcmrurvema> (accessed on 2 March 2022).
2. Consejo Superior de Deportes. Estadística de Deporte Federado 2020. Available online: <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:6b7e9a1a-e3e5-4b45-8ae5-6f187b50235f/estadistica-de-deporte-federado.pdf> (accessed on 5 March 2022).
3. Federation Internationale de Football Association. Estrategia de Fútbol Femenino. Available online: <https://www.fifa.com/es/womens-football/strategy/strategy-details> (accessed on 24 April 2022).
4. Datson, N.; Drust, B.; Weston, M.; Jarman, I.H.; Lisboa, P.J.; Gregson, W. Match Physical Performance of Elite Female Soccer Players during International Competition. *J. Strength Cond. Res.* **2017**, *31*, 2379–2387. [CrossRef]
5. Datson, N.; Hulton, A.; Andersson, H.; Lewis, T.; Weston, M.; Drust, B.; Gregson, W. Applied physiology of female soccer: An update. *Sports Med.* **2014**, *44*, 1225–1240. [CrossRef] [PubMed]
6. Faude, O.; Koch, T.; Meyer, T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J. Sports Sci.* **2012**, *30*, 625–631. [CrossRef] [PubMed]
7. Salokun, S.O. Minimizing injury rates in soccer through preselection of players by somatotypes. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **1994**, *34*, 64–69.
8. Brocherie, F.; Girard, O.; Forchino, F.; Al Haddad, H.; Dos Santos, G.A.; Millet, G.P. Relationships between anthropometric measures and athletic performance, with special reference to repeated-sprint ability, in the Qatar national soccer team. *J. Sports Sci.* **2014**, *32*, 1243–1254. [CrossRef] [PubMed]

9. Rebelo, A.; Brito, J.; Maia, J.; Coelho-e-Silva, M.J.; Figueiredo, A.J.; Bangsbo, J.; Malina, R.M.; Seabra, A. Anthropometric characteristics, physical fitness and technical performance of under-19 soccer players by competitive level and field position. *Int. J. Sports Med.* **2013**, *34*, 312–317. [[CrossRef](#)]
10. Nobari, H.; Kargarfard, M.; Minasian, V.; Cholewa, J.M.; Pérez-Gómez, J. The effects of 14-week betaine supplementation on endocrine markers, body composition and anthropometrics in professional youth soccer players: A double blind, randomized, placebo-controlled trial. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* **2021**, *18*, 20. [[CrossRef](#)]
11. Nobari, H.; Pardos, E.M.; Adsuar, J.C.; García, J.M.F.; Ramos, J.R.; Bolaños, M.A.C.; Alul, L.U.; Gómez, J.P. Association between Endocrine Markers, Accumulated Workload, and Fitness Parameters during a Season in Elite Young Soccer Players. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 702454. [[CrossRef](#)]
12. 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*, 173–177. [[CrossRef](#)]
13. Oliveira, R.; Francisco, R.; Fernandes, R.; Martins, A.; Nobari, H.; Clemente, F.M.; Brito, J.P. In-Season Body Composition Effects in Professional Women Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 12023. [[CrossRef](#)]
14. Slimani, M.; Nikolaidis, P.T. Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group: A systematic review. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2019**, *59*, 141–163. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Radziński, Ł.; Szwarc, A.; Cabo, A.P.; Jastrzębski, Z. Correlations between body composition, aerobic capacity, speed and distance covered among professional soccer players during official matches. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2020**, *60*, 257–262. [[CrossRef](#)]
16. Nobari, H.; Oliveira, R.; Clemente, F.M.; Pérez-Gómez, J.; Pardos-Mainer, E.; Ardigò, L.P. Somatotype, Accumulated Workload, and Fitness Parameters in Elite Youth Players: Associations with Playing Position. *Children* **2021**, *8*, 375. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Gonçalves, L.; Clemente, F.M.; Barrera, J.I.; Sarmiento, H.; Fernández, F.T.G.; Vieira, L.H.P.; Figueiredo, A.J.; Clark, C.C.T.; Carral, J.M.C. Relationships between Fitness Status and Match Running Performance in Adult Women Soccer Players: A Cohort Study. *Medicina* **2021**, *57*, 617. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Villa-Vicente, J.G.; García - López, J.; Moreno-Pascual, C. Influence of a Preparation Period in the Kinanthropometry Profile of Soccer-Players. *Arch Med Deporte* **2000**, *17*, 9–20.
19. Chamari, K.; Hachana, Y.; Ahmed, Y.B.; Galy, O.; Sghaier, F.; Chatard, J.C.; Hue, O.; Wisløff, U. Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br. J. Sports Med.* **2004**, *38*, 191–196. [[CrossRef](#)]
20. Mujika, I.; Santisteban, J.; Impellizzeri, F.; Castagna, C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *J. Sports Sci.* **2009**, *27*, 107–114. [[CrossRef](#)]
21. Canda, A.S. *Variables Antropométricas de la Población Deportista Española*; Consejo Superior de Deportes, Servicio de Documentación y Publicaciones: Madrid, Spain, 2012.
22. Meyer, N.L.; Borgen, J.S.; Lohman, T.G.; Ackland, T.R.; Stewart, A.D.; Maughan, R.J.; Smith, S.; Müller, W. Body composition for health and performance: A survey of body composition assessment practice carried out by the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br. J. Sports Med.* **2013**, *47*, 1044–1053. [[CrossRef](#)]
23. Casajús, J.A.; Aragonés, M.T. Estudio morfológico del futbolista de alto nivel. Composición corporal y somatotipo (Parte 1). *Arch Med Deporte.* **1991**, *8*, 147–151.
24. Randell, R.K.; Clifford, T.; Drust, B.; Moss, S.L.; Unnithan, V.B.; Croix, M.B.A.D.S.; Datson, N.; Martin, D.; Mayho, H.; Carter, J.M.; et al. Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports Med.* **2021**, *51*, 1377–1399. [[CrossRef](#)]
25. Steffl, M.; Kinkorova, I.; Kokstejn, J.; Petr, M. Macronutrient Intake in Soccer Players—A Meta-Analysis. *Nutrients* **2019**, *11*, 1305. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Rasulovna, R.M. The Effectiveness of the Program for Determining the Composition of the Body and Neurophysiological Characteristics of Athletes Juniors and Cadets. *Am. J. Med. Med. Sci.* **2021**, *11*, 665–668.
27. Sánchez, M.; Sanchez, J.S.; Nakamura, F.Y.; Clemente, F.M.; Moraleda, B.R.; Campillo, R.R. Effects of Plyometric Jump Training in Female Soccer Player's Physical Fitness: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 8911. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Mainer, E.P.; Casajús, J.A.; Skok, O.G. Adolescent female soccer players' soccer-specific warm-up effects on performance and inter-limb asymmetries. *Biol. Sport* **2019**, *36*, 199–207. [[CrossRef](#)]
29. Myer, G.D.; Faigenbaum, A.D.; Ford, K.R.; Best, T.M.; Bergeron, M.F.; Hewett, T.E. When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth? *Curr. Sports Med. Rep.* **2011**, *10*, 155–166. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Grandstrand, S.L.; Pfeiffer, R.P.; Sabick, M.B.; DeBeliso, M.; Shea, K.G. The effects of a commercially available warm-up program on landing mechanics in female youth soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2006**, *20*, 331–335. [[PubMed](#)]
31. Noyes, F.R.; Westin, S.D.B.; Smith, S.T.T.; Campbell, T. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2013**, *27*, 340–351. [[CrossRef](#)]
32. Gilchrist, J.; Mandelbaum, B.R.; Melancon, H.; Ryan, G.W.; Silvers, H.J.; Griffin, L.Y.; Watanabe, D.S.; Dick, R.W.; Dvorak, J. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am. J. Sports Med.* **2008**, *36*, 1476–1483. [[CrossRef](#)]

33. Mandelbaum, B.R.; Silvers, H.J.; Watanabe, D.S.; Knarr, J.F.; Thomas, S.D.; Griffin, L.Y.; Kirkendall, D.T.; Garrett, W., Jr. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am. J. Sports Med.* **2005**, *33*, 1003–1010. [[CrossRef](#)]
34. 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. [[CrossRef](#)]
35. Kiani, A.; Hellquist, E.; Ahlqvist, K.; Gedeberg, R.; Michaëlsson, K.; Byberg, L. Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Arch. Intern. Med.* **2010**, *170*, 43–49. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Liu, R.; Liu, J.; Ma, X.; Li, Q.; An, R. Effect of FIFA 11+ intervention on change of direction performance in soccer and futsal players: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2021**, *16*, 862–872. [[CrossRef](#)]
37. Rohmansyah, N.A.; Hiruntrakul, A.J.S.M. Do Lipid Profiles, Body Composition, and Physical Fitness Improve after a FIFA 11+ Training Programme from Obese Women? *Sport Mont* **2021**, *19*, 51–57.
38. Simões, R.; Salles, G.; Gonelli, P.; Leite, G.; Dias, R.; Cavaglieri, C.; Pellegrinotti, Í.; Borin, J.; Verlengia, R.; Alves, S.; et al. Effects of the Neuromuscular Training in the Cardiorespiratory Fitness and Body Composition of Female Volleyball Athletes. *Rev. Bras. Med. Esporte* **2009**, *15*, 295–298. [[CrossRef](#)]
39. Falces-Prieto, M.; de Villarreal-Sáez, E.S.; Raya-González, J.; González-Fernández, F.T.; Clemente, F.M.; Badicu, G.; Murawska-Ciałowicz, E. The Differentiate Effects of Resistance Training with or without External Load on Young Soccer Players' Performance and Body Composition. *Front. Physiol.* **2021**, *12*, 771684. [[CrossRef](#)]
40. Suarez-Arrones, L.; de Villarreal, E.S.; Núñez, F.J.; Di Salvo, V.; Petri, C.; Buccolini, A.; Maldonado, R.A.; Torreno, N.; Mendez-Villanueva, A. In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0205332. [[CrossRef](#)]
41. Peitz, M.; Behringer, M.; Granacher, U. A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth—What do comparative studies tell us? *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0205525.
42. Ros, F.E.; Cristóbal, R.V.; Marfell-Jones, M. *Protocolo Internacional para la Valoración Antropométrica*; Universidad Católica de Murcia Ed.; Univ. U., Ed.; Publicado por Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría: Murcia, Spain, 2019.
43. Burgos, M.A.M.; Martínez-Victoria, I.; Milá, R.; Farrán, A.; Farré, R.; Ros, G.; Yago, M.D.; Audi, N.; Santana, C.; Millán, M.B.L.; et al. Building a unified Spanish food database according to EuroFIR specifications. *Food Chem.* **2009**, *113*, 784–788. [[CrossRef](#)]
44. Keys, A.; Fidanza, F.; Karvonen, M.J.; Kimura, N.; Taylor, H.L. Indices of relative weight and obesity. *J. Chronic Dis.* **1972**, *25*, 329–343. [[CrossRef](#)]
45. Withers, R.T.; Whittingham, N.O.; Norton, K.I.; La Forgia, J.; Ellis, M.W.; Crockett, A. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **1987**, *56*, 169–180. [[CrossRef](#)]
46. Siri, W.E. The gross composition of the body. *Adv. Biol. Med. Phys.* **1956**, *4*, 239–280. [[PubMed](#)]
47. Lee, R.C.; Wang, Z.; Heo, M.; Ross, R.; Janssen, I.; Heymsfield, S.B. Total-body skeletal muscle mass: Development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am. J. Clin. Nutr.* **2000**, *72*, 796–803. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Jeffreys, I.J.U.J. Warm up revisited—the 'ramp' method of optimising performance preparation. *UKSCA J.* **2006**, *6*, 15–19.
49. Zamunér, A.R.; Moreno, M.A.; Camargo, T.M.; Graetz, J.P.; Rebelo, A.C.; Tamburís, N.Y.; da Silva, E. Assessment of Subjective Perceived Exertion at the Anaerobic Threshold with the Borg CR-10 Scale. *J. Sports Sci. Med.* **2011**, *10*, 130–136. [[PubMed](#)]
50. Haddad, M.; Stylianides, G.; Djaoui, L.; Dellal, A.; Chamari, K. Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Front. Neurosci.* **2017**, *11*, 612. [[CrossRef](#)]
51. Sudha, K.; Maniazhagu, D. Effects of Circuit Training Combined with Different Neuromuscular Activities on Muscular Endurance and Body Composition of School Girls. *Indian J. Public Health Res. Dev.* **2019**, *10*, 30. [[CrossRef](#)]
52. Polman, R.; Walsh, D.; Bloomfield, J.; Nesti, M. Effective conditioning of female soccer players. *J. Sports Sci.* **2004**, *22*, 191–203. [[CrossRef](#)]
53. Campo, S.S.; Vaeyens, R.; Philippaerts, R.; Redondo, J.C.; de Benito, A.T.; Cuadrado, G. Effects of Lower-Limb Plyometric Training on Body Composition, Explosive Strength, and Kicking Speed in Female Soccer Players. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1714–1722. [[CrossRef](#)]
54. Sánchez Pérez, F.J.; Carranque Chaves, G.Á. Efectos del entrenamiento Tabata en la composición corporal del futbolista. *Kronos* **2015**, *14*, 7.
55. Falces, M.; Fernández, F.T.G.; Morales, S.B.; Jiménez, A.B.; Barrero, A.; Conde, L.; Arronez, L.S.; de Villarreal, E.S. Effects of a strength training program with self loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *J. Sport Health Res.* **2020**, *1*, 112–125.
56. Suarez-Arrones, L.; Lara-Lopez, P.; Torreño, N.; de Villarreal, E.S.; Di Salvo, V.; Mendez-Villanueva, A. Effects of Strength Training on Body Composition in Young Male Professional Soccer Players. *Sports* **2019**, *7*, 104. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
57. Haghighi, A.; Moghadasi, M.; Nikseresht, A.; Torkfar, A.; Haghighi, M. Effects of plyometric versus resistance training on sprint and skill performance in young soccer players. *Eur. J. Exp. Biol.* **2012**, *2*, 2348–2351.
58. Perez-Gomez, J.; Olmedillas, H.; Delgado-Guerra, S.; Ara, I.; Vicente-Rodríguez, G.; Arteaga-Ortiz, R.; Javier, C.; Calbet, J. Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **2008**, *33*, 501–510. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Cigerici, A.E.; Genc, H. The Effect of Calisthenics Exercises on Body Composition in Soccer Players. *Prog. Nutr.* **2020**, *22*, 94–102.

60. Staron, R.S.; Leonardi, M.J.; Karapondo, D.L.; Malicky, E.S.; Falkel, J.E.; Hagerman, F.C.; Hikida, R.S. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J. Appl. Physiol.* **1991**, *70*, 631–640. [[CrossRef](#)]
61. Sánchez, J.; Pérez, S.; Yagüe, J.M.; Royo, J.M.; Martín, J.L. Aplicación de un programa de entrenamiento de fuerza en futbolistas jóvenes. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Deporte* **2015**, *15*, 45–59.
62. Häkkinen, K.; Pakarinen, A.; Kallinen, M. Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short-term intensive strength training. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **1992**, *64*, 106–111. [[CrossRef](#)]
63. Stanforth, P.R.; Crim, B.N.; Stanforth, D.; Stults-Kolehmainen, M.A. Body composition changes among female NCAA division 1 athletes across the competitive season and over a multiyear time frame. *J. Strength Cond. Res.* **2014**, *28*, 300–307. [[CrossRef](#)]

4.3. Estudio 3:

Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer

Alberto Roso-Moliner ¹, Elena Mainer-Pardos ^{1,*}, Antonio Cartón-Llorente ¹, Hadi Nobari ^{2,3} Svein Arne Pettersen ⁴, and Demetrio Lozano ¹

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autovia A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain.

² Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, 10003 Cáceres, Spain.

³ Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

⁴ School of Sports Sciences, UiT The Arctic University of Norway, Tromsø, Norway

Frontiers in Physiology

EISSN: 1664-042X

DOI: [10.3389/fphys.2023.1171636](https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1171636)

Year: 2023 Volume: 14

Editorial: Frontiers Media SA



OPEN ACCESS

EDITED BY

Helmi Chaabene,
University of Potsdam, Germany

REVIEWED BY

Bessem Mkaouer,
University of Manouba, Tunisia
Łukasz Rydzik,
University School of Physical Education in
Krakow, Poland

*CORRESPONDENCE

Elena Mainer-Pardos,
✉ epardos@usj.es

RECEIVED 22 February 2023

ACCEPTED 17 April 2023

PUBLISHED 02 May 2023

CITATION

Roso-Moliner A, Mainer-Pardos E,
Cartón-Llorente A, Nobari H,
Pettersen SA and Lozano D (2023), Effects
of a neuromuscular training program on
physical performance and asymmetries in
female soccer.

Front. Physiol. 14:1171636.

doi: 10.3389/fphys.2023.1171636

COPYRIGHT

© 2023 Roso-Moliner, Mainer-Pardos,
Cartón-Llorente, Nobari, Pettersen and
Lozano. This is an open-access article
distributed under the terms of the
[Creative Commons Attribution License
\(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use, distribution or
reproduction in other forums is
permitted, provided the original author(s)
and the copyright owner(s) are credited
and that the original publication in this
journal is cited, in accordance with
accepted academic practice. No use,
distribution or reproduction is permitted
which does not comply with these terms.

Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer

Alberto Roso-Moliner¹, Elena Mainer-Pardos^{1*},
Antonio Cartón-Llorente¹, Hadi Nobari², Svein Arne Pettersen³
and Demetrio Lozano¹

¹Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Zaragoza, Spain, ²Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Cáceres, Spain, ³School of Sports Sciences, UiT the Arctic University of Norway, Tromsø, Norway

Introduction: Women's football require optimal neuromuscular system development for injury prevention and performance optimization. Standardized neuromuscular training programs have shown promising results in reducing injuries and functional asymmetries, but evidence on their impact on performance is limited.

Methods: This research examined the effects of a 10-week neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female football players. Thirty-eight female players from two Spanish Second Division women's football teams participated in the study. The physical performance tests used were: ankle dorsiflexion, bilateral and unilateral horizontal jump, bilateral and unilateral vertical countermovement jump, 40 m sprint including partial times at 10, 20 and 30 m and the 505 test for change of direction evaluation. For 10 weeks, players in the experimental group performed three weekly 24-min neuromuscular training sessions. Participants in the control group completed their normal 24-min strength and conditioning program.

Results: The main results were that maximal linear velocity and change of direction skills showed the most notable improvements [effect size (ES), 0.46 to 0.59] after implementation of the training program, ankle dorsiflexion and jumping skills, also improved although, to a lesser extent (ES, <0.35) while asymmetries between limbs were reduced. Maximal running speed improved in the intervention group ($p < 0.001$) with a mean ES -0.59 .

Discussion: We conclude that a 10-week neuromuscular training program can be a sufficient stimulus to improve football-specific performance variables in high-level female football players. Therefore, female players and coaches should be aware that weekly inclusion of strength, power and dynamic balance exercises following a neuromuscular paradigm is helpful for football-specific performance improvement.

KEYWORDS

soccer (football), intervention, physical performance, interlimb asymmetry, strength, power, dynamic balance

1 Introduction

Football is currently one of the most popular sports worldwide, attracting enormous media and commercial interest. Notably, women's football is experiencing dramatic growth in recent years, reflected in a continuous increase in female players each year (Association, 2007). It is spreading throughout many countries all over the globe through international and local promotion programs (Association, 2020). At the same time, this media and economic momentum have led to a refinement in-game analysis and improved training methods for performance optimization and injury prevention through scientific knowledge.

Regarding its physiological demands, football is an intermittent sport in which an average of 150–250 short, high-intensity actions are performed during the 90 min of the game (Mohr et al., 2003). The average distance covered during a match in women's football ranges between ~8,200–11,000 m among professional-level players, slightly higher in international competitions and minimally lower in collegiate players (Winther et al., 2022). For an exemplary implementation of these demands, cardiorespiratory capacity is a fundamental aspect of the players' physical condition (Stolen et al., 2005). However, football also requires coping with a large number of short and repeated high-intensity actions, such as shooting, sprinting, jumping, accelerating and decelerating, often including change of direction (COD), crucial determinants of success or failure in the game, and also good predictors of players' performance level (Lockie et al., 2018).

Football-specific high-intensity actions add substantial physiological stress to the players, including the anaerobic and neuromuscular systems (Datson et al., 2014). Moreover, a study by Faude et al. (2012) confirmed that jumping, cutting, and sprinting generate more than 50% of inciting events that end as high-speed impacts with the opponent or intrinsic musculoskeletal injuries, underlining the relevance of preparing for these actions not only from a performance aspect (Pardos-Mainer et al., 2019) but also for injury prevention (Wright and Laas, 2016). In this regard, previous studies have investigated the existence of functional imbalances and lower limb asymmetries in women's football through a field test (Pardos-Mainer et al., 2019; Pardos-Mainer et al., 2020), and others found that functional asymmetries not only lead to an increased likelihood of injury but also a decreased performance (Menzel et al., 2013; Lockie et al., 2014). Different valid physical tests such as unilateral jump tests including the vertical jump (i.e., the countermovement jump (CMJ)) and the horizontal jump have been considered in scientific studies to reflect functional asymmetries in football (Bishop et al., 2018; Bettariga et al., 2022).

Considering the relevance of repeated short, high-intensity actions in football performance and injury occurrence, a wide variety of standardized neuromuscular training programs look for optimal neuromuscular system development. These multicomponent protocols typically combine mobility, stability, plyometric strength, and COD exercises to enhance neuromuscular coordination and motor control in a sport-specific environment. Among them, the Sportsmetrics™, Harmoknee and FIFA 11+ protocols have already shown promising results in reducing injuries in male and female football players (Noyes et al., 2013). Furthermore, a recent systematic review and meta-analysis highlight the effects of neuromuscular training interventions on functional asymmetries in football, suggesting that

reducing them could lead to a decreased risk of injury and improved performance (Bettariga et al., 2022).

Despite, the promising results of neuromuscular training programs on asymmetries and injuries, scientific evidence on the effects of these interventions on performance remains scarce. The limited number of studies that investigated the impact of these programs on football performance reported improvements in linear speed, jumping and COD ability (Noyes et al., 2013; Pardos-Mainer et al., 2019; Liu et al., 2021). In contrast, other studies that included part of, but not all, the components of a neuromuscular training program showed concurrent results (Pardos-Mainer et al., 2020; Pardos-Mainer et al., 2021).

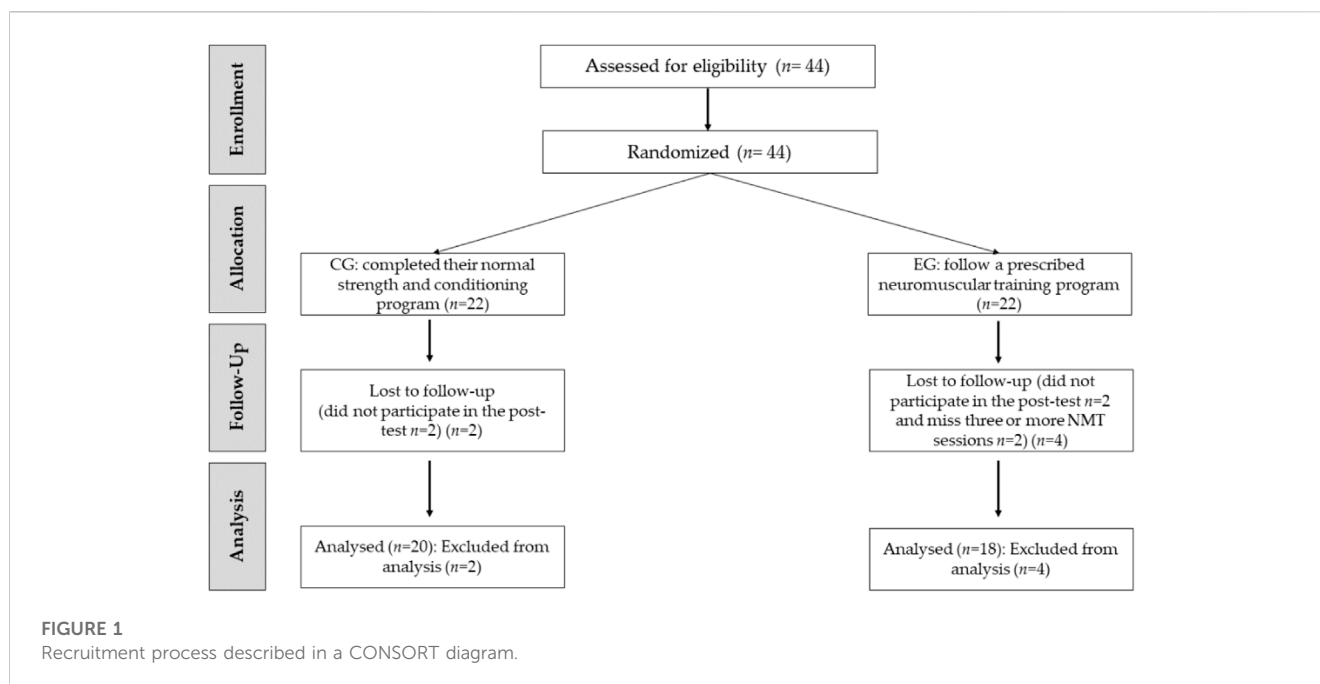
Notwithstanding, the growing evidence on the effects of neuromuscular training in football, their role in improving critical performance skills remains unclear, and more studies are needed to understand better the potential of these training programs, particularly in women's football. Therefore, the purpose of the present study was to evaluate the effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female football players. Based on the scientific literature (Pardos-Mainer et al., 2019; Pardos-Mainer et al., 2020; Roso-Moliner et al., 2022), we hypothesized that a 10 week neuromuscular intervention increases physical performance and reduces asymmetries in female football players.

2 Materials and methods

2.1 Participants

Thirty-eight female football players from two Spanish Women's Second Division teams participated in the current study. Both teams followed a weekly football training regimen comparable in volume and methodology (five sessions lasting 90 min and one match each week). All participants met the following inclusion criteria: 1) minimum 6 years of football training and competition experience; 2) regular football training and competition for 6 months prior to data collection; 3) being injury-free for at least 3 months; and 4) not participating in other NMT or diet programmes outside of this study. In addition, the following exclusion criteria were met 1) missing three or more NMT sessions or 2) missing one test day. Data collection started in the seventh month of the competitive season. The players were randomly assigned to an experimental group (E.G., $n = 22$) or a control group (CG, $n = 22$) (Figure 1). All participants signed informed consent, and the ethical standards of the Declaration of Helsinki were followed. The study was approved by the Local Clinical Research Ethics Committee (PI21/011, CEICA, Spain).

A priori sample size calculation was performed using G-Power software Version 3.1.9.7 (University of Dusseldorf, Dusseldorf, Germany) with the following specifications: F tests through ANCOVA with fixed effects, main effects, and interactions, effect size $f = 0.50$ based on previous studies (Zouhal et al., 2019; Isla et al., 2021; Nunes et al., 2021; Brini et al., 2023), α err prob = 0.05, power ($1 - \beta$ err prob) = 0.85, number of groups = 2, and numerator $df = 1$. The calculated sample size of 38 participants was found to provide an 85.01% chance of successfully rejecting the null hypothesis of no difference in the variables studied.



2.2 Exercise protocol

All participants trained in the same schedule of football training. The, EG performed four familiarization sessions to practice the neuromuscular training routine 2 weeks before the start of the intervention. Before the data collection, all players did a warm-up of the lifting, activation, mobilization, and potentiation (RAMP) (Jeffreys, 2006). For 10 weeks, female players in the, EG performed three 24-minute neuromuscular training sessions per week. Control group participants completed their normal conditioning routine (i.e., mobility and strength exercises) at the same time. Neuromuscular training intervention included mobility (lunge to hamstrings dynamic stretch, standing hip out, 90–90 hip stretch), stability (star excursion balance, side jumps + balance, forward hop + balance), anterior chain strength (squat, squat jump, and walking lunge), lumbo-pelvic control (front, side, and add plank), posterior chain strength (1 leg glute bridge, 1 leg touch and hop, scissors lunge) and change of direction (lateral shuffle, t-test, 505 test). Each training session consisted of 6 exercises (one for each category mentioned above) performed as a circuit (i.e., four sets with a work-to-rest ratio of 40:20 s). The working leg was switched during each set for unilateral exercises. As previously suggested (Roso-Moliner et al., 2022), the selected exercises progressed in load and specificity during the intervention. Thus, level 1 activities were completed during the first 2 weeks and were upgraded to level 2 and 3 exercises in weeks 3 and 7, respectively. Additionally, a modified Borg scale (score from 0 to 10) (Zamunér et al., 2011) was used to individually monitor the perceived intensity of the training sessions in both groups.

2.2.1 Performance measurements

Pre- and post-tests were performed during the first days of the week before and after the intervention (17:00–19:00 h, same environmental conditions: -22°C and -20% humidity).

Participants were instructed to abstain from vigorous exercise for at least 48 h before data collection, and all tests were carried out on a football field with football boots. In addition, to avoid possible confounding effects of diet on performance assessment, a registered dietician-nutritionist performed a 24-hour food recall on the test days and calculated the mean macronutrient and energy intake (DAPA Measurement Toolkit, Cambridge, UK). The Spanish Database of Food Composition (BEDCA) was used to analyse the information from these 24-hour food recalls (Roso-Moliner et al., 2022).

2.2.2 Ankle dorsiflexion range of motion

The LegMotion system (LegMotion, your Motion, Albacete, Spain) was used to assess the ankle dorsiflexion range of motion (ROM), and the test is described elsewhere (Pardos-Mainer et al., 2019). Each player performed three trials with each ankle to make the most appropriate measurement, recovering 10 s between each attempt. The intra-class correlation (ICC) was 0.86 in this test.

2.2.3 Horizontal jump test

The bilateral and unilateral horizontal power (unilateral and bilateral) was measured with the horizontal jump. A standard tape measure (30m M1; Stanley, New Britain, United States) was used to measure this test, described elsewhere (Pardos-Mainer et al., 2017). After two attempts, the best jump was recorded for future analysis, with a 60-second recuperation between each jump. The ICC was 0.84 and 0.88 in the bilateral and unilateral horizontal power.

2.2.4 Countermovement jump test

The CMJ was used to measure both bilateral and unilateral vertical jumping ability. Optojump (Optojump, Microgate, Bolzano, Italy) was used to determine jump height (Pardos-Mainer et al., 2017). The test was repeated three times, with at least a 45-second passive recovery period between each, and the best jump was

TABLE 1 Results of the range of motion variables in the control and experimental group.

Variables (cm)	CG (n = 20)				EG (n = 18)			
	Pre-intervention (mean ± SD)	Post-intervention (mean ± SD)	Pre-post (%)	ES (95% CI)	Pre-intervention (mean ± SD)	Post-intervention (mean ± SD)	Pre-post (%)	ES (95% CI)
ROM R	44.02 ± 4.31	44.32 ± 4.17	0.68	0.07 (-0.55; 0.69) T	41.09 ± 4.59	41.66 ± 4.35	1.38	0.12 (-0.53; 0.77) T
ROM L	43.75 ± 4.97	44.22 ± 5.19	1.07	0.09 (-0.53; 0.71) T	40.03 ± 4.68	40.69 ± 4.66	1.64	0.13 (-0.52; 0.79) T
% As ROM	4.16 ± 4.68	5.37 ± 4.53	29.24	0.25 (-0.37; 0.87) S	3.96 ± 3.77	3.81 ± 3.62	-3.97	-0.04 (-0.69; 0.61) T

CG, control group; EG, experimental group; SD, standard deviation; ROM, range of motion; R, right; L, left % As: percentage of asymmetry; ES, effect size; CI, confident interval; T, trivial; S: small, * $p < 0.05$.

registered for further analysis. The ICC was 0.89 and 0.90 in bilateral and unilateral horizontal power.

2.2.5 40-metre speed test

The sprint speed was assessed through 40-m sprint test with 10-, 20-, and 30-m split times. Total and partial times were measured using dual beam photocell systems (Witty, Microgate, Bolzano, Italy) placed 1 m above ground level at the abovementioned marks. All participants started standing once ready and 0.5 m behind the first photocell. The test was performed twice, separated by at least 3 min of passive recovery, and the best time was recorded for analysis. The ICC value was 0.93.

2.2.6 505 change of direction test

The agility was assessed using the 505 COD test with dual beam photocell systems placed 1 m above the ground level (Witty, Microgate, Bolzano, Italy) and performed as Spiteri et al. described (Spiteri et al., 2015). Players build up speed for 10 m, and as they pass through the electronic timing system, they sprint 5 m, make a 180° turn and sprint 5 m again. Each leg (right and left) completed the test twice, with at least three minutes of passive recovery in between, and the best time was recorded for analysis. The most effective time for analysis was noted. The ICC value was 0.84.

2.3 Statistical analysis

The normality of all variables was checked through the Shapiro-Wilk test. Relative reliability analysis was examined by the intra-class correlation coefficient (ICC). We have analysed covariance (ANCOVA) analysis to compare between groups, considering pre-test as the covariate and reported partial eta (η^2) ES. If the results of both groups were comparable, progress was compared using a t -test and percentage change. The standardized mean difference (Hedges' g), representing ESs, is shown along with 95% confidence intervals (CI). The categories of trivial (0.2), small (>0.2), moderate (>0.5), and large (>0.8) were used to classify the ES. The ESs were interpreted using

Hopkins et al. guideline's for the standardized mean difference to determine the number of pairwise comparisons between the pre- and post-test (Hopkins et al., 2009). The significance of statistical analysis was considered when $p < 0.05$. All tests and statistical calculations were performed with the SPSS program (version 28.0, IBM SPSS Inc. Chicago, IL, United States).

3 Results

No significant differences ($p = 0.45$) were found during the intervention in the modified Borg scale of perceived exertion (CG: 7.26 ± 0.23 ; EG: 7.3 ± 0.25).

The ANCOVA results showed no significant group by time interactions of the improvement pre- and post-test in ROM and percentage asymmetry tests. Table 1 and Figure 1 illustrate the percentage changes in ROM variables between the pre- and post-test.

The ANCOVA results showed significant group by time interactions for CMJ ($p \leq 0.001$, $f = 38.777$, $\eta^2 = 0.526$), CMJ right ($p \leq 0.001$, $f = 30.455$, $\eta^2 = 0.465$), CMJ left ($p \leq 0.001$, $f = 38.777$, $\eta^2 = 0.388$) and HJ ($p \leq 0.001$, $f = 17.137$, $\eta^2 = 0.329$). When comparing the percent change from pre-to post-intervention in HJ, the independent groups t -test revealed a significant difference between, EG and CG ($p = 0.001$). HJ in the, EG increased by 0.55% compared to -0.07% in CG. Table 2 and Figure 2 illustrate the percentage changes in jump variables between the pre- and post-test.

The ANCOVA results showed significant group by time interactions for 10 m ($p \leq 0.001$, $f = 18.993$, $\eta^2 = 0.352$), 20 m ($p \leq 0.001$, $f = 10.345$, $\eta^2 = 0.228$), 30 m ($p = 0.040$, $f = 4.534$, $\eta^2 = 0.115$), 40 m ($p \leq 0.001$, $f = 17.430$, $\eta^2 = 0.332$), COD right ($p = 0.009$, $f = 7.653$, $\eta^2 = 0.179$), COD left ($p = 0.009$, $f = 7.660$, $\eta^2 = 0.180$). When comparing the percent change from pre-to post-intervention in 40m, the independent groups t -test revealed a significant difference between, EG and CG ($p \leq 0.001$). 40 m in the, EG increased by -3.01% compared to 0.68% in CG. Table 3 and Figure 3 and Figure 4 illustrate the percentage changes in sprint and COD variables between the pre- and post-test.

TABLE 2 Results of vertical and horizontal jump variables in control and experimental group.

Variables (cm)	CG (n = 20)				EG (n = 18)			
	Pre-intervention (mean ± SD)	Post-intervention (mean ± SD)	Pre-post (%)	ES (95% CI)	Pre-intervention (mean ± SD)	Post-intervention (mean ± SD)	Pre-post (%)	ES (95% CI)
HJ	168.10 ± 10.34	167.98 ± 10.27	-0.07	-0.01 (-0.63; 0.61) T	179.99 ± 9.00	180.97 ± 8.78	0.55	0.10 (-0.55; 0.76) T
HJ R	141.26 ± 11.88	141.33 ± 12.29	0.52	0.01 (-0.61; 0.63) T	152.19 ± 9.92	152.43 ± 9.45	0.16	0.02 (-0.63; 0.68) T
HJ L	141.88 ± 10.66	142.62 ± 11.31	0.05	0.06 (-0.56; 0.68) T	153.07 ± 8.86	153.82 ± 9.23	0.49	0.08 (-0.57; 0.73) T
% As HJ	2.46 ± 1.67	2.58 ± 1.57	4.88	0.07 (-0.55; 0.69) T	2.31 ± 1.94	2.29 ± 1.71	-0.87	-0.01 (-0.66; 0.64) T
CMJ	28.23 ± 2.09	28.25 ± 2.16	0.07	0.01 (-0.61; 0.63) T	27.19 ± 10.34	27.73 ± 10.34	1.95	0.23 (-0.43; 0.88) S
CMJ R	13.86 ± 1.63	13.82 ± 1.66	-0.31	-0.02 (-0.64; 0.60) T	13.17 ± 10.34	13.67 ± 10.34	3.78	0.25 (-0.41; 0.91) S
CMJ L	13.85 ± 1.21	13.81 ± 1.20	-0.27	-0.03 (-0.65; 0.59) T	13.15 ± 10.34	13.53 ± 10.34	2.84	0.20 (-0.45; 0.86) S
% As CMJ	5.61 ± 4.97	5.50 ± 4.98	-1.90	-0.02 (-0.64; 0.60) T	5.22 ± 10.34	5.09 ± 10.34	-2.37	-0.02 (-0.68; 0.63) T

CG, control group; EG, experimental group; SD, standard deviation; ES, effect size; CI, confident interval; T, trivial; S, small; HJ, horizontal jump; R, right; L, left; CMJ, countermovement jump; % As: percentage of asymmetry; **p* < 0.05.

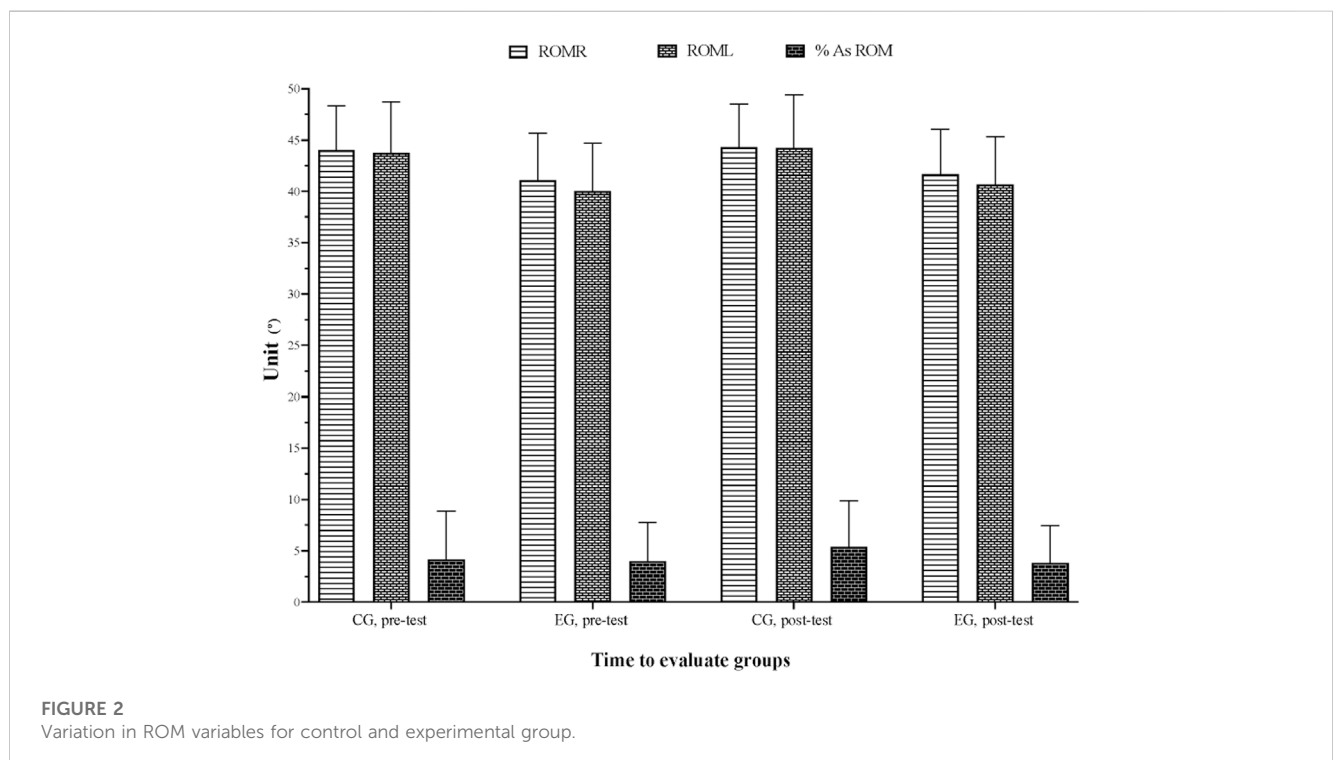
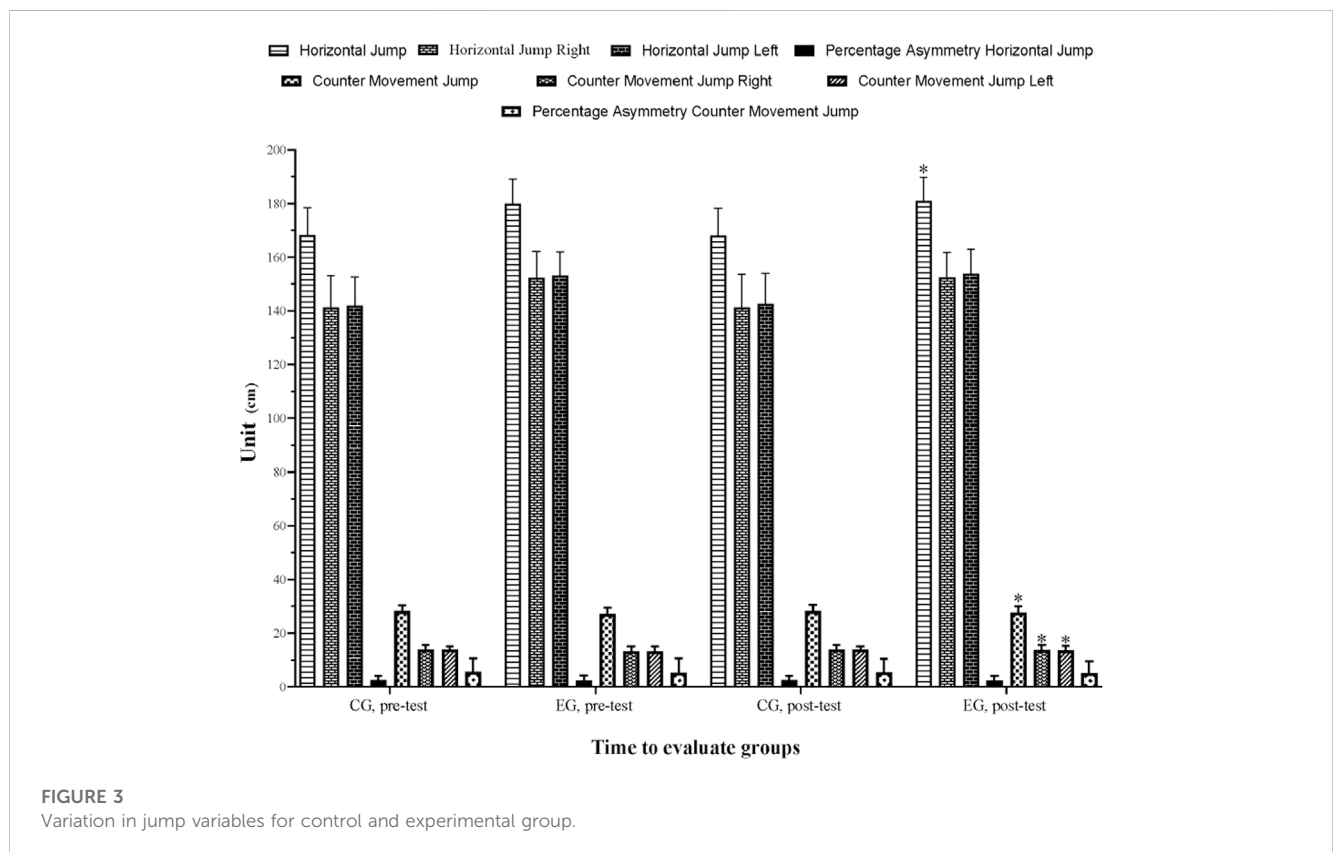


TABLE 3 Results of sprint and change of direction variables in control and experimental group.

Variables s)	CG (n = 20)				EG (n = 18)			
	Pre-intervention (mean ± SD)	Post-intervention (mean ± SD)	Pre-post (%)	ES (95% CI)	Pre-intervention (mean ± SD)	Post-intervention (mean ± SD)	Pre-post (%)	ES (95% CI)
10 m	1.98 ± 0.24	2.01 ± 0.13	1.51	0.15 (-0.47; 0.77) T	1.87 ± 0.10	1.83 ± 0.09	-2.11	-0.40 (-1.06; 0.26) S
20 m	3.49 ± 0.17	3.52 ± 0.19	1.03	0.16 (-0.46; 0.78) T	3.22 ± 0.16	3.19 ± 0.12	-0.95	-0.20 (-0.86; 0.45) S
30 m	4.91 ± 0.21	4.93 ± 0.26	0.51	0.08 (-0.54; 0.70) T	4.50 ± 0.22	4.48 ± 0.18	-0.54	-0.09 (-0.75; 0.56) T
40 m	6.36 ± 0.26	6.40 ± 0.31	0.68	0.13 (-0.55; 0.69) T	5.87 ± 0.30	5.69 ± 0.28	-3.01	-0.59 (-1.26; 0.08) M
COD R	2.61 ± 0.19	2.62 ± 0.19	0.19	0.05 (-0.57; 0.67) T	2.66 ± 0.18	2.58 ± 0.15	-3.01	-0.46 (-1.12; 0.20) S
COD L	2.58 ± 0.16	2.61 ± 0.19	1.08	0.16 (-0.46; 0.78) T	2.65 ± 0.20	2.55 ± 0.17	-3.81	-0.51 (-1.18; 0.15) M
% As COD	3.77 ± 3.06	4.60 ± 5.07	22.14	0.19 (-0.43; 0.81) T	2.82 ± 2.43	2.75 ± 2.05	-2.58	-0.03 (-0.68; 0.62) T

CG, control group; EG: experimental group; SD, standard deviation; COD, change of direction; R, right; L, left; % As: percentage of asymmetry; ES, effect size; CI, confident interval; T, trivial; S, small; M, medium; **p* < 0.05.



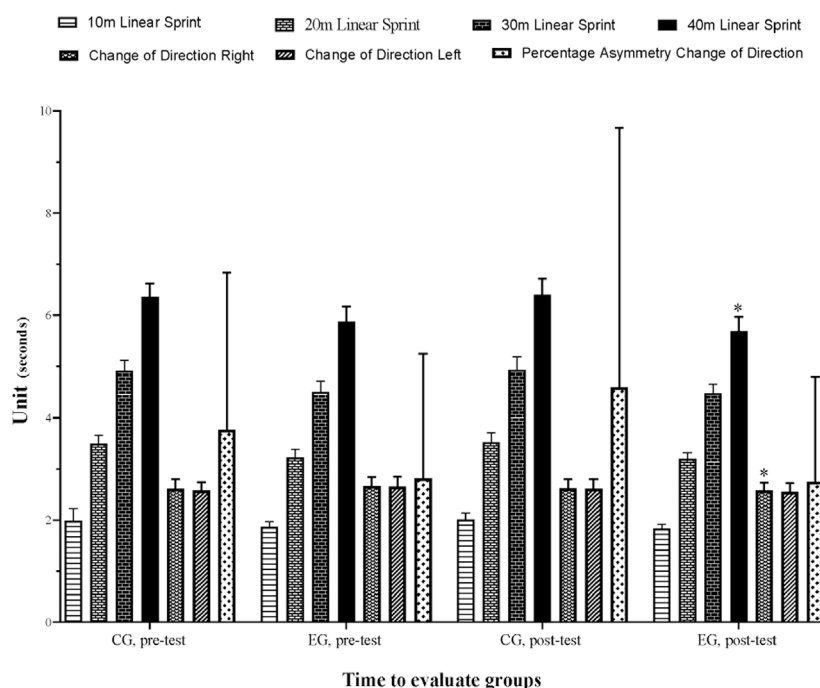


FIGURE 4
Variation in sprint and change of direction variables for control and experimental group.

4 Discussion

This study aimed to determine whether a 10-week neuromuscular intervention improves physical performance and reduces functional asymmetries of the lower extremities in female football players. The main results were that there were no significant group by time interactions in ROM and percentage asymmetry tests. However, significant group by time interactions were observed for CMJ, HJ, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, and COD tests. The experimental group showed a significant increase in HJ (0.55%) compared to the control group (−0.07%). In addition, the experimental group also showed a significant increase in 40 m (−3.01%) compared to the control group (0.68%). These findings suggest that the intervention had a positive impact on lower body power and speed performance in the experimental group.

Decreased ankle dorsiflexion ROM has been pointed out as an essential risk factor for developing lower limb injuries (Kaufman et al., 1999), as it increases strain on the soleus and gastrocnemius muscles during running (Sasaki and Neptune, 2006) and increases dynamic knee valgus in landings (Fong et al., 2011). As mentioned above, lower extremity misalignments could decrease performance in key football actions, such as recently presented. The lack of significant group by time interactions in ROM test in the present study may be due to various factors, such as the duration and intensity of the neuromuscular training program, the athletes' initial level of physical fitness, and the specific exercises used in the program. Evidence regarding the effects of neuromuscular interventions on dorsiflexion ROM is scarce. Previous studies (Noyes et al., 2013; Pardos-Mainer et al., 2019) indicated small ES (−0.23 and 0.30, respectively), and a systematic review of post-

ankle sprained subjects (Terada et al., 2013) pinpointed that static stretching plus proprioceptive and strengthening exercises may be the most effective stimulus. These studies suggest that longer duration and higher intensity of neuromuscular training programs than in the present study may be necessary to elicit significant improvements in ROM in female soccer players. However, the effectiveness of such programs may depend on various factors, and more research is needed to determine the optimal duration, intensity, and exercises in neuromuscular training programs for improving ROM in this population.

Straight sprinting is a key performance factor in professional football, as it has been identified as the most frequent action in goal-scoring situations (Faude et al., 2012). The results of the present study suggest that the intervention had a positive effect on sprint performance. The results of the significant post-hoc analysis for 10 m, 20 m, and 30 m sprints ($p \leq 0.001$), indicate that the intervention had a greater impact on these variables in the experimental group compared to the control group. In this regard, Noyes et al. (Noyes et al., 2013) implemented a 6-week comparable training intervention on female football players aged 12–18 years, showing significant improvements ($p = 0.02$; $ES = -0.14$) in linear speed (37 m), whereas Pardos-Mainer et al. (2019) found similar results ($p = 0.01$; $ES = -1.16$) in adolescent female football players. Despite the age difference, both intervention protocols were very similar to ours and support the idea that neuromuscular training programs, which include strength, power and plyometric exercises, can be consistent in training methods with the intention to improve acceleration and short-distance sprint performance. In this sense, improvements in the power of the hip, knee and ankle extensors have previously been related to

gains in sprinting ability (Morin et al., 2012), and it is also likely that the selection of exercises focusing on the horizontal stimulus has increased the chances of obtaining adaptations related to acceleration performance (González-García et al., 2019). On the other hand, Vescovi et al. (Vescovi and VanHeest, 2010) found a time effect in the speed improvements as the gains obtained in their study at week six disappeared at follow-up (week 12), underlining the importance of maintaining a minimum stimulus dose. These findings have implications for coaches and athletes seeking to improve sprint performance, as they suggest that a targeted intervention can be effective in enhancing these aspects of athletic performance. Further research is needed to identify the most effective components of such interventions and to determine the optimal duration and intensity of training needed to achieve maximum benefits in sprint performance.

Improving the speed of COD has become one of the main objectives of preparation programs (Vescovi and VanHeest, 2010). Of note, a recent investigation (Loturco et al., 2018) revealed that a higher linear speed is not necessarily related to better results in COD tests. The results of the significant post-hoc analysis for COD to the right and left indicate that the intervention had a greater impact on these variables in the experimental group compared to the control group. In the same way, a recent systematic review and meta-analyses (Liu et al., 2021) on the effects of a neuromuscular standardized warm-up protocol reported an overall improvement in COD tests in football players (ES = 0.87). In-season neuromuscular strength training intervention presented a -3.5% COD performance improvement after only 8 weeks (Panagoulis et al., 2020). Similar results were reported by Pardos-Mainer et al. after the combination of dynamic and isometric strength training showed a moderate effect (ES = -0.71) on COD performance (Pardos-Mainer et al., 2020). Plyometric training resulted in superior outcomes in COD tests, exhibiting a large effect (ES: -3.12) (Ramirez-Campillo et al., 2018). This may be attributed to the incorporation of vertical, horizontal, and unilateral jumps in these programs, which effectively enhanced COD performance. It is important to note that neuromuscular training programs can include a variety of exercises and techniques, such as plyometrics, balance and stability training, and agility drills, among others. Therefore, it is impossible to conclude if specific, or the combination of exercises in this intervention elicited the performance improvements. This also limits our ability to make direct comparisons with other studies. Nonetheless, the present results provide additional evidence supporting the effectiveness of neuromuscular training programs in improving COD performance.

The present study offers valuable insights into the impact of a neuromuscular training program on CMJ performance (ES = 0.23) in female football players, with only minor improvements observed in HJ (ES ≤ 0.10). These results are consistent with those reported in prior studies by Ozbar et al. (2014); Pardos-Mainer et al. (2019), which suggest that the nature of the power drills included in the neuromuscular program may have contributed to the observed outcomes, as vertical stimulus predominated over horizontal jumping tasks. Interestingly, the results of our study demonstrate that the neuromuscular training

program had a specific effect on lower interlimb jump performance. This is supported by the significant post-hoc analysis observed for CMJ left and right. Although other studies (Gorostiaga et al., 2004; Wong et al., 2010) have demonstrated superior results in CMJ height (ES = -0.95) when applying longer explosive and plyometric strength programs to younger football players, the effect of neuromuscular interventions on the vertical jumping ability of female football players has been unclear in some (Noyes et al., 2013; Pardos-Mainer et al., 2019). Furthermore, a recent meta-analysis (Pardos-Mainer et al., 2021) compared the effects of plyometric versus strength training on essential factors of football performance. The results from this study highlight the importance of including high-speed exercises in the design of football conditioning programs, as plyometric training provides more significant benefits than strength training on vertical jump in female football players. Thus, incorporating a variety of exercises that promote explosive power and speed, rather than solely focusing on extra load exercises (Pedersen et al., 2019), may be a more effective strategy for improving vertical jump in female football players.

Historically, more significant interlimb asymmetry has been associated with lower athletic performance and increased risk of injury. However, recent studies show contradictory results (Bishop et al., 2018). Furthermore, Bishop et al. (2021) indicate that asymmetries are task-specific and that results may vary depending on the test performed. Focusing on analysing asymmetries and their relationship with performance, a recent systematic review with meta-analysis (Bettariga et al., 2022) confirms the importance of studies in which strength training interventions have been carried out with unilateral and bilateral exercises, plyometric work, balance and lumbopelvic stability. Despite our neuromuscular training program did not result in significantly different improvements in asymmetry tests results between the groups, the intra-group analysis showed that the experimental group has reduced ROM asymmetry by -3.97% (ES = -0.04), CMJ asymmetry by -2.37% (ES = 0.02), HJ asymmetry by -0.87% (ES = 0.01), and COD asymmetry by -2.58% (ES = 0.03). These results are reinforced in a previous review (Bettariga et al., 2022), in which slight to moderate effects on asymmetry reduction were observed across all interventions, but no significant differences were found for the HJ (ES: 0.22), the CMJ (ES = 0.53) and the COD (ES = 0.23). However, it is important to note that the lack of significance may be due to a variety of factors, such as the sample size, the specific measures used, and/or the duration and intensity of the training program. Finally, these results continue to confirm that the reduction of asymmetries and their relationship to improved performance should be further investigated.

4.1 Limitations

Of note, there exist a few limitations in the current study. Firstly, the small sample size prevented us from assessing differences between players' positions. However, the primary objective of the present investigation was to analyse the overall effects of a neuromuscular

training program on football performance variables and to determine whether the effects are position-specific, thus suggesting a potential area for future research. Furthermore, only high-level female football players were selected for the final analyses, so our results cannot be generalized to another level of performance or different team sports. Despite these considerations, the present research provides relevant data on the positive effects of the weekly application of strengthening programs with a neuromuscular emphasis on crucial performance variables of female football players.

5 Conclusion

The results of the present work emphasize that a 10-week neuromuscular training intervention may be a sufficient stimulus to improve physical fitness variables in high-level female football players. Significant improvements in COD tests and straight sprinting time were found after the intervention, while slight to trivial gains in jumping, ankle mobility, and interlimb symmetries were also registered. Therefore, players and coaches should be aware that the weekly inclusion of strength, power and dynamic balance exercises following a neuromuscular paradigm is useful for improving football fitness. Such gains can be achieved with an on-field resistance training program without supplemental materials to body mass.

Data availability statement

The original contributions presented in the study are included in the article material, further inquiries can be directed to the corresponding author.

Ethics statement

The studies involving human participants were reviewed and approved by the Local Clinical Research Ethics Committee (PI21/011, CEICA, Spain). The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

References

- Association, F. I. D. F. (2020). Estrategia de Fútbol femenino. Available at: <https://www.fifa.com/es/womens-football/strategy/strategy-details> (Accessed 4 24, 2022 2022).
- Association, F. I. D. F. (2007). FIFA big count 2006: 270 million people active in football. Available at: <https://resources.fifa.com/image/upload/big-count-estadisticas-520058.pdf?cloudid=mzid0qmguiuxcmrvvema> (Accessed 03 02, 2022 2022).
- Bettariga, F., Turner, A., Maloney, S., Maestroni, L., Jarvis, P., and Bishop, C. (2022). The effects of training interventions on interlimb asymmetries: A systematic review with meta-analysis. *Strength & Cond. J.* 44, 69–86. doi:10.1519/ssc.0000000000000701
- Bishop, C., Lake, J., Loturco, I., Papadopoulos, K., Turner, A., and Read, P. (2021). Interlimb asymmetries: The need for an individual approach to data analysis. *J. Strength Cond. Res.* 35, 695–701. doi:10.1519/JSC.0000000000002729
- Bishop, C., Turner, A., and Read, P. (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: A systematic review. *J. Sports Sci.* 36, 1135–1144. doi:10.1080/02640414.2017.1361894
- Brini, S., Boulosa, D., Calleja-González, J., Ramirez-Campillo, R., Nobari, H., Castagna, C., et al. (2023). Neuromuscular and balance adaptations following basketball-specific training programs based on combined drop jump and multidirectional repeated sprint versus multidirectional plyometric training. *PLOS ONE* 18, e0283026. doi:10.1371/journal.pone.0283026
- Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., et al. (2014). Applied physiology of female soccer: An update. *Sports Med.* 44, 1225–1240. doi:10.1007/s40279-014-0199-1
- Faude, O., Koch, T., and Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J. Sports Sci.* 30, 625–631. doi:10.1080/02640414.2012.665940
- Fong, C. M., Blackburn, J. T., Norcross, M. F., Mcgrath, M., and Padua, D. A. (2011). Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *J. Athl. Train.* 46, 5–10. doi:10.4085/1062-6050-46.1.5
- González-García, J., Morencos, E., Balsalobre-Fernández, C., Cuéllar-Rayó, Á., and Romero-Moraleda, B. (2019). Effects of 7-week hip thrust versus back squat resistance training on performance in adolescent female soccer players. *Sports (Basel)* 7, 80. doi:10.3390/sports7040080
- Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., González-Badillo, J. J., and Ibáñez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 91, 698–707. doi:10.1007/s00421-003-1032-y
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., and Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41, 3–13. doi:10.1249/MSS.0b013e31818cb278

Author contributions

Conceptualization, AR-M and EM-P; methodology, AR-M, HN, EM-P, and AC-L.; formal analysis, AR-M, HN, and EM-P; data curation, DL and SP; writing—original draft preparation, AR-M, AC-L, and DL; writing—review and editing, DL, SP, and HN; visualization, EM-P; supervision, SP and HN All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding

HN is supported by the Spanish Ministry of Science and Innovation, the State Research Agency (AEI), and the European Union (NextGenerationEU/PRTR) with applicant number FJC 2021-047845-I.

Acknowledgments

The authors gratefully thank the football players for their cooperation during the study.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

- Isla, E., Romero-Moraleda, B., Moya-Morales, J. M., Esparza, F., and Mallo, J. (2021). Effects of a neuromuscular warm-up program in youth female soccer players. *J. Hum. Kinet.* 79, 29–40. doi:10.2478/hukin-2021-0080
- Jeffreys, I. J. U. J. (2006). Warm up revisited—the ‘ramp’ method of optimising performance preparation. *System* 6, 15–19.
- Kaufman, K. R., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson, C. W., and Cullison, T. R. (1999). The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am. J. Sports Med.* 27, 585–593. doi:10.1177/03635465990270050701
- Liu, R., Liu, J., Ma, X., Li, Q., and An, R. (2021). Effect of FIFA 11+ intervention on change of direction performance in soccer and futsal players: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Sports Sci. Coach.* 16, 862–872. doi:10.1177/1747954121991667
- Lockie, R. G., Callaghan, S. J., Berry, S. P., Cooke, E. R., Jordan, C. A., Luczo, T. M., et al. (2014). Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *J. Strength Cond. Res.* 28, 3557–3566. doi:10.1519/JSC.0000000000000588
- Lockie, R. G., Dawes, J. J., and Jones, M. T. (2018). Relationships between linear speed and lower-body power with change-of-direction speed in national collegiate athletic association divisions I and II women soccer athletes. *Sports (Basel)* 6, 30. doi:10.3390/sports6020030
- Loturco, I., Nimphius, S., Kobal, R., Bottino, A., Zanetti, V., Pereira, L. A., et al. (2018). Change-of direction deficit in elite young soccer players. *Ger. J. Exerc. Sport Res.* 48, 228–234. doi:10.1007/s12662-018-0502-7
- Menzel, H. J., Chagas, M. H., Szmuchrowski, L. A., Araujo, S. R., De Andrade, A. G., and De Jesus-Moraleida, F. R. (2013). Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 27, 1370–1377. doi:10.1519/JSC.0b013e318265a3c8
- Mohr, M., Krstrup, P., and Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci.* 21, 519–528. doi:10.1080/0264041031000071182
- Morin, J. B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., and Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112, 3921–3930. doi:10.1007/s00421-012-2379-8
- Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., Tutalo Smith, S. T., and Campbell, T. (2013). A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 27, 340–351. doi:10.1519/JSC.0b013e31825423d9
- Nunes, A. C. C. A., Cattuzzo, M. T., Faigenbaum, A. D., and Mortatti, A. L. (2021). Effects of integrative neuromuscular training and detraining on countermovement jump performance in youth volleyball players. *J. Strength & Cond. Res.* 35, 2242–2247. doi:10.1519/JSC.00000000000003092
- Ozbar, N., Ates, S., and Agopyan, A. (2014). The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 28, 2888–2894. doi:10.1519/JSC.0000000000000541
- Panagoulis, C., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Leontini, D., Deli, C. K., Draganidis, D., et al. (2020). In-season integrative neuromuscular strength training improves performance of early-adolescent soccer athletes. *J. Strength Cond. Res.* 34, 516–526. doi:10.1519/JSC.00000000000002938
- Pardos-Mainer, E., Casajús, J. A., Bishop, C., and Gonzalo-Skok, O. (2020). Effects of combined strength and power training on physical performance and interlimb asymmetries in adolescent female soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 15, 1147–1155. doi:10.1123/ijsp.2019-0265
- Pardos-Mainer, E., Casajús, J. A., and Gonzalo-Skok, O. (2019). Adolescent female soccer players’ soccer-specific warm-up effects on performance and inter-limb asymmetries. *Biol. Sport* 36, 199–207. doi:10.5114/biolSport.2019.85453
- Pardos-Mainer, E., Lozano, D., Torrontegui-Duarte, M., Cartón-Llorente, A., and Roso-Moliner, A. (2021). Effects of strength vs. Plyometric training programs on vertical jumping, linear sprint and change of direction speed performance in female soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18, 401. doi:10.3390/ijerph18020401
- Pardos-Mainer, E., Ustero-Pérez, O., and Gonzalo-Skok, O. (2017). Efectos de un entrenamiento pliométrico en extremidades superiores e inferiores en el rendimiento físico en jóvenes tenistas. [Effects of upper and lower body plyometric training on physical performance in young tennis players]. *RICYDE. Rev. Int. ciencias del deporte* 13, 225–243. doi:10.5232/ricyde2017.04903
- Pedersen, S., Heitmann, K. A., Sagelv, E. H., Johansen, D., and Pettersen, S. A. (2019). Improved maximal strength is not associated with improvements in sprint time or jump height in high-level female football players: A cluster-randomized controlled trial. *BMC Sports Sci. Med. Rehabilitation* 11, 20. doi:10.1186/s13102-019-0133-9
- Ramirez-Campillo, R., Garcia-Pinillos, F., Garcia-Ramos, A., Yanci, J., Gentil, P., Chaabene, H., et al. (2018). Effects of different plyometric training frequencies on components of physical fitness in amateur female soccer players. *Front. Physiol.* 9, 934. doi:10.3389/fphys.2018.00934
- Roso-Moliner, A., Mainer-Pardos, E., Arjol-Serrano, J. L., Cartón-Llorente, A., Nobari, H., and Lozano, D. (2022). Evaluation of 10-week neuromuscular training program on body composition of elite female soccer players. *Biol. (Basel)* 11, 1062. doi:10.3390/biology11071062
- Sasaki, K., and Neptune, R. R. (2006). Differences in muscle function during walking and running at the same speed. *J. Biomech.* 39, 2005–2013. doi:10.1016/j.jbiomech.2005.06.019
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., and Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in elite basketball athletes. *J. Strength Cond. Res.* 29, 2205–2214. doi:10.1519/JSC.0000000000000876
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., and Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Physiology Soccer. Sports Med. Auckl. N.Z.* 35, 501–536. doi:10.2165/00007256-200535060-00004
- Terada, M., Pietrosimone, B. G., and Gribble, P. A. (2013). Therapeutic interventions for increasing ankle dorsiflexion after ankle sprain: A systematic review. *J. Athl. Train.* 48, 696–709. doi:10.4085/1062-6050-48.4.11
- Vescovi, J. D., and Vanheest, J. L. (2010). Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20, 394–402. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00963.x
- Winther, A. K., Baptista, I., Pedersen, S., Randers, M. B., Johansen, D., Krstrup, P., et al. (2022). Position specific physical performance and running intensity fluctuations in elite women’s football. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 32 (1), 105–114. doi:10.1111/sms.14105
- Wong, P. L., Chamari, K., and Wisloff, U. (2010). Effects of 12-week on-field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 24, 644–652. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ad3349
- Wright, M., and Laas, M. (2016). Strength training and metabolic conditioning for female youth and adolescent soccer players. *Strength Cond. J.* 38, 96–104. doi:10.1519/ssc.0000000000000212
- Zamunér, A. R., Moreno, M. A., Camargo, T. M., Graetz, J. P., Rebelo, A. C., Tamburís, N. Y., et al. (2011). Assessment of subjective perceived exertion at the anaerobic threshold with the Borg CR-10 scale. *J. Sports Sci. Med.* 10, 130–136.
- Zouhal, H., Abderrahman, A. B., Dupont, G., Truptin, P., Le Bris, R., Le Postec, E., et al. (2019). Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Front. Physiology* 10, 947. doi:10.3389/fphys.2019.00947

4.4. Estudio 4:

Horizontal Jump Asymmetries Are Associated with Reduced Range of Motion and Vertical Jump Performance in Female Soccer Players

Alberto Roso-Moliner ¹, Demetrio Lozano ¹, Hadi Nobari ^{2,3*}, Chris Bishop ⁴, Antonio Carton-Llorente ¹, Elena Mainer-Pardos ¹

1 Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50830 Zaragoza, Spain.

2 Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3 Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, 10003 Cáceres, Spain.

4 Faculty of Science and Technology, London Sport Institute, Middlesex University, London NW4 1RL, UK.

BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation

ISSN: 2052-1847

DOI: <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00697-1>

Year: 2023 Volume: 15 Issue: 1 Page: 80.

Editorial: BioMed Central (BMC)

RESEARCH

Open Access



Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players

Alberto Roso-Moliner¹, Demetrio Lozano¹, Hadi Nobari^{2,3*}, Chris Bishop⁴, Antonio Carton-Llorente¹ and Elena Mainer-Pardos¹

Abstract

Background Performance in jumping and change of direction tests are good proxies to reflect the skill level during soccer-specific actions. Greater inter-leg asymmetries have been identified as a risk factor for developing acute and overuse injuries and jeopardizing soccer performance. The aim of this study was to assess the association between asymmetry in the unilateral vertical and horizontal jump tests, ankle range of motion, linear velocity, and change of direction in a sample of highly trained adult female soccer players.

Methods Thirty-eight highly trained female soccer players underwent a testing protocol including ankle dorsiflexion, single leg jumps for height (CMJ), distance (HJ), 40 m sprint and 180° change of direction tests.

Results Within-session reliability was acceptable ($CV \leq 7.9\%$), and relative reliability showed good to excellent (ICC: 0.83 to 0.99). The one-way ANOVA reported higher inter-limb differences for change of direction deficit ($10.9 \pm 8.04\%$) and single leg CMJ ($5.70 \pm 5.22\%$). Pearson correlations highlighted significant relationships between horizontal jump asymmetries and ankle dorsiflexion ($r = -0.41$), CMJ ($r = -0.36$ to -0.49) and HJ ($r = -0.28$ to -0.56).

Conclusions Assessing inter-limb asymmetries through different methods can help scientists understand the specificity of their detrimental effects on soccer performance. Practitioners should be aware of these specificities as well as the magnitude and direction of the asymmetries when aiming to improve specific on-field skills.

Keywords Symmetry, Bilateral asymmetry, Jump, ROM, Injury risk, Football

Introduction

The growth of women's soccer is a priority in FIFA's strategy, which has set a goal of doubling the number of participants between 2014 and 2026 [1]. Consequently, this growing interest has also increased research into the female game [2]. Performance in soccer requires a high level of physical fitness and mastery of sport-specific technical and tactical skills. It is an intermittent, high-intensity sport, and players must perform repeated sprints, changes of direction (COD), vertical and horizontal jumps, accelerations and decelerations [3, 4]. Consequently, these actions are often unpredictable and thus,

*Correspondence:

Hadi Nobari

hadi.nobari1@gmail.com

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 Km 299, Villanueva de Gállego, 50830 Zaragoza, Spain

² Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

³ Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, 10003 Cáceres, Spain

⁴ Faculty of Science and Technology, London Sport Institute, Middlesex University, London NW4 1RL, UK



© The Author(s) 2023. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

frequently result in an uneven distribution of loading on each limb [5].

With this in mind, there has been a significant increase in studies investigating limb-to-limb asymmetry, which refers to the difference in function or performance of one limb relative to the other [6, 7]. For example, when measuring lower body asymmetries during strength tasks, exercises such as squats [8], isokinetic dynamometry [9, 10], and isometric tasks (e. g. the mid-thigh pulldown or the isometric squat) have been used [11, 12]. Although practical, some tests are expensive and time-consuming, making them difficult to use in field settings. Therefore, other methods of assessing limb-to-limb asymmetry that are less time-consuming and costly may be needed. Jump tests provide a practical and rapid form of physical assessment, often mimicking movement patterns (i.e. triple extension of lower limb joints) observed in sports [13, 14]. Previous research has used bilateral and unilateral tests to measure asymmetries, such as the horizontal jump (HJ) [15, 16] and the countermovement jump (CMJ) [15, 17]. Therefore, with a range of protocols previously used to measure asymmetry and the importance of this measure, practitioners should consider which is most appropriate for their athletes based on analysis of the needs of the sport, the players' training history and previous familiarity with the protocols. As noted, not all tests require much time, skill, or investment of money. In summary, assessing asymmetries of specific muscles or muscle groups is an important measurement that could help clarify the origin of possible asymmetries in specific performance tasks.

On the other hand, existing scientific evidence has identified ankle dorsiflexion restriction as an important risk factor for suffering acute sports-related injuries, such as anterior cruciate ligament rupture [18], as well as for developing overuse disorders such as patellar [19], and Achilles tendinopathies, shin splints [20], and anterior patellofemoral pain syndrome [20]. Consequently, it seems likely that ankle dorsiflexion range of motion (ROM) restrictions should be one of the key factors to control in this sport, as it can contribute to knee valgus momentum during landing tasks and squatting movements [20], which, in turn, increases un-wanted force demands higher up the kinetic chain at the knee [21].

In recent years, more research has examined the association between asymmetry and some physical performance tests [15, 16, 22]. For example, Maloney et al. [23] demonstrated that jump asymmetry during the unilateral jump test was associated with lower COD ($r=0.6$) performance in healthy adult males. Similarly, Bishop et al. [24] demonstrated that unilateral CMJ asymmetry of 12.5% was associated with decreased linear sprint and jump performance in youth soccer players. In contrast,

Lockie et al. [16] found no effect on COD and linear velocity performance associated with a unilateral CMJ asymmetry of 10.4% in male collegiate players.

For its part, Dos'Santos et al. [15] found an asymmetry in the unilateral HJ of 6.3% that showed no association with COD performance in a male university sample. Furthermore, to the authors' knowledge and rather importantly, few studies exist in populations of adult female soccer players [25, 26]. Of note, the cdcstudies mentioned above found jump tests are more sensitive for identifying between-limbs asymmetries (8 to 12%) than COD tests (2 to 3%) and were negative related with sprint times [25, 26]. These contradictory results indicate the need for further research to establish the relationship between these asymmetries and measures of physical performance.

Because of the above, the main objective of the present study was to demonstrate the relationship between asymmetry in the unilateral vertical and horizontal jump tests (CMJ and HJ), ankle range of motion, linear velocity, and COD in a sample of highly trained adult female soccer players. Given the paucity of data assessing the association between asymmetry and physical performance in female populations, it was challenging to elucidate a suitable hypothesis.

Materials and methods

Study design

A cross-sectional design was used in this study. Informed consent was provided to all female soccer players following the policy of their soccer club after approval by the Clinical Research Ethics Committee of the Government of Aragon (PI21/011, CEICA, Spain) and respecting the ethical standards of the Declaration of Helsinki.

Participants

Thirty-eight female soccer players (age: 23.5 ± 3.6 years; height: 163.9 ± 5.4 cm; body mass: 60.1 ± 5.5 kg; body mass index: 22.4 ± 2.3 kg/m²) participated in this study. All soccer players belonged to the same women's soccer division (Spanish Second Division) and had performed structured weekly training in terms of volume and methodology (i.e. four sessions of 90 min duration and 1 match per week) for a minimum of 10 months and had at least three years of experience in semi-professional soccer. In addition, the female soccer players were injury-free at the time of the test and during the 3-month intervention.

Procedures

Test sessions began with a rise, activate, mobilize, and potentiate system warm-up protocol [27]. Each participant was then asked to complete three unilateral CMJ and HJ preparation jumps at progressive intensities (i.e., 60%, 80% and 100% of perceived exertion) in preparation

for both tests. During the second testing session, three practice trials of a 40 m sprint and a 505 COD test were completed at the same perceived intensities. These sub-maximal trials served as a familiarization test in the field. A passive rest period of three minutes was provided before data collection. The tests were conducted the first few days of the following week of the intervention, at the same time (17:00–19:00) and under identical ambient conditions (22 °C and 20% humidity). Participants were instructed to refrain from vigorous activity for at least 48 h before data collection, and all tests were conducted on a soccer field with soccer boots.

Weight-bearing dorsiflexion ROM

The LegMotion system (LegMotion, your Motion, Albacete, Spain) was used to assess ankle weight-bearing dorsiflexion mobility (WB-DF), and the test is described elsewhere [28]. Each player performed three trials with each ankle to make the most appropriate measurement, recovering 10 s between each attempt.

Countermovement unilateral and bilateral jump

All jumps were performed on the soccer field and in soccer boots. All participants initiated each jump with hands on hips, with a leg countermovement to a depth chosen by the user before accelerating vertically and jumping as high as possible. For unilateral jumps, the leg used had to remain fully extended during the flight phase before landing on the floor. Jump height in centimetres was recorded using the “My Jump 2” smartphone app. Two jumps were performed with the right leg and two with the left leg, resting for 60 s. The highest jump was selected for further data analysis.

Standing long jump test

A standard 30-m tape measure (30 m M13; Stanley, New Britain, USA) was used. The subjects started the test standing with their feet placed behind the line and their arms relaxed. They were instructed to jump the maximum possible horizontal distance, executing a controlled landing and maintaining balance on the performing leg or both legs (3 s) until the evaluator recorded the fall position. The length was measured from the jump line to the rearmost heel in the subject’s landing. Two unilateral jump attempts were performed with each leg, and two bilateral jump attempts. Each with 60 s of recovery between jumps, the best unilateral and bilateral jump was recorded for later analysis.

40 m sprints

Photocell timing gates (Witty, Microgate, Bolzano, Italy) were placed at 0, 10, 20, 30, and 40 m. Participants started the test upright, putting their feet 30 cm

behind the starting line [29]. Two attempts were made on the soccer field, separated by a rest period of 180 s. Times were recorded in hundredths of a second. The best time was used for subsequent analysis.

505 Change-of-Direction speed test and Change-of-Direction deficit

Photocell gates (Witty, Microgate, Bolzano, Italy) were placed at 10 and 15 m. Subjects sprinted 15 m over the soccer field and performed a 180° turn with both the right and left leg, completing two trials for each leg. The time analyzed was from the 10 m photocells, the 180° turn once past the 15 m photocells, and the sprint back through the timing gates over the 10 m mark. A 180-s rest period was provided between attempts. As described by Shepard et al. [30], the best time of the right and left leg was used for further data analysis. The COD deficit (CODD) was calculated from the difference between the times of the first part of the linear sprint (i.e. time recorded in 10 m) and the COD test (i.e. 505 test) [31, 32].

Statistical analysis

SPSS statistical software (Version 25.0; SPSS Inc, Chicago, IL, USA) was used. The Shapiro–Wilk test was used to determine normality. Within-session reliability of test measures was calculated using the coefficient of variation (CV) (absolute reliability) and a two-way random intraclass correlation coefficient (ICC) (relative reliability) with the complete agreement and 95% confidence intervals. The ICC values were interpreted using Koo et al. guideline’s [33], and a CV < 10% as an acceptable responsibility criterion. It should be mentioned that asymmetries may favour either side depending on whether limb scores are higher [34]. Therefore, the consistency of the direction of asymmetry between tests was measured using the Kappa coefficient and they were interpreted as poor (≤ 0), slight (0.01–0.20), fair (0.21–0.40), moderate (0.41–0.60), substantial (0.61–0.80), almost perfect (0.81–0.99) and perfect [35]. The following equation calculated inter-limb asymmetries as the percentage difference between the two limbs [36].

$$100/\text{Max value (right and left)} * \text{Min value (right and left)} * -1 + 100$$

A one-way repeated measures ANOVA determined the systematic bias between mean asymmetry values. Pearson’s correlations were performed between inter-limb asymmetry scores and performance tests. Statistical significance was inferred from $p < 0.05$.

Results

Table 1 contains information on within-session reliability. Flexibility, jump and COD tests revealed good to excellent reliability (ICC: 0.83 to 0.99) and acceptable

Table 1 Mean scores, mean asymmetry (%) and reliability data for each test

Test ^a	Mean ± SD	Asymmetry (%)	CV (%)	ICC (95% CI)
Unilateral WB-DF (cm)				
WB-DF _R	42.8 ± 4.71	3.65 ± 3.54	2.7	0.95 (0.90–0.97)
WB-DF _L	42.02 ± 5.11		1.3	0.99 (0.98–0.99)
Unilateral CMJ (cm)				
CMJ _R	13.6 ± 1.68	5.70 ± 5.22	1.7	0.98 (0.96–0.99)
CMJ _L	13.6 ± 1.39		2.4	0.95 (0.90–0.97)
Unilateral HJ (cm)				
HJ _R	146.4 ± 12.1	2.12 ± 2.10	2.1	0.93 (0.86–0.96)
HJ _L	147.2 ± 11.3		1.9	0.94 (0.88–0.97)
Sprint				
10 m	1.93 ± 0.19	-	4	0.83 (0.70–0.91)
20 m	3.36 ± 0.21		1.9	0.88 (0.78–0.94)
30 m	4.72 ± 0.29		2.3	0.87 (0.76–0.93)
40 m	6.13 ± 0.37		2.1	0.86 (0.74–0.92)
COD				
COD _R	2.62 ± 0.16	2.99 ± 2.22	2.6	0.87 (0.76–0.93)
COD _L	2.62 ± 0.18		2.1	0.92 (0.86–0.96)
CODD _R	0.70 ± 0.24		7.9	0.91 (0.85–0.95)
CODD _L	0.69 ± 0.25	10.9 ± 8.04	7.3	0.93 (0.88–0.96)

^a ROM Range of motion, CMJ Countermovement jump, HJ Horizontal jump, COD Change of direction, R Right, L Left, SD standard deviation, CV coefficient of variation, ICC intraclass correlation coefficient, WB-DF Weight-bearing dorsiflexion test, CODD Change of direction deficit

variability (CV ≤ 7.9%). After comparing the mean asymmetry of the groups, no significant results were observed.

Table 2 shows the Pearson’s correlations between inter-limb asymmetry scores and performance tests. No significant relationships were found between CMJ and COD asymmetry and the mobility, jumping, sprinting and COD tests. On the other hand, ankle dorsiflexion ROM asymmetry was significantly correlated with CMJ right ($r = -0.36$) and 10 m sprint time ($r = 0.37$). In addition, HJ asymmetry was correlated with WB-DF ($r = -0.41$; for both legs), CMJ ($r = -0.36$; $r = -0.49$; right and left leg, respectively) and HJ right ($r = -0.56$). Finally, CODD asymmetry was statistically associated with HJ left ($r = -0.46$).

Table 3 shows the levels of agreement for the asymmetry scores (Kappa coefficient). The results showed reasonable levels of agreement between the WB-DF test and the single leg CMJ (0.29) and slight levels between single leg CMJ and HJ (0.11), CODD and single leg HJ (0.10), single leg CMJ (0.02) and WB-DF (0.02). The rest of the test’s comparison shows poor levels (-0.87 to -0.13). Individual inter-limb discrepancies are illustrated in Fig. 1 for WB-DF, HJ, CMJ, COD and CODD due to the variable nature in both the magnitude and direction of asymmetry.

Discussion

The present study examined the relationship between asymmetry in the horizontal and vertical jump, ankle dorsiflexion, linear velocity and COD in highly female soccer players. The results showed significant correlations between ankle dorsiflexion ROM and vertical jump

Table 2 Correlations between range of motions, jump and change of direction tests and asymmetry percentages

Test ^a	WB-DF Asymmetry	CMJ Asymmetry	HJ Asymmetry	COD Asymmetry	CODD Asymmetry
WB-DF _R	0.12	-0.08	-0.41**	0.05	0.08
WB-DF _L	-0.12	-0.07	-0.41**	0.16	0.14
CMJ _R	-0.36*	-0.16	-0.36*	0.04	0.08
CMJ _L	0.18	-0.15	-0.49**	0.18	0.16
HJ _R	-0.18	-0.10	-0.56**	-0.01	0.07
HJ _L	0.14	0.07	-0.28	-0.27	-0.46**
10 m	0.37*	-0.08	0.27	-0.01	0.15
20 m	-0.29	-0.04	0.19	0.12	0.23
30 m	-0.24	-0.06	0.16	0.14	0.27
40 m	-0.21	-0.03	0.17	0.18	0.29
COD _R	-0.15	-0.14	0.20	0.08	-0.01
COD _L	-0.06	-0.10	0.22	0.06	-0.08
CODD _R	0.15	-0.06	-0.09	0.18	-0.12
CODD _L	0.20	-0.11	-0.05	0.14	-0.17

^a ROM Range of motion, CMJ Countermovement jump, HJ Horizontal jump, R Right, L Left, SLROM Single leg range of motion, COD Change of direction, WB-DF Weight-bearing dorsiflexion test, CODD Change of direction deficit

Table 3 Kappa coefficients and descriptive levels of concordance of asymmetries between the jumping speed and COD tests

Test Comparison ^a	Kappa Coefficient	Descriptor
SLWB-DF -SLCMJ	0.29	Fair
SLCMJ-SLHJ	0.11	Slight
SLHJ-COD	-0.31	Fair
SLWB-DF -COD	-0.13	Poor
SLWB-DF -SLHJ	-0.21	Poor
SLCMJ-COD	-0.13	Poor
SLHJ-CODD	0.10	Slight
SLCMJ-CODD	0.02	Slight
SLWB-DF-CODD	0.02	Slight
COD-CODD	-0.87	Poor

^a SLROM Single leg range of motion, SLCMJ Single leg countermovement jump, SLHJ Single leg horizontal jump, SLWB-DF Single leg weight-bearing dorsiflexion test, COD Change of direction, CODD Change of direction deficit

performance with HJ asymmetry. The results suggest that more enormous HJ imbalances were associated with lower range of motion in ankle dorsiflexion and reduced vertical jump height. In addition, the asymmetries between ankle dorsiflexion (WB-DF), vertical jump (CMJ), horizontal jump (HJ), change of direction (COD, and CODD) rarely favored the same side, signifying the task-specific nature of asymmetry.

Table 1 shows that the metrics of inter-limb asymmetry differ depending on the test used. Therefore, female players do not all react similarly to the same asymmetry test. Literature has shown that asymmetries of > 10% may decrease jump height [37] and increase COD speed times [38]. indicating that the reduction of these differences may be favourable. The first aspect to note is that higher percentages of asymmetries were identified for the CMJ than for the HJ (5.70% vs. 2.12%). Previous studies in young female soccer players [26] or recreational team sports players [16], reinforce our results, finding 12.54% and 10.4% asymmetries in the vertical jump versus 6.79% and 3.3% in the HJ, respectively. Like the authors cited above, it is thought that the vertical jump could be more sensitive than the HJ when identifying asymmetries. One explanation for this is that the movement patterns related to HJ are practised from an earlier age than those of vertical jumping [26]. In our study, the sample is composed of highly trained female soccer players, and this level of training could explain why the percentages of asymmetry in both jump tests are lower than in the other two studies cited. This is confirmed when we observe a ratio of asymmetries in the studies with adult female elite soccer players of 8.65% [39] or 7.9% in elite male players [40]. This could also explain the mean values found for the percentage of asymmetry of the ROM, which are lower (3.65%)

than those obtained in studies such as that of Madruga-Parera et al. (5.88%) [41]. The CODD follows this same trend, as our data show somewhat lower asymmetries (10.9% ± 8.04) than those found in pre-season female soccer players (24%) [42] and young players [43]. Finally, the data obtained for COD asymmetry (2.99%) are very similar to those found in other studies of adult female soccer players (2.39%) [39] or young players [43]. Further research is needed to confirm these theories regardless of the results obtained.

In Table 1, we can also observe good to excellent reliability (ICC: 0.83 to 0.99) and acceptable variability (CV ≤ 7.9%), indicating that the data can be interpreted with confidence for further analysis [44]. Again, the level of the players in our sample and their physical preparation could explain this acceptable level of variability, and the reliability obtained. Haugen et al. [45] reported a CV of 3.26% for bilateral CMJ using a force platform and a CV from 1.82% to 3.30% in 40 m linear sprints measured each 10 m. In other studies such as that of Bishop et al. [17], the CV for unilateral CMJ is 2.82% and 3.51% (right and left leg, respectively), and for HJ from 3.94% to 4.18% (right and left leg, respectively). In our case, for these tests, we obtained a CV ranging from 1.7% to 2.4% for the unilateral CMJ (right and left leg, respectively), from 2.1% to 1.9% for the unilateral SH (right and left leg, respectively), and from 1.9% to 4% for the 40 m linear sprint (measured every 10 m). In the Madruga-Parera et al. [41] study, a CV of 1.70% and 1.94% was obtained for the Ankle Dorsiflexion test and 2.88% and 2.05% for the COD test (right and left leg, respectively), results very similar to those obtained in the present study. Finally, regarding the CODD, we received a CV of 7.9% for the right leg and 7.3% for the left leg. Previous studies show results that do not differ much from those found in the present investigation (female cricketers: 8.6% for both legs; female netball players: 4.9% left leg and 6% right leg; female soccer players: 12.7% left leg and 6.6% right leg) [42]. We believe that our sample's training and fitness level again explains the similar CV for both legs. Exell et al. [46] suggest that asymmetries can only be natural if the differences between the limbs are more significant than the variability during the test protocols. In the present study, all CV values fulfilled this criterion. Therefore, all observed differences can be considered accurate. In addition, previous studies recommend performing several measurements, calculating test variability and searching for lower CV values (acceptable < 10% or CV < 5% in unilateral jump tests), in the process of continuous monitoring of professional players [39, 47], which the authors of the present article also recommend.

Table 2 shows the Pearson correlations between the limb asymmetry scores and the measurements

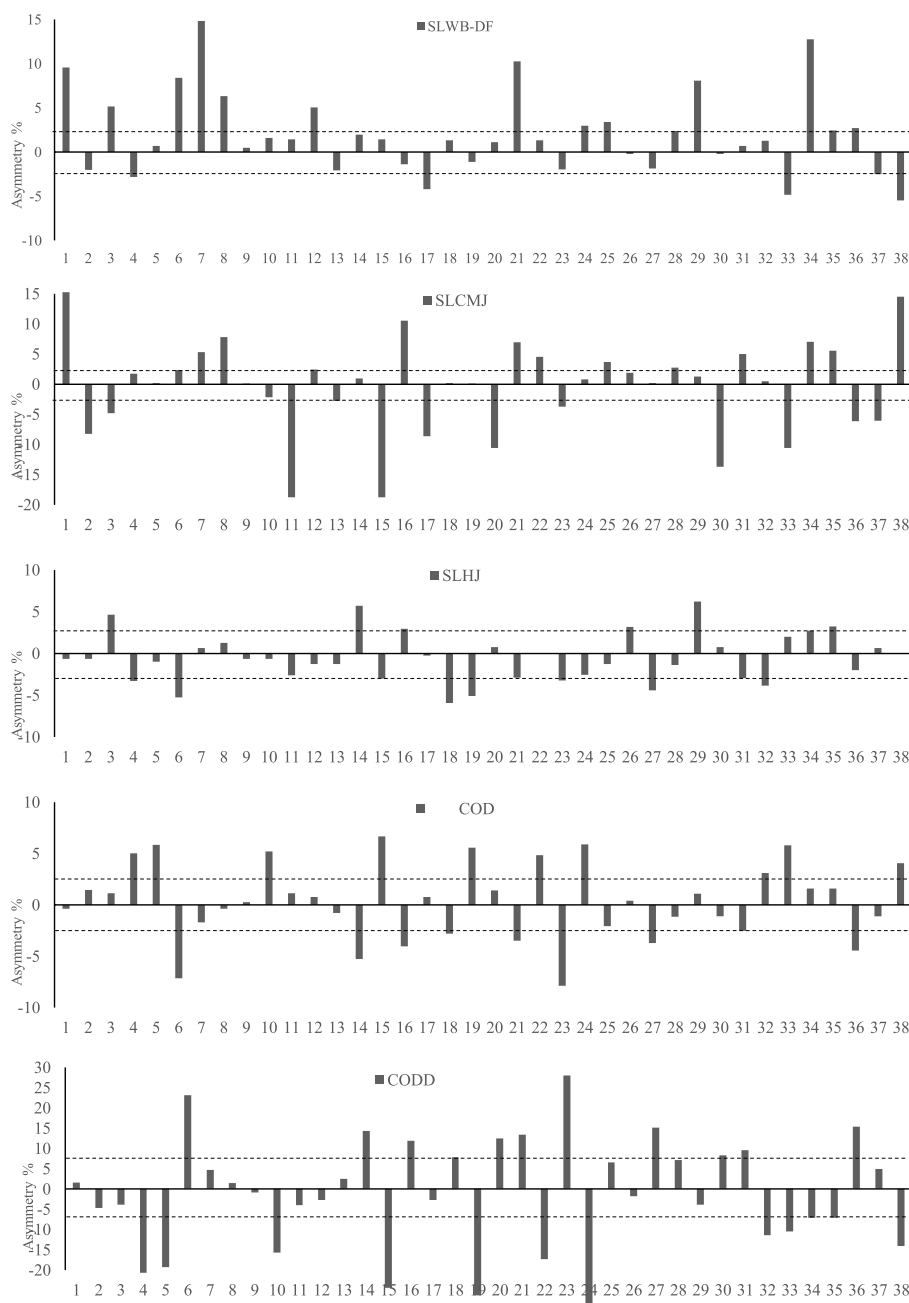


Fig. 1 Individual asymmetry data for all performance tests (above 0 indicates right leg dominance and below 0 indicates left leg dominance) SLCMJ: Single leg countermovement jump; SLHJ: Single leg horizontal jump; 180° COD: 5 + 5 sprint test with a 180°; SLWB-DF: Single leg weight-bearing dorsiflexion test; CODD: Change of direction deficit

performed (unilateral WB-DF, unilateral CMJ, unilateral HJ, Linear speed 40 m measured every 10 m, COD and CODD). One of the main findings in the present study is the significant relationship between SH asymmetry and decreased performance in the CMJ right ($r=-0.36$), CMJ left ($r=-0.49$), HJ right ($r=-0.56$), WB-DF right ($r=-0.41$) and WB-DF left ($r=-0.41$). Recent publications

report that unilateral jumping performance factors (including asymmetries) are direction-specific and affect the performance of the weaker leg [26]. This assumption would partially explain the results obtained in the present work for HJ, but it does not hold for the vertical jump since the asymmetries in CMJ were not correlated with decreased unilateral jumping and cutting performance.

To our knowledge, few research have associated asymmetries between horizontal and vertical jumps. Significant correlations have been found between the percentage of asymmetry in the vertical and the HJ ($r = -0.489$; $p < 0.05$) [48]. Regarding the significant relationship between HJ asymmetry and decreased ankle dorsiflexion mobility ($r = -0.41$, both for right and left leg), we have also not found any previous research that has associated such asymmetries. However, Barrera-Domínguez et al. [49], indicate that a more significant asymmetry in dynamic balance as measured by the Y-Balance Test is associated with a lower ankle ROM and a decrease in performance in both horizontal and vertical jumping. We think all these results may be because this type of jump (e.g., HJ) is not trained as much within the specific physical preparation of female soccer players or they are not so decisive in competitive actions.

A significant relationship was also found between ankle ROM asymmetry and performance in the CMJ right ($r = -0.36$) or linear velocity measured in the first 10 m ($r = 0.37$). The study by Godinho et al. [50], shows a positive correlation between jumping ability (e.g., CMJ) and higher ankle ROM. This study also establishes a relationship between ankle dorsiflexion and dynamic balance in athletes. This aspect supports the systematic review carried out by Mesfar et al. [51], which indicates that there may be a specific association between the asymmetries of this dynamic balance and jumping performance and, on the other hand, the range of movement of the ankle and the COD tests in that involving a 180° turn. Other studies have also confirmed this, which have found significant relationships between ankle ROM and improved dynamic balance or lower body motor skills [52, 53]. About linear velocity, some studies establish a positive relationship between adequate ankle ROM and improved linear speed or centre of mass acceleration in adult sprinters [54, 55]. This provides evidence that adequate ankle dorsiflexion may be related to improved performance in the unilateral CMJ, the COD and the first few metres of the linear sprint. However, we have found little literature associated with the study of ankle ROM and performance, especially in women's soccer, and more research is needed to confirm these findings.

Finally, CODD asymmetry was significantly related to decreased HJL performance ($r = -0.46$). The literature that has analysed CODD asymmetry associated with different types of jumps is very scarce, and, in most cases, bilateral hops have been used. For example, Bishop et al. [56] analysed the % asymmetry in the CODD and compared it with different bilateral jumps (squat jump, CMJ, and drop squat). No significant relationships were obtained, but it was observed that the greater the asymmetry in the CODD, the lower the performance in the different jumps.

The most similar results to those observed in the present study have been found in a recent study [57], which has negatively associated the CODD with the jump height of the right leg ($r = -0.59$) and the concentric impulse of the same leg ($r = -0.60$). Our results would reinforce the idea of those obtained in this research and could support the concept that greater competence in the unilateral jump means better performance in the CODs. In addition, greater concentric strength could also improve this performance, as the ability to apply this type of force is decisive during the turning phase of the 505 tests.

No significant associations were found between CMJ, COD asymmetries, and the fitness mentioned above tests. These data are consistent with those presented by Lockie et al. [16] and Dos'Santos et al. [58], in which no associations were observed between CMJ asymmetry and jumping tests or time reduction in the COD (i.e., 505) in male collegiate athletes. Nor did Azahara et al. [5], find significant associations between CMJ asymmetry and total time during the agility (V-Cut) test in young male and female athletes playing team sports. The same study found significant relationships between CMJ asymmetry and 30 m linear velocity, which disagrees with our results. However, the magnitude of this relationship was small ($r = 0.26$; $p < 0.05$). Regarding adult female soccer players, Bishop et al. [39] found no correlation between vertical jump asymmetry (CMJ), 30 m linear velocity (measured at 0 m, 10 m and 30 m) and COD (505) performance. This is similar to the results shown in the study by Loturco et al. [59], in which they found no association between vertical jump asymmetries and linear velocity (30 m sprint measured every 5, 10, 20, and 30 m) and COD (zig-zag test) in adult elite female soccer players. The lack of association of vertical jump and COD asymmetries with soccer-specific performance tests in the present study may be related to the players' high level of general and specific training on this type of action [60]. In addition, a large part of the competitive actions in soccer is related to these vertical jumps or COD, which could minimise the effects of asymmetries on performance [6, 7].

Kappa coefficients were used to assess the direction of the asymmetry. Through this test, it can be observed whether the asymmetry favours one limb or the other. The results in Table 3 show fair levels of agreement between the WB-DF test and the same leg CMJ (0.29) and slight levels of agreement between the unilateral CMJ and the same-leg HJ (0.11). In addition, the one-leg CODD also showed a slight level of agreement with the same leg HJ (0.10), CMJ (0.02) and WB-DF (0.02). The rest of the test comparison shows poor levels (-0.87 to -0.13), indicating that the relationship favours the opposite leg. The individual differences between limbs are illustrated in Fig. 1, representing the magnitude and direction of the

asymmetries. Bishop [61] also suggested that the guide of the asymmetry and its importance could help to understand which limb performed better, as an absolute positive value of the asymmetry would not allow identification of the asymmetry. All of the above suggests that differences between limbs do not favour the same leg in different tests. Based on these results and previous research, the detection of asymmetries in adult female soccer players should be performed individually and using a single test for their evaluation is not recommended [6, 62].

A possible limitation of the present study is that the sample was not divided by playing position due to the small number of players. Other studies, with larger samples, divide the players by playing positions to analyse their differences [6, 62, 63]. Secondly, the Y-balance test asymmetries have been shown to be negatively correlated with CMJ height [64]. Therefore, this dynamic balance test could be included in future studies. Given that the push-off process for a COD and HJ are similar, this type of vertical jump could be added in future research because it may be more sensitive to COD performance. In addition, data cannot be extrapolated to other populations such as men's soccer, amateur level or other team sports. Despite these considerations, the present work provides relevant data on lower limb asymmetries in certain performance variables in female soccer players.

Conclusions

The present study analysed lower limb asymmetries regarding mobility, jumping and cutting in highly trained female soccer players. In summary, the asymmetries found were greater in the vertical jump and 180° COD tests. However, the asymmetries in the HJ showed the greatest agreement with the reduction in mobility, jump and COD performance. Knowing the relationships between asymmetries and performance can help coaches customize training plans for specific on-field improvements. However, the direction of asymmetry appears highly variable among female soccer players, therefore, practitioners should consider individualized analysis and including different asymmetry tests when planning an intervention program.

Abbreviations

COD	Change of direction
HJ	Horizontal jump
CMJ	Countermovement jump
CV	Coefficient of variation
ICC	Intraclass coefficient correlation
WB-DF	Ankle weight bearing dorsiflexion
ROM	Range of motion
SLROM	Single leg range of motion
SLCMJ	Single leg countermovement jump
SLHJ	Single leg horizontal jump
SLWB-DF	Single leg weight-bearing dorsiflexion test

Acknowledgements

The authors acknowledge all the participants involved in the study.

Authors' contributions

HN, CB, ACL, DL, ARM and EMP have given substantial contributions to the conception or the design of the manuscript, authors HN, ARM, and EMP to acquisition, analysis and interpretation of the data. Authors ACL, DL, and ACL have participated in drafting the manuscript, and authors HN, EMP, and CB revised it critically. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Funding

No sources of funding were used to assist in the preparation of this article.

Availability data and materials

The data presented in this study are available on reasonable request from the corresponding author. The data are not publicly available due to privacy reasons.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

After receiving information on the objectives and procedures of the study, participants and presents signed an informed consent form, this study complied with the ethical standards of the World Medical Association's Declaration of Helsinki (2013). The study was approved by the Clinical Research Ethics Committee of the Government of Aragon (PI21/011, CEICA, Spain). Written informed consent was obtained from the participants. Moreover, all participants were fully informed of the protocol's potential risks and benefits.

Consent for publication

N/A.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Received: 10 January 2023 Accepted: 3 July 2023

Published online: 08 July 2023

References

1. FIFA. Women's football member associations survey report 2019. <https://digitalhub.fifa.com/m/231330ded0bf3120/original/nq3ensohyxpuxovcovj0-pdf.pdf>.
2. Webb T, Gorczynski P, Oftadeh-Moghadam S, Grubb L. Experience and Construction of Mental Health Among English Female Football Match Officials. *Sport Psychol.* 2021;35(1):1–10.
3. Datson N, Drust B, Weston M, Jarman IH, Lisboa PJ, Gregson W. Match Physical Performance of Elite Female Soccer Players During International Competition. *J Strength Cond Res.* 2017;31(9):2379–87.
4. Datson N, Hulton A, Andersson H, Lewis T, Weston M, Drust B, Gregson W. Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Med.* 2014;44(9):1225–40.
5. Fort-Vanmeerhaeghe A, Bishop C, Busca B, Aguilera-Castells J, Vicens-Bordas J, Gonzalo-Skok O. Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. *PLoS ONE.* 2020;15(3): e0229440.
6. Bishop C, Pereira LA, Reis VP, Read P, Turner AN, Loturco I. Comparing the magnitude and direction of asymmetry during the squat, countermovement and drop jump tests in elite youth female soccer players. *J Sports Sci.* 2020;38(11–12):1296–303.
7. Bishop C, Turner A, Maloney S, Lake J, Loturco I, Bromley T, Read P. Drop Jump Asymmetry is Associated with Reduced Sprint and Change-of-Direction Speed Performance in Adult Female Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland).* 2019;7(1):29.
8. Sato K, Heise GD. Influence of weight distribution asymmetry on the biomechanics of a barbell back squat. *J Strength Cond Res.* 2012;26(2):342–9.

9. Costa-Silva JRL, Detanico D, Pupo JD, De la Rocha-Freitas C. Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer players u 20 category. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*. 2015;17:195–204.
10. Coratella G, Beato M, Schena F. Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer-players. *Hum Mov Sci*. 2018;59:81–7.
11. Brady C, Harrison A, Flanagan E, Haff G, Comyns T. A Comparison of the Isometric Mid-Thigh Pull and Isometric Squat: Intraday Reliability, Usefulness and the Magnitude of Difference Between Tests. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;13:1–25.
12. Dos'Santos T, Jones PA, Comfort P, Thomas C. Effect of Different Onset Thresholds on Isometric Midhigh Pull Force-Time Variables. *J Strength Cond Res*. 2017;31(12):3463–73.
13. Bishop C, Turner A, Jarvis P, Chavda S, Read PJ. Considerations for Selecting Field-Based Strength and Power Fitness Tests to Measure Asymmetries. *J Strength Cond Res*. 2017;31(9):2635–44.
14. Loturco I, Pereira L, Kobal R, Abad C, Fernandes V, Ramirez-Campillo R, Suohomel T. Portable Force Plates: A Viable and Practical Alternative to Rapidly and Accurately Monitor Elite Sprint Performance. *Sports*. 2018;6(3):61.
15. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Asymmetries in Isometric Force-Time Characteristics Are Not Detrimental to Change of Direction Speed. *J Strength Cond Res*. 2018;32(2):520–7.
16. Lockie RG, Callaghan SJ, Berry SP, Cooke ER, Jordan CA, Luczo TM, Jeffriess MD. Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;28(12):3557–66.
17. Bishop C, Read P, McCubbine J, Turner A. Vertical and Horizontal Asymmetries are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2018;35(1):56–63.
18. Wahlstedt C, Rasmussen-Barr E. Anterior cruciate ligament injury and ankle dorsiflexion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(11):3202–7.
19. Hassan KA, Youssef RSE-E, Mahmoud NF, Eltagy H, El-Desouky MA. The relationship between ankle dorsiflexion range of motion, frontal plane projection angle, and patellofemoral pain syndrome. *Foot Ankle Surg*. 2022;28(8):1427–432.
20. Rabin A, Kozol Z, Finestone AS. Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: a prospective cohort study. *J Foot Ankle Res*. 2014;7(1):48.
21. Halperin I, Aboodarda SJ, Button DC, Andersen LL, Behm DG. Roller massager improves range of motion of plantar flexor muscles without subsequent decreases in force parameters. *Int J Sports Phys Ther*. 2014;9(1):92–102.
22. Pardos-Mainer E, Bishop C, Gonzalo-Skok O, Nobari H, Pérez-Gómez J, Lozano D. Associations between Inter-Limb Asymmetries in Jump and Change of Direction Speed Tests and Physical Performance in Adolescent Female Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3474.
23. Maloney SJ. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. *J Strength Cond Res*. 2019;33(9):2579–93.
24. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *J Sports Sci*. 2018;36(10):1135–44.
25. Bishop C, Turner A, Maloney S, Lake J, Loturco I, Bromley T, Read P. Drop Jump Asymmetry is Associated with Reduced Sprint and Change-of-Direction Speed Performance in Adult Female Soccer Players. *Sports*. 2019;7(1):29.
26. Bishop C, Read P, McCubbine J, Turner A. Vertical and Horizontal Asymmetries Are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2021;35(1):56–63.
27. Jeffreys I. Warm up revisited—the “RAMP” method of optimising performance preparation. *UK Strength and Conditioning Association*. 2007;6:15–9.
28. 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(3):199–207.
29. Mainer-Pardos E, Gonzalo-Skok O, Nobari H, Lozano D, Pérez-Gómez J. Age-related differences in linear sprint in adolescent female soccer players. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2021;13(1):97.
30. Shepard J, Dawes J, Jeffreys I, Spiteri T, Nimphius S. Broadening the view of agility: a scientific review of the literature. *J Aust Strength Cond*. 2014;22:6–30.
31. Pereira LA, Nimphius S, Kobal R, Kitamura K, Turisco LAL, Orsi RC, Cal Abad CC, Loturco I. Relationship Between Change of Direction, Speed, and Power in Male and Female National Olympic Team Handball Athletes. *J Strength Cond Res*. 2018;32(10):2987–94.
32. Nimphius S, Callaghan SJ, Spiteri T, Lockie RG. Change of Direction Deficit: A More Isolated Measure of Change of Direction Performance Than Total 505 Time. *J Strength Cond Res*. 2016;30(11):3024–32.
33. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2):155–63.
34. Bishop C, Lake J, Loturco I, Papadopoulos K, Turner A, Read P. Interlimb asymmetries: the need for an individual approach to data analysis. *J Strength Cond Res*. 2018;35(3):695–701.
35. Viera AJ, Garrett JM. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med*. 2005;37(5):360–3.
36. Bishop C, Read P, Lake J, Chavda S, Turner A. Inter-Limb Asymmetries: Understanding how to Calculate Differences From Bilateral and Unilateral Tests. *Strength Cond J*. 2018;40(4):1–6.
37. Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, Heiderscheid BC. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;28(4):884–91.
38. Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M, Faigenbaum AD, Kang J. Do Bilateral Power Deficits Influence Direction-Specific Movement Patterns? *Res Sports Med*. 2007;15(2):125–32.
39. Bishop C, Turner A, Maloney S, Lake J, Loturco I, Bromley T, Read P. Drop Jump Asymmetry is Associated with Reduced Sprint and Change-of-Direction Speed Performance in Adult Female Soccer Players. *Sports*. 2019;7(1):29.
40. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Komatsu W, Cunha R, Arliani G, Eijnisman B, Pochini AC, Nakamura FY, et al. Functional Screening Tests: Interrelationships and Ability to Predict Vertical Jump Performance. *Int J Sports Med*. 2018;39(3):189–97.
41. Madruga M, Dos'Santos T, Bishop C, Turner A, Blanco D, Beltrán-Garrido JV, Perez V, Romero-Rodríguez D. Assessing Inter-Limb Asymmetries in Soccer Players: Magnitude, Direction and Association with Performance. *J Hum Kinet*. 2021;79:41–53.
42. Dos'Santos T, Thomas C, Comfort P, Jones PA. Comparison of Change of Direction Speed Performance and Asymmetries between Team-Sport Athletes: Application of Change of Direction Deficit. *Sports*. 2018;6(4):174.
43. Clemente FM, González-Fernández FT, García-Delgado G, et al. Leg dominance and performance in change of directions tests in young soccer players. *Sci Rep*. 2022;12:12900.
44. Turner A, Brazier J, Bishop C, Chavda S, Cree J, Read P. Data Analysis for Strength and Conditioning Coaches: Using Excel to Analyze Reliability, Differences, and Relationships. *Strength & Conditioning Journal*. 2015;37(1):76–83.
45. Haugen TA, Tønnessen E, Seiler S. Speed and countermovement-jump characteristics of elite female soccer players, 1995–2010. *Int J Sports Physiol Perform*. 2012;7(4):340–9.
46. Exell TA, Irwin G, Gittos MJ, Kerwin DG. Implications of intra-limb variability on asymmetry analyses. *J Sports Sci*. 2012;30(4):403–9.
47. Cormack SJ, Newton RU, McGuigan MR, Doyle TL. Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;3(2):131–44.
48. Torreblanca Martínez V, Torreblanca Martínez S, Salazar-Martínez E. Effects of inter-limb vertical jump asymmetries on physical performance in elite soccer players under 19 years old. *J Phys Educ Sport*. 2020;20:2067–613.
49. Barrera-Domínguez FJ, Carmona-Gómez A, Tornero-Quiñones I, Sáez-Padilla J, Sierra-Robles Á, Molina-López J. Influence of Dynamic Balance on Jumping-Based Asymmetries in Team Sport: A between-Sports Comparison in Basketball and Handball Athletes. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(4):1866.
50. Godinho I, Pinheiro B, Junior L, Chaves G, Cavalcante J, Monteiro G, Uchôa P. Effect of Reduced Ankle Mobility on Jumping Performance in Young Athletes. *Motricidade*. 2019;15(2–3):46–51.
51. Mesfar A, Hammami R, Selmi W, Gaied-Chortane S, Duncan M, Bowman TG, Nobari H, van den Tillaar R. Effects of 8-Week In-Season Contrast Strength Training Program on Measures of Athletic Performance and

- Lower-Limb Asymmetry in Male Youth Volleyball Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(11):6547.
52. Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Phys Ther Sport*. 2018;34:174–9.
 53. Hoch MC, McKeon PO. Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Man Ther*. 2011;16(5):516–9.
 54. Inal S, Erbuğ B, Kotzamanidis C. Sprinting, isokinetic strength, and range of motion of ankle joints in Turkish male and female national sprinters may have a relationship. *Turkish J Med Sci*. 2012;42(6):1098–104.
 55. Debaere S, Delecluse C, Aerenhouts D, Hagman F, Jonkers I. Control of propulsion and body lift during the first two stances of sprint running: a simulation study. *J Sports Sci*. 2015;33(19):2016–24.
 56. Bishop C, Clarke R, Freitas T, Arruda A, Guerriero A, Ramos M, Pereira L, Loturco I. Change-of-Direction Deficit vs. Deceleration Deficit: A Comparison of Limb Dominance and Inter-limb Asymmetry between Forwards and Backs in Elite Male Rugby Union Players. *J Sports Sci*. 2020;39(10):1088–1095.
 57. Bishop C, Berney J, Lake J, Loturco I, Blagrove R, Turner A, Read P. Bilateral Deficit During Jumping Tasks: Relationship With Speed and Change of Direction Speed Performance. 2021;35(7):1833–40.
 58. Dos'Santos T, Thomas C, Jones P, Comfort P. Asymmetries in single and triple hop are not detrimental to change of direction speed. *J Trainol*. 2017;6:35–41.
 59. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Rosseti M, Carpes FP, Bishop C. Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biol Sport*. 2019;36(3):209–16.
 60. Pardos-Mainer E, Casajus J, Julian C, Bishop C, Gonzalo-Skok O. Determining the reliability and usability of change of direction speed tests in adolescent female soccer players: A systematic review. *J Sports Med Phys Fitness*. 2020;60(5):720–32.
 61. Bishop C. Interlimb Asymmetries: Are Thresholds a Usable Concept? *Strength Cond J*. 2021;43(1):32–6.
 62. Bishop C, Lake J, Loturco I, Papadopoulos K, Turner A, Read P. Interlimb Asymmetries: The Need for an Individual Approach to Data Analysis. *J Strength Cond Res*. 2021;35(3):695–701.
 63. Hammami R, Nobari H, Hanen W, Gene-Morales J, Rebai H, Colado JC, Ardigò LP. Exploring of two different equated instability resistance training programs on measure of physical fitness and lower limb asymmetry in pre-pubertal weightlifters. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2023;15(1):40.
 64. Gonzalo-Skok O, Serna J, Rhea MR, Marin PJ. Relationships between Functional Movement Tests and Performance Tests in Young Elite Male Basketball Players. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10(5):628–38.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



Capítulo 5.

Resumen de resultados

5. RESUMEN DE RESULTADOS

En este apartado se van a presentar de forma resumida los principales hallazgos encontrados en los cuatro artículos presentados en el apartado anterior (tabla 2). Dichos artículos se han incluido en el apartado previo en el orden temporal de su publicación y, en todos ellos, se presentan con mayor detalle los resultados obtenidos.

Tabla 2. Resumen de resultados principales que se han obtenido en los artículos que conforman la tesis doctoral.

Estudio	Resultados
<p><i>1. Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Performance in Female Soccer Players: a Systematic Review and Meta-Analysis</i></p>	<p>Los principales resultados de este metaanálisis indican que el EP puede utilizarse en lugar del EF para la mejora del salto vertical, la velocidad lineal y el CD en futbolistas femeninas. Esto tiene importantes implicaciones para los responsables técnicos de los equipos (entrenadores, preparadores físicos, etc.), ya que significa que las jugadoras podrían trabajar simultáneamente las cualidades de salto vertical, velocidad lineal, CD y las habilidades técnicas, lo que supone un enfoque más eficaz para mejorar el rendimiento.</p>
<p><i>2. Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players</i></p>	<p>Los principales hallazgos del presente trabajo fueron que 10 semanas de ENM redujeron significativamente la masa corporal (-0,34%, $g = -0,04$), la masa grasa (-1,94%, $g = -0,10$) y la $\Sigma 6S$ (-1,79%, $g = -0,09$) en comparación con el GC (0,05%, $g = 0,01$, 0,52%, $g = 0,02$ y 0,4%, $g = 0,01$, respectivamente). GE y GC se ejercitaron por igual, y no se observó una diferencia de intensidad de trabajo significativa entre los grupos. Además, la masa muscular esquelética corporal y la masa corporal magra aumentaron en el GE (masa muscular esquelética corporal: 1,10%, $g = 0,23$; masa corporal magra: 1,53%, $g = 0,45$) y disminuyeron ligeramente en el GC (masa muscular esquelética corporal: -0,10%, $p = 0,3$; masa corporal magra: -0,10%, $g = 0,02$, respectivamente). Estos resultados sugieren que la intervención tuvo un impacto positivo en la BC de las jugadoras.</p>

Estudio	Resultados
<i>3. Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer</i>	Los principales resultados fueron que no hubo interacciones significativas entre el grupo y el tiempo en las pruebas ROM y de porcentaje de asimetría. Sin embargo, se observaron interacciones significativas de grupo por tiempo en las pruebas CMJ, SH, 10m, 20m, 30m, 40m y CD. El GE mostró un aumento significativo en SH (0,55%) en comparación con el GC (-0,07%). Además, el GE también mostró un aumento significativo en 40m (-3,01%) en comparación con el GC (0,68%). Estos resultados sugieren que la intervención tuvo un impacto positivo en la mejora de la potencia y velocidad de la parte inferior del cuerpo en el GE.
<i>4. Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players</i>	Los resultados mostraron correlaciones significativas entre el ROM de la dorsiflexión del tobillo y el rendimiento del salto vertical con la asimetría del SH. Los resultados sugieren que los desequilibrios SH más importantes se asociaron con un menor ROM en la dorsiflexión del tobillo y una menor altura de salto vertical. Además, las asimetrías entre la dorsiflexión del tobillo, el CMJ, el SH y el CD rara vez favorecían al mismo lado, lo que indica la naturaleza específica de la tarea de la asimetría.

Capítulo 6.

Discusión general

6. DISCUSIÓN GENERAL

6.1. *Diseño del programa de ENM.*

En el transcurso de esta tesis doctoral, se ha realizado una revisión y análisis de la literatura científica relacionada con los programas de entrenamiento orientados a la mejora del rendimiento y/o la BC de futbolistas femeninas altamente entrenadas. Esta revisión nos ha permitido diseñar un programa de ENM que, posteriormente, se ha aplicado y evaluado. Para dicha evaluación, se han seleccionado aquellas pruebas que permitieran medir de forma fiable los cambios producidos en las jugadoras, tanto en su rendimiento como en su BC.

En la primera revisión bibliográfica (estudio 1), destinada a la búsqueda previa de información que nos permitiera diseñar el programa de entrenamiento más adecuado para cumplir nuestros objetivos (mejora del rendimiento y la BC), se observó que algunas investigaciones habían realizado diferentes programas de intervención, como el ENM, el EP, EF o el entrenamiento de potencia (101, 140, 227, 228). Sin embargo, existen discrepancias sobre cuáles son los ejercicios que deben contener estas intervenciones para mejorar el rendimiento y la BC de las futbolistas debido a la falta de estudios.

A pesar de estas discrepancias, se planteó que el programa a diseñar debía combinar diferentes tipos de trabajo y, dentro de las dudas a la hora de seleccionar los ejercicios, inicialmente se decidió comparar el efecto del EP vs. EF aplicado en futbolistas femeninas en algunas pruebas de rendimiento (salto vertical, esprint lineal y CD) (ver estudio 1). Se han publicado varias revisiones y metaanálisis relacionados con programas de EP en fútbol. Estos programas constituyen una solución de entrenamiento eficaz para mejorar diferentes habilidades relacionadas con la potencia. Si bien, esta evidencia no ha sido aclarada en jugadoras de fútbol, aunque ha aumentado el valor científico del EP en relación con la mejora de la condición física (101, 244, 245). Por otro lado, un programa de EF puede contribuir a mejorar el rendimiento del salto vertical, la aceleración, la fuerza del miembro inferior, la potencia muscular y la propiocepción general (253). A pesar de que se han publicado investigaciones relacionadas con programas de EF en diferentes poblaciones y deportes (113, 254, 255, 276), faltan estudios con propuestas de intervención del EF en relación con la condición física en jugadoras de fútbol (140). Sumado a lo anterior, la mejoría provocada por EF plantea ciertas dudas, ya que los investigadores no se ponen de acuerdo sobre qué dosis y/o ejercicios son los

recomendados para mejorar la fuerza de las extremidades inferiores. Por todo ello, es necesaria la investigación para proporcionar a entrenadores y profesionales más herramientas a la hora de aplicar EP o EF en futbolistas.

En nuestro metaanálisis (estudio 1), observamos que el EP proporciona mayores beneficios que el EF en la mejora del rendimiento en salto vertical de las futbolistas. La magnitud de las mejoras se consideró trivial para el EF ($TE = 0,13$) y moderada para el EP ($TE = 0,81$). Sin embargo, las diferencias observadas entre los grupos no fueron significativas. Por lo tanto, no se puede afirmar de forma concluyente cuál de los dos programas es más efectivo en la mejora del rendimiento del salto vertical en jugadoras de fútbol.

Otras revisiones y metaanálisis apoyan que el EP es un entrenamiento efectivo para la mejora del rendimiento del salto vertical en atletas femeninas (143, 277, 278). Por el contrario, según lo observado en nuestro análisis bibliográfico (estudio 1), no se ha realizado ninguna revisión sobre los efectos de EF en el rendimiento del salto vertical en esta población. La razón principal es que se dispone de menos investigaciones al respecto y, por lo tanto, se necesitan más estudios. Sumado a lo anterior, si observamos los diferentes ejercicios utilizados en los EF presentados en el estudio 1 de la presente tesis doctoral, existe poca semejanza entre los ejercicios realizados y la prueba de rendimiento de salto vertical evaluada en ellos. Esto puede ser debido a que estos ejercicios se realizaban generalmente a velocidades lentas, mientras que la prueba CMJ incluía componentes de alta velocidad.

Los ejercicios pliométricos representan una parte natural del movimiento deportivo principalmente porque implican saltar (279, 280). Ozbar et al. (281) y Sedano-Campo et al. (143) descubrieron que el EP ejercía un gran efecto y Rubley et al. (282) un efecto moderado sobre el rendimiento en salto vertical, mientras que el resto de los estudios sobre EP analizados en nuestro primer artículo sólo dieron como resultado un pequeño efecto (239, 240, 283, 284). Estos resultados están en consonancia con los resultados de un metaanálisis que mostró que el EP aumenta el rendimiento del salto vertical de las atletas femeninas (285). Es importante resaltar que, las diferencias de magnitud en el rendimiento del salto vertical en jugadoras de fútbol después de la aplicación de un programa de EF o EP pueden deberse a la diversidad de los programas de entrenamiento (por ejemplo: frecuencia, duración, tiempo total y número total de sesiones).

Los análisis de aquellos parámetros relacionados con la programación del entrenamiento revelaron que las intervenciones de EF eran más eficaces en estudios de mayor duración (8 semanas o más), mayor frecuencia de entrenamiento (2 sesiones o más por semana), mayor número de sesiones de entrenamiento (16 o más) y mayor duración de las sesiones (30 minutos o más) para mejorar el rendimiento en salto vertical. Sin embargo, sólo 4 estudios (101, 123, 227, 278) proporcionaron datos, pero debido a la similitud de los parámetros de programación utilizados en estos estudios, pensamos que deberían llevarse a cabo más investigaciones. Sería interesante utilizar diferentes duraciones, número de sesiones y tiempos de sesión, para poder establecer una recomendación más sólida de estos parámetros. Por otro lado, con relación a la programación de las intervenciones de EP, mostraron que una mayor duración (8 semanas o más), menor frecuencia de entrenamiento (menos de 2 sesiones por semana), mayor número de sesiones de entrenamiento (16 o más) y mayor duración de las sesiones (30 minutos o más), podrían mejorar la eficacia del rendimiento del salto vertical, aunque no hay indicios de que estos factores sean necesariamente sinérgicos cuando se combinan. El dato más llamativo es la frecuencia de los programas EP, las intervenciones con menos de 2 sesiones por semana (239, 281, 282), produjeron un efecto moderado ($TE = 1,00$), mientras que las de 2 o más sesiones por semana (239, 240, 283, 284), también produjeron un efecto moderado pero menor ($TE = 0,62$). Por tanto, estos valores deben interpretarse con cautela.

Con relación al esprint lineal, el estudio 1 de esta Tesis Doctoral, revela que el EP muestra mayores beneficios en la mejora del tiempo del esprint lineal en jugadoras de fútbol que el EF (el TE para el EP fue de $-1,12$). Sin embargo, estos resultados deben interpretarse de forma conservadora. En este sentido, Pardos-Mainer et al. (227) demostraron un gran efecto ($TE = -1,17$) en el rendimiento de esprint lineal tras un programa de EF combinado, el cual incluía también ejercicios de potencia. Resultados similares han encontrado Ozbar et al. ($TE = -1,12$) después de la aplicación de un EP (281). Gracias a algunas investigaciones, sabemos que la producción de fuerza horizontal tiene una importante aplicación en el rendimiento de la aceleración del esprint (286). Tanto el EP como el EF incorporaron estímulos horizontales, y esto puede haber aumentado las posibilidades de obtener adaptaciones. Por lo tanto, estos resultados destacan la importancia de desarrollar tanto la fuerza como la potencia de la parte inferior

del cuerpo, lo que puede mejorar el rendimiento del esprint lineal en las jugadoras de fútbol.

Analizando la programación del EF y su eficacia en el esprint lineal, aquellas intervenciones con una mayor duración (8 semanas o más), una mayor frecuencia de entrenamiento (2 sesiones o más por semana), un menor número de sesiones de entrenamiento (16 o menos) y una mayor duración de las sesiones (30 minutos o más), podrían mejorar la eficacia del rendimiento de la velocidad lineal. Sin embargo, estos resultados no están claros, ya que podrían deberse al número relativamente bajo de estudios en este campo (240, 283). Por otro lado, las características de los programas de EP con duraciones menores (menos de 8 semanas), frecuencias de entrenamiento menores (2 sesiones por semana o menos), menos sesiones de entrenamiento (16 o menos) y tiempos de sesión menores (menos de 30 minutos), podrían mejorar la eficacia del rendimiento en esprint lineal. Entendiendo por tanto que, las características de los programas de EP con dosis bajas pueden maximizar el rendimiento de esprint lineal, algo que también se confirma en otros metaanálisis (280).

También el estudio 1, confirma que el EP es más beneficioso para mejorar el tiempo de ejecución del CD en jugadoras de fútbol que el EF. La magnitud de las mejoras se consideró trivial para el EF ($TE = -0,03$) y grande para EP ($TE = -1,64$). Las adaptaciones neuromusculares durante las semanas iniciales en EF y/o EP son importantes y, sumadas a la mejora del reclutamiento de las unidades motoras, son mecanismos efectivos en la mejora del CD (287, 288). Las mejoras en la agilidad y el CD demandan un rápido desarrollo de la fuerza general, de la fuerza excéntrica de los músculos del miembro inferior y un rápido cambio de la acción muscular excéntrica/concéntrica en los extensores de la pierna y, parece que el EP, puede mejorar estos factores (289, 290). Es probable que los estudios de EP (239, 240, 283) mostraran un efecto de muy grande a moderado ($TE = -3,12$ a $-0,77$) porque estos programas incorporaban saltos verticales, horizontales y unilaterales que aumentaban el rendimiento CD. Sin embargo, Pardos-Mainer et al. (227) observaron un efecto moderado ($TE = -0,71$) tras la aplicación de un programa de EF combinada con ejercicios isométricos. Así pues, también la fuerza isométrica parece ser decisiva para optimizar la triple extensión durante las pruebas CD, ya que permite la correcta alineación de las extremidades inferiores para, posteriormente, volver a acelerar (291).

Analizando las intervenciones de EF y su efecto en el CD, las más eficaces tuvieron una mayor duración (8 semanas o más), mayor frecuencia de entrenamiento (2 sesiones o más por semana), menor número de sesiones de entrenamiento (16 o menos) y mayor duración de las sesiones (30 minutos o más). Mientras que las intervenciones de EP fueron más eficaces en los estudios de mayor duración (8 semanas o más), menor frecuencia de entrenamiento (menos de 2 sesiones por semana), menor número de sesiones de entrenamiento (16 o menos) y mayor duración de las sesiones (30 minutos o más). Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela debido a que no existen estudios de EF y EP que permitan observar de forma clara todos los parámetros de la programación seguida en las intervenciones. Por todo ello, a pesar de que las pruebas sugieren que el EP mejora significativamente el rendimiento CD, no podemos recomendar con firmeza las variables de entrenamiento óptimas para mejorar el rendimiento CD en las futbolistas. Por lo tanto, se sugiere que, además de analizar el tipo de entrenamiento, se observen los diferentes parámetros de la programación seguida en las intervenciones.

Atendiendo a la información obtenida tras el primer estudio de esta tesis doctoral, se decidió que el programa combinado de entrenamiento a diseñar debía basarse en una intervención múltiple, la cual combinara ejercicios de equilibrio, agilidad, fuerza, pliométricos y específicos de la modalidad deportiva y, por ello, se decide utilizar un programa de ENM (262-264). Cabe destacar que la batería aplicada en los siguientes estudios incluye ejercicios de seis categorías: 1) movilidad, 2) estabilidad dinámica, 3) fuerza de la cadena anterior, 4) control lumbopélvico, 5) fuerza de la cadena posterior, y 6) agilidad (ejercicios de CD). Ya que, estas intervenciones pueden tener efectos en la BC (267), el rendimiento (268) y las asimetrías funcionales (265).

6.2. Efectos de la aplicación del programa ENM en la composición corporal.

Una vez diseñado el programa de ENM, uno de nuestros objetivos fue analizar los efectos de este en la BC en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas (estudio 2). Así pues, tras una intervención de 10 semanas de duración se observaron mejoras significativas en la masa corporal (- 0,34%, $g = - 0,04$), la masa grasa (- 1,94%, $g = - 0,10$) y el sumatorio de 6 pliegues ($\Sigma 6S$) (- 1,79 %, $g = - 0,09$). Además, la masa magra aumentó ligeramente (1,53 %, $g = 0,45$).

Investigaciones previas en fútbol reportaron cambios en la BC después de diferentes programas de EF (252, 267, 292, 293). Sin embargo, no se ha realizado ningún estudio sobre los efectos de un programa de ENM. Podría decirse que los ejercicios de fuerza son una forma eficaz de estimular la hipertrofia muscular junto con mejoras en la BC (294). En particular, Falces et al. (295) aplicaron un programa de 16 semanas de EF con calistenia y observaron una disminución significativa de la masa corporal (TE = - 0,08) y de la masa grasa (TE = - 0,41), y un aumento significativo de la masa magra (TE = 0,17) en un grupo de futbolistas masculinos sub17. Además, Sánchez-Pérez et al. (296), estudiaron los efectos de un entrenamiento de intervalos de alta intensidad de 8 semanas (es decir, un entrenamiento “Tabata” que incluía calistenia, pliometría y habilidad CD) en una población similar, mostrando una reducción de la grasa corporal (- 1,38 %, TE = 0,42) y un aumento de la masa corporal magra (1,38 %, TE = 0,44), y Suárez-Arrones et al. (252), también encontraron diferencias en la BC (TE grasa corporal = - 0,99 ± 0,54, y TE porcentaje de masa corporal magra = 0,25 ± 0,10) de jóvenes futbolistas masculinos durante una intervención de 27 semanas de 2 sesiones por semana que incluye entrenamiento en circuito con algunos ejercicios comparables a los nuestros (es decir, excéntricos de la cadena posterior, estabilidad central y pliométricos). También Suárez-Arrones et al. (297), investigaron los cambios en la BC en jóvenes futbolistas masculinos tras un entrenamiento combinado de fútbol y EF durante 26 semanas, observando que la masa libre de grasa fue sustancialmente mayor tras la intervención (5,1% ± 1,2%)

Por el contrario, varios estudios (293, 298, 299) evaluaron programas de entrenamiento que incluían al menos una de las categorías de ejercicios del programa de ENM diseñado en la presente tesis doctoral en futbolistas adultos, sin mostrar diferencias en los cambios del porcentaje de grasa corporal (TE = - 0,10) y del porcentaje de masa libre de grasa (TE = 0,09) respectivamente, tras 8 semanas o menos de intervención. Lamentablemente, en estos trabajos no se incluyeron jugadoras de fútbol, lo que impide una comparación exacta con los datos de nuestras investigaciones.

Centrándose en el fútbol femenino, el estudio de Polman et al. (146), analizó el efecto de un programa de acondicionamiento físico de 12 semanas sobre la forma física y los parámetros antropométricos de jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas. Tras la intervención, se observaron descensos en la masa corporal (TE = - 0,24), el IMC (TE = - 0,28) y la masa grasa (TE = -0,16). Aunque el programa de ejercicios de estos autores es similar al incluido en nuestro estudio (por ejemplo, equilibrio, saltos y habilidad CD), sus

atletas mostraron mayores mejoras que las nuestras. Una posible explicación de esta pequeña discrepancia podría ser la mayor duración de su intervención y/o el mayor porcentaje de grasa corporal de sus jugadoras al inicio del estudio. Sorprendentemente, los valores medios de masa corporal y porcentaje de grasa inicial en el presente trabajo (estudio 2), están dentro de los parámetros/valores comunicados en una revisión de jugadoras de fútbol internacionales (56,8 - 64,9 kg y 14,6 - 20,1%, respectivamente) (300), mientras que los del estudio mencionado no lo estaban.

Sedano et al. (2009), publicaron uno de los primeros estudios que evaluaba los efectos de un EP de 12 semanas sobre la BC, la fuerza explosiva y la velocidad de lanzamiento de veinte jugadoras de fútbol (143). Los resultados mostraron una mejora en las variables de rendimiento, pero no cambios significativos en la BC. Sin embargo, los cambios en la fuerza muscular a través del entrenamiento pliométrico producen adaptaciones del sistema neuromuscular que van más allá de la hipertrofia muscular (301). Por lo tanto, con un EP único, cabe esperar que la BC permanezca inalterada.

Por otro lado, un estudio de Simões et al. (267) que analizó los efectos de un programa de ENM de 12 semanas sobre la BC de atletas femeninas de voleibol, mostraron un aumento de la masa corporal (TE = 0,08) y de la masa corporal magra (TE = 0,36), y una reducción de la masa grasa (TE = - 0,50). Aunque los deportes tienen diferentes requisitos metabólicos (fútbol y voleibol). En la misma dirección, el estudio de Sudha y Dharuman (292), que evaluó los efectos de un programa de entrenamiento en circuito de 12 semanas combinado con diferentes actividades neuromusculares en escolares, observó una disminución del IMC (TE = - 0,49). Estos datos, aunque procedentes de una muestra diferente, contribuyen a reforzar los resultados obtenidos en el 2º estudio de esta tesis y ponen de relieve que la evaluación de la BC está estrechamente relacionada con el rendimiento, ayudando a su vez a confirmar el efecto del entrenamiento (301, 302).

6.3. Efectos de la aplicación del programa ENM en el rendimiento deportivo.

De igual forma que se han investigado los efectos del programa de ENM sobre la BC, se analizaron sus efectos sobre el rendimiento físico y las asimetrías funcionales de las extremidades inferiores (ver estudio 3). El GE mostró un aumento significativo en el SH (0,55 %) en comparación con el GC (- 0,07 %). Además, también mostró una mejora significativa en el sprint lineal de 40m (- 3,01 %) en comparación con el GC (0,68 %).

Por otro lado, no se observaron mejoras en el resto de las variables evaluadas. Estos resultados sugieren que la intervención tuvo un impacto positivo en el rendimiento de potencia y velocidad de la parte inferior del cuerpo.

La disminución del ROM de dorsiflexión del tobillo se ha señalado como un factor de riesgo esencial para desarrollar lesiones en los miembros inferiores (303), ya que aumenta la tensión en los músculos sóleo y gastrocnemio durante la carrera (304) y aumenta el valgo dinámico de la rodilla en los aterrizajes (305). Como se ha mencionado anteriormente, los desajustes de las extremidades inferiores podrían disminuir el rendimiento en acciones clave del fútbol. La ausencia de mejoras en el ROM del tobillo en nuestra investigación (estudio 3) puede deberse a factores como: la duración e intensidad del programa de entrenamiento neuromuscular, el nivel inicial de condición física de los atletas y los ejercicios específicos utilizados en el programa. Las pruebas sobre los efectos de las intervenciones neuromusculares en la dorsiflexión del tobillo son escasas. Estudios previos como el de Noyes et al. (2013) (124) o el de Pardos-Mainer et al. (2019) (101), observaron pequeñas mejoras ($TE = \sim 0,23$ y $0,30$, respectivamente), y una revisión sistemática de sujetos con esguince de tobillo posterior (306) señaló que el estiramiento estático más los ejercicios propioceptivos y de fortalecimiento pueden ser el estímulo más eficaz. Estos estudios sugieren que puede ser necesaria una mayor duración e intensidad de los ejercicios relacionados con la movilidad incluidos dentro de los programas de entrenamiento neuromuscular para obtener mejoras significativas en el ROM en jugadoras de fútbol. Sin embargo, la eficacia de dichos programas puede depender de varios factores y se necesita más investigación para determinar la duración, intensidad y ejercicios óptimos en los programas de entrenamiento neuromuscular para mejorar el ROM en esta población.

Tal y como se ha indicado, el sprint lineal es un factor de rendimiento clave en el fútbol profesional, ya que se ha identificado como la acción que se repite con mayor frecuencia en situaciones de gol (100). Los resultados del estudio 3 sugieren que la intervención tuvo un efecto positivo en el rendimiento en sprint. Los resultados para los sprints de 10m, 20m y 30m, indican que la intervención tuvo un mayor impacto sobre estas variables en el GE en comparación con el GC. En este sentido, Noyes et al. (124) implementaron una intervención de entrenamiento comparable de 6 semanas en jugadoras de fútbol de entre 12 y 18 años, mostrando mejoras significativas ($p = 0,02$; $TE = - 0,14$) en la velocidad lineal (37 m), mientras que Pardos-Mainer et al. (101) encontraron

resultados similares ($p = 0,01$; $TE = - 1,16$) en jugadoras de fútbol en la adolescencia. A pesar de la diferencia de edad, ambos protocolos de intervención fueron muy similares al nuestro y apoyan la idea de que los programas de ENM, que incluyen ejercicios de fuerza, potencia y pliometría, pueden ser consistentes en métodos de entrenamiento con la intención de mejorar la aceleración y el rendimiento en sprints de corta distancia. En este sentido, las mejoras en la potencia de los extensores de cadera, rodilla y tobillo se han relacionado previamente con ganancias en la capacidad de sprint (307), y también es probable que la selección de ejercicios centrados en el estímulo horizontal haya aumentado las posibilidades de obtener adaptaciones relacionadas con el rendimiento en aceleración (122). Por otro lado, Vescovi et al. (308) encontraron un efecto temporal en las mejoras de velocidad, ya que las ganancias obtenidas en su estudio en la sexta semana desaparecieron en el seguimiento (semana 12), lo que subraya la importancia de mantener una dosis mínima de estímulo. Estos hallazgos tienen implicaciones para los entrenadores y atletas que buscan mejorar el rendimiento de sprint, ya que sugieren que una intervención dirigida puede ser eficaz para mejorar estos aspectos del rendimiento atlético.

Mejorar la velocidad en el CD se ha convertido en uno de los principales objetivos de los programas de preparación física en los deportes de equipo (308). Cabe destacar que una investigación reciente (309) reveló que una mayor velocidad lineal no está necesariamente relacionada con mejores resultados en las pruebas de CD. Los resultados de nuestro estudio muestran mejoras de tipo significativo en el CD con ambas piernas en comparación con el GC. Del mismo modo, una reciente revisión sistemática y metaanálisis (274) sobre los efectos de un protocolo de calentamiento neuromuscular estandarizado informó de una mejora general en las pruebas CD en jugadores de fútbol ($TE = 0,87$). Además, Panagoulis et al. (2020), realizaron una intervención de EF neuromuscular durante la temporada observando una mejora del rendimiento del CD después de sólo 8 semanas (310). Resultados similares fueron reportados por Pardos-Mainer et al. (2020) después de que la combinación de EF dinámica e isométrica mostrara ($TE = - 0,71$) en el rendimiento CD (227). Otros estudios que han analizado programas basados en EP obtuvieron resultados superiores en las pruebas CD ($ES: - 3,12$) (284). Esto puede atribuirse a la incorporación de saltos verticales, horizontales y unilaterales en estos programas, que mejoraron efectivamente el rendimiento CD. Tal y como se ha indicado anteriormente, los programas de ENM pueden incluir una variedad de ejercicios

y técnicas, como pliometría, entrenamiento del equilibrio-estabilidad y ejercicios de agilidad, entre otros. Por lo tanto, es imposible concluir si los ejercicios específicos o la combinación de ejercicios en esta intervención provocaron las mejoras en el rendimiento, lo que también limita nuestra capacidad para realizar comparaciones directas con otros estudios. No obstante, los presentes resultados aportan pruebas adicionales que respaldan la eficacia de los programas de entrenamiento neuromuscular para mejorar el rendimiento de la CD.

El estudio 3 de la presente tesis doctoral ofrece información valiosa sobre el impacto de un programa de ENM en el rendimiento en el CMJ ($TE = 0,23$) y el SH ($ES \leq 0,10$) en jugadoras de fútbol. Estos resultados son consistentes con los reportados en estudios previos por Ozbar (281) y Pardos-Mainer, que sugieren que la naturaleza de los ejercicios de potencia incluidos en el programa neuromuscular puede haber contribuido a los resultados obtenidos, ya que el estímulo vertical predominó sobre las tareas de salto horizontal. Curiosamente, los resultados del estudio 3 de la presente tesis doctoral demuestran que el programa de ENM tuvo un efecto específico sobre las asimetrías relacionadas con el salto vertical. Aunque otros estudios (311) han demostrado resultados superiores en la altura del CMJ ($TE = \sim 0,95$) al aplicar programas de fuerza explosiva y pliométrica más largos a futbolistas más jóvenes, el efecto de las intervenciones neuromusculares en la capacidad de salto vertical de las futbolistas no ha quedado claro en algunos (101, 124). Además, en el estudio 1 los resultados destacan la relevancia de incluir trabajo/ejercicios de alta velocidad en el diseño de programas de acondicionamiento para el fútbol, ya que el EP proporciona beneficios más significativos que el EF sobre el salto vertical en jugadoras de fútbol. Por lo tanto, incorporar una variedad de ejercicios que promuevan la potencia explosiva y la velocidad, en lugar de centrarse únicamente en ejercicios de carga extra (278), puede ser una estrategia más eficaz para mejorar el salto vertical en jugadoras de fútbol.

Históricamente, una asimetría mayor se ha asociado con un menor rendimiento y un mayor riesgo de lesiones. A pesar de que nuestro programa de entrenamiento neuromuscular no dio lugar a mejoras significativamente diferentes en los resultados de las pruebas de asimetría entre los grupos, el análisis intragrupo mostró que el GE redujo la asimetría en el ROM en $-3,97\%$ ($TE = -0,04$), la asimetría CMJ en $-2,37\%$ ($TE = 0,02$), la asimetría SH en $-0,87\%$ ($TE = 0,01$), y la asimetría CD en $-2,58\%$ ($TE = 0,03$). Estos resultados se refuerzan en una revisión anterior (265), en la que se observaron

efectos de leves a moderados en la reducción de la asimetría en todas las intervenciones, pero no se encontraron diferencias significativas para el SH (TE = 0,22), el CMJ (TE = 0,53) y el CD (TE = 0,23). Sin embargo, estudios recientes muestran resultados contradictorios (225). Además, Bishop et al. (312) indican que las asimetrías son específicas de cada tarea y que los resultados pueden variar en función de la prueba realizada. Centrándonos en el análisis de las asimetrías y su relación con el rendimiento, una reciente revisión sistemática con metaanálisis (265) confirma la importancia de los estudios en los que se han realizado intervenciones de EF con ejercicios unilaterales y bilaterales, trabajo pliométrico, equilibrio y estabilidad lumbopélvica. Por todo ello, es importante señalar que la falta de significación puede deberse a diversos factores, como el tamaño de la muestra, las medidas específicas utilizadas y/o la duración e intensidad del programa de entrenamiento.

6.4. Análisis de las asimetrías funcionales.

Una vez analizados los efectos de la aplicación del programa de ENM diseñado, hemos querido profundizar en la relación entre la asimetría en el salto (horizontal y vertical), la dorsiflexión del tobillo, la velocidad lineal y el CD en jugadoras de fútbol altamente entrenadas. Los resultados del estudio 4 de la presente tesis doctoral sugieren que desequilibrios en el SH mayores se asocian con un menor rango de movimiento en la dorsiflexión del tobillo y una menor altura de salto vertical. Además, las asimetrías entre la dorsiflexión del tobillo, el salto vertical (CMJ), el SH y el CD y el déficit en el cambio de dirección (CDD) rara vez favorecen al mismo lado, lo que indica que dichos desequilibrios están condicionados por la naturaleza específica de la tarea.

Diferentes investigaciones han demostrado que asimetrías superiores al 10 % pueden disminuir la altura de salto (313) y aumentar los tiempos de velocidad CD (314), lo que indica que la reducción de estas asimetrías puede ser favorable. El primer aspecto a destacar es que, en el estudio 4, se identificaron mayores porcentajes de asimetrías para el CMJ que para el SH (5,70 % vs. 2,12 %). Estudios previos en jugadoras jóvenes de fútbol (219) o de deportes de equipo recreativos (202), refuerzan nuestros resultados, encontrando asimetrías del 12,54 % y 10,4 % en el CMJ al 6,79 % y 3,3 % en el SH, respectivamente. Al igual que los autores citados anteriormente, se cree que el salto vertical podría tener mayor sensibilidad que el HJ a la hora de identificar desequilibrios/asimetrías. Una explicación para esto es que los patrones de movimiento relacionados con el SH se practican desde una edad más temprana que los del salto

vertical (219). En nuestro estudio, la muestra está compuesta por jugadoras de fútbol altamente entrenadas, y este nivel de entrenamiento podría explicar por qué los porcentajes de asimetría en ambas pruebas de salto son menores que en los otros dos estudios citados. Esto se confirma cuando observamos una ratio de asimetrías en los estudios con futbolistas de élite femeninas adultas del 8,65 % (199) o del 7,9 % en futbolistas de élite masculinos (315). Del mismo modo, este aspecto también podría explicar los valores medios encontrados para el porcentaje de asimetría del ROM, que son inferiores (3,65 %) a los obtenidos en estudios como el de Madruga-Parera et al (5,88 %) (316). El CDD sigue esta misma tendencia, ya que nuestros datos muestran asimetrías algo menores ($10,9 \% \pm 8,04$) que las encontradas en futbolistas femeninas en pretemporada (24 %) (317) [42] y en jugadoras jóvenes (318). Por último, los datos obtenidos para la asimetría CD (2,99 %) son muy similares a los encontrados en otros estudios de jugadoras de fútbol adultas (2,39 %) (199) o jóvenes (318).

Otro aspecto a tener en cuenta es la fiabilidad (buena a excelente con un ICC: 0,83 a 0,99) y la viabilidad (aceptable con un $CV \leq 7,9\%$) presentada en el estudio 4 de esta tesis, lo que indica que los datos pueden interpretarse con confianza para su posterior análisis (319). De nuevo, el nivel de las jugadoras de nuestra muestra y su preparación física podrían explicar este aceptable nivel de variabilidad, así como la fiabilidad obtenida. Haugen et al. (141) informaron un CV de 3,26 % para CMJ bilateral utilizando una plataforma de fuerza y un CV de 1,82 % a 3,30% en esprints lineales de 40m medidos cada 10m. En otros estudios como el de Bishop et al. (219), el CV para CMJ unilateral es de 2,82 % y 3,51 % (pierna dcha. e izda., respectivamente), y para SH de 3,94 % a 4,18 % (pierna dcha. e izda., respectivamente). En nuestro caso, para estas pruebas, obtuvimos un CV que oscilaba entre el 1,7 % y el 2,4 % para el CMJ unilateral (pierna dcha. e izda., respectivamente), entre el 2,1 % y el 1,9 % para el SH unilateral (pierna dcha. e izda., respectivamente), y entre el 1,9 % y el 4 % para el esprint lineal de 40m (medido cada 10m). En el estudio de Madruga-Parera et al. (316), se obtuvo un CV de 1,70 % y 1,94 % para la prueba de dorsiflexión del tobillo y de 2,88 % y 2,05 % para la prueba de CD (pierna dcha. e izda., respectivamente), resultados muy similares a los obtenidos en nuestro estudio. Por último, en cuanto a la CDD, obtuvimos un CV del 7,9 % para la pierna dcha. y del 7,3 % para la pierna izda. Estudios anteriores muestran resultados que no difieren mucho de los encontrados en la nuestra investigación (jugadoras de críquet: 8,6 % para ambas piernas; jugadoras de netball: 4,9 % pierna izquierda y 6 % pierna

derecha; jugadoras de fútbol: 12,7 % pierna izquierda y 6,6 % pierna derecha) (317). Creemos que el nivel de entrenamiento y la forma física de nuestra muestra explica de nuevo la CV similar para ambas piernas. Exell et al. (320) sugieren que las asimetrías sólo pueden ser naturales si las diferencias entre las extremidades son más significativas que la variabilidad durante los protocolos de prueba. En el presente estudio, todos los valores de CV cumplieron este criterio. Por lo tanto, todas las diferencias observadas pueden considerarse exactas. Además, estudios anteriores recomiendan realizar varias mediciones, calcular la variabilidad de las pruebas y buscar valores más bajos de CV (aceptable $< 10\%$ o $CV < 5\%$ en las pruebas de salto unilateral), en el proceso de seguimiento continuo de los jugadores profesionales (199, 321), algo que también se recomienda en la presente investigación.

Tal y como se ha indicado, uno de los principales hallazgos encontrados es la relación significativa entre la asimetría SH y la disminución del rendimiento en el CMJ derecho ($r = -0,36$), CMJ izquierdo ($r = -0,49$), HJ derecho ($r = -0,56$), ROM del tobillo derecho ($r = -0,41$) y ROM del tobillo izquierdo ($r = -0,41$). Publicaciones recientes afirman que los factores de rendimiento del salto unilateral (incluidas las asimetrías) son específicos de la dirección y afectan al rendimiento de la pierna más débil (219). Esta suposición explicaría parcialmente los resultados obtenidos en el estudio 4 para el HJ, pero no se sostiene para el salto vertical ya que las asimetrías en el CMJ no se correlacionaron con la disminución del rendimiento unilateral de salto.

Hasta donde sabemos, pocas investigaciones han asociado las asimetrías entre saltos horizontales y verticales. Se han encontrado correlaciones significativas entre el porcentaje de asimetría en el CMJ y el SH ($r = -0,489$; $p < 0,05$) (322). En cuanto a la relación significativa entre el desequilibrio/asimetría de la SH y la disminución de la movilidad de la dorsiflexión del tobillo ($r = -0,41$, tanto para la pierna dcha. como para la izda.), tampoco hemos encontrado investigaciones previas que hayan asociado dichas asimetrías. Sin embargo, Barrera-Domínguez et al. (323), indican que una asimetría más significativa en el equilibrio dinámico medido por el Y-Balance Test se asocia a un menor ROM del tobillo y a una disminución del rendimiento tanto en salto horizontal como vertical. Pensamos que todos estos resultados pueden deberse a que este tipo de saltos (por ejemplo, SH) no se entrenan tanto dentro de la preparación física específica de las futbolistas o no son tan determinantes en acciones competitivas.

En el estudio 4 también se encontró una relación significativa entre la asimetría del ROM del tobillo y el rendimiento en el CMJ derecho ($r = -0,36$) o la velocidad lineal medida en los primeros 10m ($r = 0,37$). El estudio de Godinho et al. (324), muestra una correlación positiva entre la capacidad de salto (por ejemplo, CMJ) y un ROM de tobillo mayor. Este mismo estudio también establece una relación entre la dorsiflexión del tobillo y el equilibrio dinámico en atletas. Aspecto que podría apoyarse en la revisión sistemática realizada por Mesfar et al. (325), que indica que puede existir una asociación específica entre las asimetrías de este equilibrio dinámico y el rendimiento en salto y, por otro lado, el ROM del tobillo y las pruebas CD en las que se realiza un giro de 180°. Así lo confirman otros estudios que han encontrado relaciones significativas entre el ROM del tobillo y la mejora del equilibrio dinámico o de las habilidades motoras del tren inferior (326, 327). En cuanto a la velocidad lineal, algunos estudios establecen una relación positiva entre un ROM de tobillo adecuado y una mejora de la velocidad lineal o de la aceleración en velocistas adultos (328, 329). Esto proporciona evidencia de que una adecuada dorsiflexión del tobillo puede estar relacionada con un mejor rendimiento en el CMJ unilateral, el CD y los primeros metros del sprint lineal.

Por último, la asimetría CDD se relacionó significativamente con una disminución del rendimiento en el SH con la pierna izquierda ($r = -0,46$). La literatura que ha analizado la asimetría de la CDD asociada a diferentes tipos de saltos es muy escasa y, en la mayoría de los casos, se han utilizado saltos bilaterales. Por ejemplo, Bishop et al. (330) analizaron el % de asimetría en la CDD y la compararon con diferentes saltos bilaterales (*squat jump*, CMJ y *drop squat*). No se obtuvieron relaciones significativas, pero se observó que cuanto mayor era la asimetría en la CDD, menor era el rendimiento en los diferentes saltos. Los resultados más similares a los observados en nuestro estudio (estudio 4) se han encontrado en un estudio reciente (331), que ha asociado negativamente la CDD con la altura de salto de la pierna derecha ($r = -0,59$) y el impulso concéntrico de la misma pierna ($r = -0,60$). Nuestros resultados reforzarían la idea de los obtenidos en esta investigación y podrían apoyar el concepto de que una mayor competencia en el salto unilateral implica un mejor rendimiento en los CD. Además, una mayor fuerza concéntrica también podría mejorar este rendimiento, ya que la capacidad de aplicar este tipo de fuerza es decisiva durante la fase de giro de la prueba 505 (ver figura 11).

No se encontraron asociaciones significativas entre el CMJ, las asimetrías del CD y las pruebas de aptitud física mencionadas anteriormente. Estos datos concuerdan con los

presentados por Lockie et al. (202) y Dos'Santos et al. (332), en los que no se observaron asociaciones entre la asimetría del CMJ y las pruebas de salto o la reducción de tiempo en el CD (test 505) en atletas universitarios masculinos. Tampoco Fort-Vanmeerhaeghe et al. (197), encontraron asociaciones significativas entre la asimetría CMJ y el tiempo total durante la prueba de agilidad (test V-Cut) en atletas jóvenes masculinos y femeninos que practicaban deportes de equipo. El mismo estudio encontró relaciones significativas entre la asimetría CMJ y la velocidad lineal de 30m, lo que discrepa con los resultados de nuestra investigación (estudio 4). Sin embargo, la magnitud de esta relación fue pequeña ($r = 0,26$; $p < 0,05$). En cuanto a las jugadoras de fútbol adultas, Bishop et al. (199) no encontraron ninguna correlación entre la asimetría del salto vertical (CMJ), la velocidad lineal de 30m (medida a 0m, 10m y 30m) y el rendimiento en el CD (test 505). Esto es similar a los resultados mostrados en el estudio de Loturco et al. (333), en el que no encontraron asociación entre las asimetrías del salto vertical y la velocidad lineal (esprint de 30m medido cada 5, 10, 20 y 30m) y el CD (test de zig-zag) en jugadoras adultas de fútbol de élite. La falta de asociación de las asimetrías de salto vertical y CD con las pruebas de rendimiento específicas del fútbol en el presente estudio puede estar relacionada con el alto nivel de entrenamiento general y específico de las jugadoras en este tipo de acciones (334). Además, gran parte de las acciones competitivas en fútbol están relacionadas con estos saltos verticales o CD, lo que podría minimizar los efectos de las asimetrías sobre el rendimiento (198, 199).

En nuestra investigación (estudio 4), se utilizaron los coeficientes Kappa para evaluar la dirección de la asimetría. Mediante esta prueba, se puede observar si la asimetría favorece a una extremidad o a la otra. Así pues, nuestros resultados muestran buenos niveles de concordancia entre la prueba de dorsiflexión del tobillo y el CMJ con la misma pierna (0,29) y ligeros niveles de concordancia entre el CMJ unilateral y el SH con la misma pierna (0,11). Además, el CDD unilateral también mostró un ligero nivel de concordancia con el SH de la misma pierna (0,10), el CMJ (0,02) y la dorsiflexión del tobillo (0,02). El resto de la comparación de pruebas muestra niveles pobres (- 0,87 a - 0,13), lo que indica que la relación favorece a la pierna contraria. Bishop (312) también sugirió que la guía de la asimetría y su importancia podrían ayudar a comprender qué extremidad rindió mejor, ya que un valor positivo absoluto de la asimetría no permitiría identificarla. Todo lo anterior sugiere que las diferencias entre extremidades no favorecen a la misma pierna en diferentes pruebas. En base a estos resultados y a investigaciones

previas, la detección de asimetrías en jugadoras de fútbol adultas debe realizarse de forma individual y no se recomienda utilizar un único test para su evaluación (198, 335).

Capítulo 7.

Limitaciones y Prospección Futura

7. LIMITACIONES Y PROSPECCIÓN FUTURA

La elaboración de esta investigación presentó las siguientes limitaciones y prospección futura.

7.1. Limitaciones.

Una limitación de la bibliografía actual detectada en el estudio 1 es que un número relativamente elevado de investigadores no incorporaron un GC en el diseño de sus artículos (102, 124, 168, 291). Esto puede ser debido a que el reclutamiento de individuos para los estudios puede ser difícil y la incorporación de un GC no siempre es posible en el fútbol femenino por el menor número de jugadoras en comparación con sus homólogos masculinos. En este sentido, sería interesante que futuros estudios comparen los efectos del EF y EP frente a un GC para dilucidar cuáles son los más beneficiosos en el salto vertical, el sprint lineal o el rendimiento en el CD en jugadoras de fútbol.

Las limitaciones de los estudios 2, 3 y 4 de esta tesis doctoral, incluyen la restricción del tamaño de la muestra, que nos impidió evaluar las diferencias entre las posiciones de las jugadoras. Esta limitación se extiende a la generalización de los resultados, ya que la muestra se centró exclusivamente en jugadoras de fútbol femenino adultas altamente entrenadas. Por lo tanto, los resultados de estos estudios no son aplicables a otros niveles de rendimiento deportivo o a otro tipo de deportes practicados en equipo.

Sumado a lo indicado anteriormente, otra limitación encontrada es que en ninguno de los estudios se analizaron las variables a nivel nutricional, al igual que tampoco se tuvieron en cuenta variables relacionadas con el genotipo de las deportistas o se controló la ingesta de proteínas por encima de la dieta recomendada para este grupo de población.

7.2. Prospección futura.

Aunque el estudio 1 no aporta a los responsables técnicos (entrenadores, preparadores físicos, etc.) programas definitivos de EF o EP para mejorar el salto vertical, el sprint lineal y el rendimiento en CD, ya que principalmente no se observaron diferencias de tipo significativo entre sub-grupos en función de las variables, ofrece resultados interesantes sobre todo en la incorporación de ejercicios de tipo pliométrico a los programas de entrenamiento, algo que permitiría a las jugadoras trabajar simultáneamente diferentes cualidades propias del fútbol y supondría un enfoque más eficaz para mejorar el rendimiento. Sugerimos que investigaciones futuras incluyan un GC para realizar

comparaciones más robustas entre los efectos de este tipo de entrenamientos y el rendimiento de jugadoras de fútbol femenino.

En el estudio 2, sería provechoso abordar la relación entre parámetros endocrinos, como IGFBP-3, eritropoyetina o estrógenos, y ciertos polimorfismos genéticos que podrían afectar tanto el rendimiento como a la BC.

Se hace necesario también expandir el ámbito de la muestra a diferentes grupos de edad y niveles competitivos, así como considerar un mayor número de participantes para ratificar los hallazgos actuales. Otras líneas de investigación podrían incluir la exploración de distintas intensidades y volúmenes de carga en el ENM, con el objetivo de determinar la dosis más eficaz para mejorar la BC y el rendimiento en esta población. Estas futuras líneas de investigación contribuirían a la comprensión más completa de cómo los programas de entrenamiento específicos pueden impactar en variables cruciales para el rendimiento en fútbol femenino.

Capítulo 8.

Conclusiones

8. CONCLUSIONES

Derivada de la investigación realizada a lo largo de la presente tesis doctoral, hemos obtenido las siguientes conclusiones:

- El EP que incorpore saltos en dirección vertical y horizontal (unilaterales y bilaterales) proporciona mayores beneficios que el EF tradicional para mejorar el salto vertical, el esprint lineal y el CD en jugadoras de fútbol. La velocidad de ejecución de los ejercicios incluidos en el EF podría reducir los efectos producidos e influir de forma negativa en las jugadoras.
- El programa de ENM diseñado para esta tesis doctoral, basado en una intervención múltiple, la cual combina ejercicios de equilibrio, agilidad, fuerza, pliometría y específicos de fútbol, ha resultado eficaz para la mejora del rendimiento físico y la composición corporal de jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas.
- La implementación de un programa de ENM durante 10 semanas con una duración de 24 minutos y realizado 3 veces por semana, mejora la BC en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas en comparación con un entrenamiento de preparación física regular, reduciendo la masa grasa y aumentando la masa muscular.
- La implementación de un programa de ENM durante 10 semanas con una duración de 24 minutos y realizado 3 veces por semana, ha demostrado ser un estímulo suficiente para mejorar las variables de aptitud física en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas en comparación con un entrenamiento de preparación física regular.
- Determinadas asimetrías están relacionadas con un menor rendimiento deportivo. Por tanto, conocer las relaciones entre dichas asimetrías y el rendimiento en algunas tareas específicas, podría ayudar a los entrenadores a personalizar los planes de entrenamiento para obtener mejoras específicas.
- Los profesionales deberían considerar un análisis individualizado e incluir diferentes pruebas de asimetría al planificar un programa de intervención en jugadoras de fútbol adultas altamente entrenadas.

Capítulo 9.

Referencias

9. REFERENCIAS

1. FIFA (Fédération Internationale de Football Association). FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football [Internet]. Zurich: Fédération Internationale de Football Association; 2007 [citado 10 de julio de 2023]. Information Services Division (Official documents - FIFA). Disponible en: <https://digitalhub.fifa.com/m/55621f9fdc8ea7b4/original/mzid0qmguixkcmruvema-pdf.pdf>
2. FIFA (Fédération Internationale de Football Association). Women's Football: Member Associations Survey Report 2023 [Internet]. Zurich: Fédération Internationale de Football Association; 2023 [citado 10 de julio de 2023]. Information Services Division (Official documents - FIFA). Disponible en: <https://www.fifa.com/womens-football/news/fifa-releases-global-womens-football-landscape-survey-report>
3. FIFA (Fédération Internationale de Football Association). FIFA Women's Football survey 2014 [Internet]. Zurich: Fédération Internationale de Football Association; 2014 [citado 10 de julio de 2023]. Information Services Division (Official documents - FIFA). Disponible en: <https://digitalhub.fifa.com/m/231330ded0bf3120/original/nq3ensohyxpuxovcovj0-pdf.pdf>
4. UEFA (Unión Europea de Asociaciones de Fútbol) [Internet]. Nyon: Unión Europea de Asociaciones de Fútbol; c2017. Informe UEFA: Aumenta el número de jugadoras registradas 2017; 10 de noviembre de 2017 [citado 10 de julio de 2023]; Disponible en: <https://es.uefa.com/insideuefa/football-development/news/023f-0e16ac5350ad-283c2b7d5f9f-1000--informe-uefa-aumenta-el-numero-de-jugadoras-registradas/>
5. CSD (Consejo Superior de Deportes). Estadística de Deporte Federado 2023 [Internet]. Madrid: Ministerio de Cultura y Deporte; 2023 [citado 10 de julio de 2023]. Anuario de Estadísticas Deportivas. Disponible en: <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:68eb569f-ed5b-413f-b8ad-0e9071f320a2/anuario-de-estadisticas-deportivas-2023.pdf>

6. Goldblatt D. The ball is round: a global history of football. Reino Unido: Penguin; 2007. 392 p.
7. FIFA (Fédération Internationale de Football Association). FIFA 2.0: The Vision for the Future [Internet]. Zurich: Fédération Internationale de Football Association; 2016 [citado 10 de julio de 2023]. Information Services Division (Official documents - FIFA). Disponible en: <https://www.fifa.com/about-fifa/president/media-releases/fifa-president-infantino-unveils-fifa-2-0-the-vision-for-the-future-2843428>
8. UEFA (Unión Europea de Asociaciones de Fútbol). Women's football across the national associations 2016/17 [Internet]. Nyon: Unión Europea de Asociaciones de Fútbol; 2017 [citado 10 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.uefa.com/insideuefa/football-development/news/0234-0e166774f4d7-5c3a33c5fe39-1000--women-s-football-across-the-national-associations/>
9. FIFA (Fédération Internationale de Football Association). FIFA Women's Football Strategy [Internet]. Zurich: Fédération Internationale de Football Association; 2018 [citado 10 de julio de 2023]. Information Services Division (Official documents - FIFA). Disponible en: <https://www.fifa.com/womens-football/strategy>
10. Pfister G. Assessing the sociology of sport: On women and football. *International Review for the Sociology of Sport*. 2015; 50 (4-5): 563-9.
11. González-Víllora S, Serra-Olivares J, Pastor-Vicedo JC, da Costa IT. Review of the tactical evaluation tools for youth players, assessing the tactics in team sports: football. *SpringerPlus*. 2015; 4 (1): 663.
12. Gréhaigne J-F, Godbout P. Tactical Knowledge in Team Sports From a Constructivist and Cognitivist Perspective. *Quest*. 1995; 47 (4): 490-505.
13. Gréhaigne J-F, Godbout P, Bouthier D. The Foundations of Tactics and Strategy in Team Sports. *Journal of Teaching in Physical Education*. 1999; 18 (2):159-174.
14. Lamas L, Barrera J, Otranto G, Ugrinowitsch C. Invasion team sports: Strategy and match modeling. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2014;14 (1): 307-329.
15. Hughes M, Franks I. Notational analysis of sport: Systems for better coaching and performance in sport. 2ª ed. London: E. & F.N. Spon; 2004. 116 p.

16. Reilly T. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*. 1976; 2: 87-97.
17. Franks I. M. Use of feedback by coaches and players. *Science and Football ed. Vol. 3*. London: E. & F.N. Spon; 1997. 267-278 p.
18. Yamanaka K, Liang D, Hughes MJS. An analysis of the playing patterns of the Japan national team in the 1994 World Cup qualifying match for Asia. *Science and Football ed. Vol. 3*. London: E. & F.N. Spon; 1997. 221-228 p.
19. Garganta J. Tactical modelling in soccer: a critical view. M. Hughes & F. Tavares ed. Porto: Centre for team sports studies; 2001. 58-64 p.
20. Reilly T, Holmes M. A preliminary analysis of selected soccer skills. *Physical Education Review*. 1983; 6 (1): 64.
21. Partridge D, Mosher R, Franks IM. A Computer Assisted Analysis Of Technical Performance—A Comparison Of The 1990 World Cup Amd Intercollegiate Soccer. *Science and Football ed. Vol. 2*. London: E. & F.N. Spon; 2003. 221-231 p.
22. Hughes M, Caudrelier T, James N, Redwood-Brown A, Donnelly I, Kirkbride A, et al. Moneyball and soccer-an analysis of the key performance indicators of elite male soccer players by position. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2012; 7 (2): 402-412.
23. Cook MJ. Soccer coaching and team management. Leeds: E.P. Publishing Ltd; 1982. 75 p.
24. Wiemeyer J. Who should play in which position in soccer? Empirical evidence and unconventional modelling. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2003; 3 (1): 1-18.
25. Van Lingen B. Coaching Soccer. Spring City: Reedswain; 1997. 52 p.
26. Hughes M, Probert G. A technical analysis of elite male soccer players by position and success. *Notational Analysis of Sport ed. Vol. 7*. Cardiff: UWIC; 2006. 76-91 p.
27. Weineck J. Entrenamiento total. Vol. 24. Barcelona: Paidotribo; 2005. 40 p.
28. Sarmiento H, Marcelino R, Anguera MT, Campaniço J, Matos N, Leitão JCJ. Match analysis in football: a systematic review. *Journal of sports sciences*. 2014; 32 (20): 1831-1843.

29. Chambers R, Gabbett TJ, Cole MH, Beard A. The use of wearable microsensors to quantify sport-specific movements. *Sports medicine*. 2015; 45: 1065-1081.
30. Lago-Peñas C, Casais L, Dellal A, Rey E, Dominguez E. Anthropometric and Physiological Characteristics of Young Soccer Players According to Their Playing Positions: Relevance for Competition Success. *Journal of strength and conditioning research*. 2011; 25 (12): 3358-3367.
31. Andersson HA, 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. *Journal of strength and conditioning research*. 2010; 24 (4): 912-919.
32. Naclerio F, Viejo-Romero D, Jimenez A, Alvar B. Application Of Gps Technology To Assess The Demands In Soccer Competition At College-Aged Level. *Journal of strength and conditioning research*. 2010; 24 (1):1.
33. Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of strength and conditioning research*. 2010; 24 (9): 2343-2351.
34. Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Coutts AJ, Wisløff U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *Journal of science and medicine in sport*. 2009; 12 (1): 227-233.
35. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*. 2003; 21 (7): 519-528.
36. Goto H, Morris J, Nevill M. Match Analysis of U9 and U10 English Premier League Academy Soccer Players Using a Global Positioning System. *Journal of strength and conditioning research*. 2015; 29 (4): 954-963.
37. Silva J, Magalhães J, Ascensão A, Seabra A, Rebelo A. Training Status and Match Activity of Professional Soccer Players Throughout a Season. *Journal of strength and conditioning research*. 2012; 27 (1): 20-30.
38. Harley J, Lovell R, Barnes C, Portas M, Weston M. The Interchangeability of Global Positioning System and Semiautomated Video-Based Performance Data During

Elite Soccer Match Play. *Journal of strength and conditioning research*. 2011; 25 (8): 2334-2336.

39. Wehbe G, Hartwig T, Duncan C. Movement Analysis of Australian National League Soccer Players Using Global Positioning System Technology. *Journal of strength and conditioning research*. 2014; 28 (3): 834-842.

40. Andrzejewski M, Chmura J, Pluta B, Strzelczyk R, Kasprzak A. Analysis of Sprinting Activities of Professional Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*. 2013; 27 (8): 2134-2140.

41. Di Mascio M, Bradley P. Evaluation of the Most Intense High-Intensity Running Period in English FA Premier League Soccer Matches. *Journal of strength and conditioning research*. 2013; 27 (4): 909-915.

42. Vigne G, Dellal A, Gaudino C, Chamari K, Rogowski I, Alloatti G, et al. Physical outcome in a successful Italian Serie A soccer team over three consecutive seasons. *Journal of strength and conditioning research*. 2013; 27 (5): 1400-1406.

43. Andrzejewski M, Chmura J, Pluta B, Kasprzak A. Analysis of motor activities of professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*. 2012; 26 (6): 1481-1488.

44. Gomez-Piriz PT, Jiménez-Reyes P, Ruiz-Ruiz C. Relation between total body load and session rating of perceived exertion in professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*. 2011; 25 (8): 2100-2103.

45. Dellal A, Wong DP, Moalla W, Chamari K. Physical and technical activity of soccer players in the French First League – with special reference to their playing position. *International sportmed Journal*. 2010; 11 (2): 278-290.

46. McGarry T, Anderson DI, Wallace SA, Hughes MD, Franks IMJ. Sport competition as a dynamical self-organizing system. *Journal of sports sciences*. 2002; 20 (10): 771-781.

47. McGarry T. Applied and theoretical perspectives of performance analysis in sport: Scientific issues and challenges. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2009; 9 (1): 128-140.

48. Reed D, Hughes M. An Exploration of Team Sport as a Dynamical System. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2006; 6 (2):114-125.
49. Travassos B, Davids K, Araújo D, Esteves TP. Performance analysis in team sports: Advances from an Ecological Dynamics approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2013; 13 (1): 83-95.
50. Salmon PM, McLean S. Complexity in the beautiful game: implications for football research and practice. *Science and Medicine in Football*. 2020; 4 (2): 162-167.
51. Williams J. Operational definitions in performance Analysis and the need for consensus. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2012; 12 (1):52-63.
52. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri F, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*. 2009; 27 (2): 107-114.
53. Krstrup P, Zebis M, Jensen JM, Mohr M. Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24 (2): 437-441.
54. Wehbe GM, Hartwig TB, Duncan CS. Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28 (3): 834-842.
55. Andersson H, Ekblom B, Krstrup P. Elite football on artificial turf versus natural grass: movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*. 2008; 26 (2): 113-22.
56. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Montero F, Bachl N, Pigozzi F. Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine*. 2007; 28: 222-227.
57. Bangsbo J, Nørregaard L, Thorsø F. Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences = Journal canadien des sciences du sport*. 1991; 16 (2): 110-116.
58. Bangsbo J, Nørregaard L, Thorsø F. The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*. 1992; 13 (2): 152-157.

59. Jullien H, Bisch C, Largouët N, Manouvrier C, Carling CJ, Amiard V. Does a short period of lower limb strength training improve performance in field-based tests of running and agility in young professional soccer players? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008; 22 (2): 404-411.
60. Little T, Williams AG. Measures of Exercise Intensity During Soccer Training Drills With Professional Soccer Players. *Journal Of Strength and Conditioning Research*. 2007; 21 (2): 367-371.
61. Aziz AR, Chia M, Teh KC. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2000; 40 (3): 195-200.
62. Mohr M, Krustup P, Andersson H, Kirkendal D, Bangsbo J. Match Activities of Elite Women Soccer Players at Different Performance Levels. *Journal Of Strength and Conditioning Research*. 2008; 22 (2): 341-349.
63. Mara JK, Thompson KG, Pumpa KL, Morgan S. The acceleration and deceleration profiles of elite female soccer players during competitive matches. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2017; 20 (9): 867-872.
64. Lockie RG, Dawes JJ, Jones MT. Relationships between Linear Speed and Lower-Body Power with Change-of-Direction Speed in National Collegiate Athletic Association Divisions I and II Women Soccer Athletes. *Sports (Basel)*. 2018; 6 (2): 30.
65. Weineck J. *Biologie du sport*. São Paulo: Manole; 1992. 320-351 p.
66. Zatsiorsky VM. *Les qualités physiques du sportif: bases de la théorie et de la méthodique de l'éducation*: Moscou: Editions Culture Physique et Sports; 1966. 146 p.
67. Bosco C. *La fuerza muscular: aspectos metodológicos*. Vol. 307. Barcelona: Inde; 2000. 62 p.
68. Pradet M, Hubiche JL. *La préparation physique*. Paris: INSEP Publications; 1996. 105 p.
69. Grosser M. *Entrenamiento de la velocidad: fundamentos, métodos y programas*: Barcelona: Ediciones Martínez Roca; 1988. 47 p.
70. Manno R. *Les bases de l'entraînement sportif*. Paris: Revue EP. S; 1992. 152 p.

71. Cejudo A, Sainz de Baranda P, Ayala F, Santonja F. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores senior de balonmano. Cuadernos de Psicología del Deporte. 2014; 14 (2): 111-120.
72. Weineck J. Fútbol total: Entrenamiento físico del futbolista. Vol. 2. Barcelona: Paidotribo; 2019. 120 p.
73. Gravina L, Gil SM, Ruiz F, Zubero J, Gil J, Irazusta J. Anthropometric and physiological differences between first team and reserve soccer players aged 10-14 years at the beginning and end of the season. Journal of Strength and Conditioning Research. 2008; 22 (4): 1308-1314.
74. Le Gall F, Carling C, Williams M, Reilly T. Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. Journal of Science and Medicine In Sport. 2010; 13 (1): 90-95.
75. Gil SM, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Irazusta J. Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. Journal of Strength and Conditioning Research. 2007; 21 (2): 438-445.
76. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. International Journal of Sports Medicine. 2001; 22 (1): 45-51.
77. Davis JA, Brewer J, Atkin D. Pre-season physiological characteristics of English first and second division soccer players. Journal of Sports Sciences. 1992; 10 (6): 541-547.
78. Gauffin H, Ekstrand J, Arnesson L, Tropp H. Vertical jump performance in soccer players. A comparative study of two training programmes. Journal of Human Movement Studies. 1989; 16 (5): 215-224.
79. Brewer J, Davis JA. A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. J. Sports Sci. 1992; 10 (2): 146.

80. Hoyos Cillero I, Ruiz Litago F, Díaz Ereño E, Gil Goikouria J, Gil Orozco S, Gravina Alfonso L. Ingesta de energía y macronutrientes en jóvenes deportistas de diferentes edades. *Osasunaz. Cuadernos de Ciencias Médicas*. 2007 (8): 233-427.
81. Martínez Reñón C, Sánchez Collado P. Estudio nutricional de un equipo de fútbol de tercera división. *Nutrición hospitalaria*. 2013; 28 (2): 319-324.
82. Phillips SM. Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *British Journal of Nutrition*. 2012; 108 (S2): S158-S67.
83. González-Neira M, Mauro-Martín S, García-Angulo B, Fajardo D, Garicano-Vilar E. Valoración nutricional, evaluación de la composición corporal y su relación con el rendimiento deportivo en un equipo de fútbol femenino. *Revista española de nutrición humana y dietética*. 2015; 19 (1): 36-48.
84. Almagiá Flores AA, Rodríguez Rodríguez F, Barraza Gómez FO, Lizana Arce PJ, Jorquera Aguilera CA. Perfil antropométrico de jugadoras chilenas de fútbol femenino. *International Journal of Morphology*. 2008; 26 (4): 817-821.
85. Randell RK, Clifford T, Drust B, Moss SL, Unnithan VB, De Ste Croix MB, et al. Physiological characteristics of female soccer players and health and performance considerations: a narrative review. *Sports Medicine*. 2021; 51: 1377-1399.
86. Meyer NL, Sundgot-Borgen J, Lohman TG, Ackland TR, Stewart AD, Maughan RJ, et al. Body composition for health and performance: a survey of body composition assessment practice carried out by the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance under the auspices of the IOC Medical Commission. *British Journal of Sports Medicine*. 2013; 47 (16): 1044-1053.
87. Canda AS. Variables antropométricas de la población deportista española: Consejo Superior de Deportes, Madrid: Consejo Superior de Deportes, Servicio de Documentación y Publicaciones; 2012.
88. Tirado Nieto AE. Estado nutricional y nivel de hidratación, y su relación con la potencia aeróbica en futbolistas adolescentes [tesis doctoral]. Lima-Perú: Universidad del Perú, Facultad de Medicina; 2022. 63 p.

89. Casajús J, Aragonés MT. Estudio morfológico del futbolista de alto nivel. Composición corporal y somatotipo (Parte 1). Arch. Med. Deporte. 1991; 8 (30): 147-151.
90. Weiner JS, Lourie JA. Human biology: A guide to field methods. Vol. 9. Oxford: Blackwell Scientific; 1969. 33 p.
91. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, Ill: Human kinetics books; 1988.
92. Norton K, Olds T. Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses. Randwick: UNSW press; 1996.
93. Ross W, Marfell-Jones M, Clarys-Robion JP. Kinanthropometry. Physiological Testing of the High Performance. 2^a ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 1991. 223-308 p.
94. Aragonés MT, Casajús JA, Rodríguez F, Cabañas MD. Protocolos de medidas antropométricas. Manual de Cineantropometría. Pamplona: GREC-FEMEDE; 1993. 35-66 p.
95. Canda A. Protocolo de medición. Manual de Cineantropometría. Barcelona: Nexus Médica; 2011.
96. Keys A, Fidanza F, Karvonen MJ, Kimura N, Taylor HL. Indices of relative weight and obesity. International journal of epidemiology. 1972; 25 (6-7): 329-343.
97. Withers R, Whittingham N, Norton K, La Forgia J, Ellis M, Crockett A, et al. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1987; 56: 169-180.
98. Siri WE. The gross composition of the body. Advances in biological and medical physics. Vol. 4. London and New York, Academic press Inc. 1956; 239-280 p.
99. Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. The American journal of clinical nutrition. 2000; 72 (3): 796-803.
100. Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. Journal of Sports Sciences. 2012; 30 (7): 625-631.

101. Pardos-Mainer E, Casajús JA, Gonzalo-Skok O. Adolescent female soccer players' soccer-specific warm-up effects on performance and inter-limb asymmetries. *Biology of Sport*. 2019; 36 (3): 199-207.
102. Wright MD, Laas MM. Strength training and metabolic conditioning for female youth and adolescent soccer players. *Strength and Conditioning Journal* 2016; 38 (2): 96-104.
103. James RS, Navas CA, Herrel A. How important are skeletal muscle mechanics in setting limits on jumping performance? *Journal of Experimental Biology*. 2007; 210 (6): 923-933.
104. Marsh RL. Jumping ability of anuran amphibians. *Advances in veterinary science and comparative medicine*. 1994; 38: 51-111.
105. Alexander RM. Leg design and jumping technique for humans, other vertebrates and insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 1995; 347 (1321): 235-248.
106. Bobbert MF, Van Soest AJ. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Medicine and science in sports and exercise*. 1994; 26 (8): 1012-1020.
107. Pandy MG, Zajac FE. Optimal muscular coordination strategies for jumping. *Journal of biomechanics*. 1991; 24 (1): 1-10.
108. Bobbert MF, Casius L. Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development. *Medicine and Science in Sports And Exercise*. 2005; 37 (3): 440-406.
109. Salaj S, Markovic G, Specificity of jumping, sprinting, and quick change-of-direction motor abilities. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2011; 25 (5): 1249-1255.
110. Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*. 2004; 38 (3): 285-288.

111. Maulder P, Cronin J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*. 2005; 6 (2): 74-82.
112. Mero A. Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1988; 59 (2): 94-98.
113. Hennessy L, Kilty J. Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001; 15 (3): 326-331.
114. Young W, Mc Lean B, Ardagna J. Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1995; 35 (1): 13-19.
115. Baker D, Nance S. The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 1999; 13 (3): 230-235.
116. McCurdy KW, Walker JL, Langford GA, Kutz MR, Guerrero JM, McMillan J, et al. The relationship between kinematic determinants of jump and sprint performance in division I women soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010; 24 (12): 3200-3208.
117. Asadi A. Relationship between jumping ability, agility and sprint performance of elite young basketball players: A field-test approach. *Revista brasileira de cineantropometria & desempenho humano*. 2016; 18: 177-186.
118. Banda DS, Beitzel MM, Kammerer JD, Salazar I, Lockie RG. Lower-body power relationships to linear speed, change-of-direction speed, and high-intensity running performance in DI collegiate women's basketball players. *Journal of human kinetics*. 2019; 68: 223.
119. Schuster D, Jones PA. Relationships between unilateral horizontal and vertical drop jumps and 20 m sprint performance. *Physical Therapy in Sport*. 2016; 21: 20-25.

120. Hudgins B, Scharfenberg J, Triplett NT, McBride JM. Relationship between jumping ability and running performance in events of varying distance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27 (3): 563-567.
121. Steffen K, Bakka H, Myklebust G, Bahr R. Performance aspects of an injury prevention program: a ten-week intervention in adolescent female football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2008; 18 (5): 596-604.
122. 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 (4): 80.
123. Lindblom H, Waldén M, Hägglund M. No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: a randomised controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2012; 20 (10): 2116-2123.
124. Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith STT, Campbell T. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2012; 27 (2): 340-351.
125. Johnson AW, Eastman CS, Feland JB, Mitchell UH, Mortensen BB, Eggett D, et al. Effect of high-speed treadmill training with a body weight support system in a sport acceleration program with female soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; 27 (6): 1496-1502.
126. Ness BM, Comstock BA, Schweinle WE. Changes in dynamic balance and hip strength after an eight-week conditioning program in NCAA Division I female soccer (football) athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2016; 11 (7): 1054.
127. Kugler F, Janshen L. Body position determines propulsive forces in accelerated running. *Journal of Biomechanics*. 2010; 43 (2): 343-348.
128. Lin J, Shen J, Zhang J, Zhou A, Guo W. Correlations between horizontal jump and sprint acceleration and maximal speed performance: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*. 2023; 11: e14650.
129. Robbins DW, Young WB. Positional relationships between various sprint and jump abilities in elite American football players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26 (2): 388-397.

130. Maćkała K, Fostiak M, Kowalski K. Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *Journal of human kinetics*. 2015; 45 (1): 135-148.
131. Ronnestad BR, Kvamme NH, Sunde A, Raastad T. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008; 22 (3): 773-780.
132. Fatih H. The relationship of jumping and agility performance in children. *Science Moment Health*. 2009; 9: 415-419.
133. Barnes JL, Schilling BK, Falvo MJ, Weiss LW, Creasy AK, Fry AC, et al. Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007; 21 (4): 1192-1196.
134. McCormick B. The relationship between lateral movement and power in female adolescent basketball play. *Arena-Journal of Physical Activities*. 2014 (3): 13-26.
135. Henricks B. A comparison of strength qualities and their influence on sprint acceleration. *J. Aust. Strength Cond*. 2014; 22: 77-84.
136. Little T, Williams AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19 (1): 76-78.
137. Lockie RG, Murphy AJ, Knight TJ, De Jonge XAJ, Research C. Factors that differentiate acceleration ability in field sport athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25 (10): 2704-2714.
138. Castagna C, Castellini E. Vertical jump performance in Italian male and female national team soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; 27 (4): 1156-1161.
139. Palmer TB, Thompson BJ, Hawkey MJ, Conchola EC, Adams BM, Akehi K, et al. The influence of athletic status on the passive properties of the muscle-tendon unit and traditional performance measures in division I female soccer players and nonathlete controls. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28 (7): 2026-2034.
140. Shalfawi SA, Haugen T, Jakobsen TA, Enoksen E, Tønnessen E. The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite

soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; 27 (11): 2966-2972.

141. Haugen TA, Tønnessen E, Seiler S. Speed and countermovement-jump characteristics of elite female soccer players, 1995-2010. *International Journal Of Sports Physiology and Performance*. 2012; 7 (4): 340-349.

142. Sjökvist J, Laurent MC, Richardson M, Curtner-Smith M, Holmberg HC, Bishop PA. Recovery from high-intensity training sessions in female soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25 (6): 1726-1735.

143. Campo SS, Vaeyens R, Philippaerts RM, Redondo JC, de Benito AM, Cuadrado G. Effects of lower-limb plyometric training on body composition, explosive strength, and kicking speed in female soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009; 23 (6): 1714-1722.

144. Nesser, TW, Lee WL. The relationship between core strength and performance in Division I female soccer players. *Journal of Exercise Physiology*. 2009; 12 (2): 10-18.

145. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*. 2009; 27 (2): 107-114.

146. Polman R, Walsh D, Bloomfield J, Nesti M. Effective conditioning of female soccer players. *Journal of Sports Sciences*. 2004; 22 (2): 191-203.

147. Larson-Meyer D, Hunter G, Trowbridge C, Turk J, Ernest J, Torman S, et al. The Effect of Creatine Supplementation on Muscle Strength and Body Composition During Off-Season Training in Female Soccer Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2000; 14 (4): 434-442.

148. Floria P, Harrison A. The Effect of Arm Action on the Vertical Jump Performance in Children and Adult Females. *Journal of Applied Biomechanics*. 2013; 29: 655-661.

149. Domire Z, Challis J. An induced energy analysis to determine the mechanism for performance enhancement as a result of arm swing during jumping. *Sports Biomechanics*. 2010; 9: 38-46.

150. Hara M, Shibayama A, Takeshita D, Hay DC, Fukashiro S. A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science*. 2008; 27 (4): 636-648.

151. Castagna C, D'Ottavio S, Abt G. Activity profile of young soccer players during actual match play. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2003; 17(4): 775-780.
152. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*. 2005; 35 (6): 501-536.
153. Gabbett TJ, Carius J, Mulvey M. Does improved decision-making ability reduce the physiological demands of game-based activities in field sport athletes? *Journal of strength and conditioning research*. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008; 22 (6): 2027-2035.
154. Vales A, Gayo A. Aproximación conceptual a la velocidad en deportes de equipo: El caso fútbol. *Apunts Educacion Fisica y Deportes*. 2002; 3 (69): 44-58.
155. Rodríguez RHO. *Tenis: potencia, velocidad y movilidad: Inde*; 2004. 120 p.
156. Upton DE. The effect of assisted and resisted sprint training on acceleration and velocity in Division IA female soccer athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25 (10): 2645-2652.
157. Cronin JB, Hansen KT. Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19 (2): 349-357.
158. Murphy AJ, Lockie RG, Coutts AJ. Kinematic determinants of early acceleration in field sport athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2003; 2 (4): 144-150.
159. Di Salvo V, Baron R, González-Haro C, Gormasz C, Pigozzi F, Bachl N. Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences*. 2010; 28 (14): 1489-1494.
160. Sánchez JS, Hernández FB, Martín AG, Cabezón JMY. La resistencia a la velocidad como factor condicionante del rendimiento del futbolista. *Apunts: Educación física y deportes*. 2005; 3 (81): 47-60.
161. Cronin JB, Hansen KT. Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19 (2): 349-357.
162. Altmann S, Ringhof S, Neumann R, Woll A, Rumpf MC. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PloS one*. 2019; 14 (8): e0220982.

163. Haugen TA, Tønnessen E, Hem E, Leirstein S, Seiler S. VO₂max characteristics of elite female soccer players, 1989-2007. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014; 9 (3) :515-521.
164. Earp JE, Newton RU. Advances in electronic timing systems: considerations for selecting an appropriate timing system. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26 (5): 1245-1248.
165. Cronin JB, Templeton RL. Timing light height affects sprint times. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008; 22 (1): 318-320.
166. Yeadon MR, Kato T, Kerwin DG. Measuring running speed using photocells. *Journal of sports sciences*. *Journal of Sports Sciences*. 1999; 17 (3): 249-257.
167. Dyas J, Kerwin DG. A photocell based timing system for studying linear kinematics of running. *Proceedings of the Sports Biomechanics Section of the British Association of Sport and Exercise Sciences*. 1995; 20: 29-32.
168. Siegler J, Gaskill S, Ruby B. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2003; 17 (2): 379-387.
169. Nimphius S, McGuigan MR, Newton RU. Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010; 24 (4): 885-895.
170. Nimphius S, McGuigan MR, Newton RU. Changes in muscle architecture and performance during a competitive season in female softball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26 (10): 2655-2666.
171. Cardinale M, Newton R, Nosaka K. *Strength and conditioning: biological principles and practical applications*. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell; 2011. 259-277 p.
172. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*. 2000; 18 (9): 669-683.

173. Oliver JL, Meyers RW. Reliability and generality of measures of acceleration, planned agility, and reactive agility. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2009; 4 (3): 345-354.
174. Marković G, Sekulić D, Marković M. Is agility related to strength qualities? Analysis in latent space. *Collegium antropologicum*. 2007; 31 (3): 787-793.
175. Pauole K, Madole K, Garhammer J, Lacourse M, Rozenek R. Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2000;14 (4): 443-450.
176. Bloomfield J, Polman R, O'Donoghue P. Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2007; 6 (1): 63-70.
177. Brughelli M, Cronin J, Levin G, Chaouachi A. Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine (Auckland, NZ)*. 2008; 38 (12): 1045-1063.
178. Maio Alves JM, Rebelo AN, Abrantes C, Sampaio J. Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010; 24 (4): 936-941.
179. Gabbett T, Kelly J, Pezet T. A comparison of fitness and skill among playing positions in sub-elite rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2008; 11 (6): 585-592.
180. Till K, Copley S, O'Hara J, Brightmore A, Cooke C, Chapman C. Using anthropometric and performance characteristics to predict selection in junior UK Rugby League players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2011; 14 (3): 264-269.
181. Alricsson M, Werner S. The effect of pre-season dance training on physical indices and back pain in elite cross-country skiers: a prospective controlled intervention study. *British Journal of Sports Medicine*. 2004; 38 (2): 148-153.
182. Araujo CG. *Flexitest: an innovative flexibility assessment method*; 1^a ed. Champaign: Human Kinetics; 2004. 122 p.

183. Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF, Kimsey CD. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Medicine and Science in Sports And Exercise*. 2004; 36 (3): 371-378.
184. Alter MJ. *Science of flexibility*. 3ª ed. Champaign: Human Kinetics; 2004. 9 p.
185. Norris CM. *La flexibilidad: Principios y práctica*. 2ª ed. Barcelona Paidotribo; 1996. 56 p.
186. Koutedakis Y. Seasonal variation in fitness parameters in competitive athletes. *Sports Medicine*. 1995; 19: 373-392.
187. Siff MC, Verkhoshansky Y. *Superentrenamiento Vol. 24*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004. 124 p.
188. Nóbrega AC, Paula KC, Carvalho AC. Interaction between resistance training and flexibility training in healthy young adults. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19 (4): 842-846.
189. Del Rio J, Flores J, Bautista González J, Barajas L, Medina-Valencia RT, Gómez E. Efectos de un programa de flexibilidad en el desarrollo de la fuerza muscular en jugadoras de fútbol femenino. *Educación Física y Ciencia*. 2015; 17 (2): 10
190. Riewald S. Stretching the Limits of our Knowledge on... Stretching. *Strength and Conditioning Journal*. 2004; 26 (5): 58-59.
191. Snyder A, Valovich McLeod T, Hartman A. The Impact of Stretching on Sports-Injury Risk and Performance. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 2006;11 (6): 66-69.
192. Di Cesare E, Alberto P. *El entrenamiento de la flexibilidad muscular en las divisiones formativas de baloncesto*. P.E.D.C. Publicaciones. 2006.
193. Sporis G, Vucetic V, Jovanovic M, Jukic I, Omrcen D. Reliability and factorial validity of flexibility tests for team sports. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25 (4): 1168-1176.
194. Calatayud J, Martín F, Gargallo P, García-Redondo J, Colado JC, Marín PJ. The validity and reliability of a new instrumented device for measuring ankle dorsiflexion range of motion. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015; 10 (2): 197-202.

195. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2012; 7 (3): 279-287.
196. Datson N, Drust B, Weston M, Jarman IH, Lisboa PJ, Gregson W. Match Physical Performance of Elite Female Soccer Players During International Competition. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017; 31 (9): 2379-2387.
197. Fort-Vanmeerhaeghe A, Bishop C, Buscà B, Aguilera-Castells J, Vicens-Bordas J, Gonzalo-Skok O. Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. *PloS one*. 2020; 15 (3): e0229440.
198. Bishop C, Pereira LA, Reis VP, Read P, Turner AN, Loturco I. Comparing the magnitude and direction of asymmetry during the squat, countermovement and drop jump tests in elite youth female soccer players. *Journal of Sports Sciences*. 2020; 38 (11-12): 1296-1303.
199. Bishop C, Turner A, Maloney S, Lake J, Loturco I, Bromley T, et al. Drop Jump Asymmetry is Associated with Reduced Sprint and Change-of-Direction Speed Performance in Adult Female Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*. 2019; 7 (1): 29.
200. Amato M, Lemoine F, Gonzales J, Schmidt C, Afriat P, Bernard PL. Influence of age and physical activity on isokinetic characteristics of hamstring and quadriceps muscles of young gymnasts and soccer players. *Annales de readaptation et de medecine physique: revue scientifique de la Societe francaise de reeducation fonctionnelle de readaptation et de medecine physique*. 2001;44 (9): 581-590.
201. Wisløff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1998; 30 (3): 462-467.
202. Lockie RG, Callaghan SJ, Berry SP, Cooke ER, Jordan CA, Luczo TM, et al. Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28 (12): 3557-3566.
203. Söderman K, Alfredson H, Pietilä T, Werner S. Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2001; 9 (5): 313-321.

204. Gustavsson A, Neeter C, Thomeé P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomeé R, et al. A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2006; 14 (8): 778-788.
205. Neeter C, Gustavsson A, Thomeé P, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. Development of a strength test battery for evaluating leg muscle power after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2006; 14 (6): 571-580.
206. Petschnig R, Baron R, Albrecht M. The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1998; 28 (1): 23-31.
207. Cochrane JL, Lloyd DG, Buttfield A, Seward H, McGivern J. Characteristics of anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007; 10 (2): 96-104.
208. Brumitt J, Heiderscheit BC, Manske RC, Niemuth PE, Rauh MJ. Lower extremity functional tests and risk of injury in division III collegiate athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2013; 8 (3): 216-227.
209. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011; 39 (3): 538-543.
210. Sato K, Heise GD. Influence of weight distribution asymmetry on the biomechanics of a barbell back squat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26 (2): 342-349.
211. Coratella G, Beato M, Schena F. Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer-players. *Human Movement Science*. 2018; 59: 81-87.
212. Wahlstedt C, Rasmussen-Barr E. Anterior cruciate ligament injury and ankle dorsiflexion. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015; 23 (11): 3202-3207.

213. Costa R, Detanico D, Dal Pupo J, Freitas C. Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer players u20 category. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*. 2015; 17: 195-204.
214. Brady C, Harrison A, Flanagan E, Haff G, Comyns T. A Comparison of the Isometric Mid-Thigh Pull and Isometric Squat: Intraday Reliability, Usefulness and the Magnitude of Difference Between Tests. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2017; 13: 1-25.
215. Dos'Santos T, Jones PA, Comfort P, Thomas C. Effect of Different Onset Thresholds on Isometric Midthigh Pull Force-Time Variables. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017; 31 (12): 3463-3473.
216. Bishop C, Turner A, Jarvis P, Chavda S, Read P. Considerations for Selecting Field-Based Strength and Power Fitness Tests to Measure Asymmetries. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017; 31 (9): 2635-2644.
217. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Cal Abad CC, Fernandes V, Ramirez-Campillo R, et al. Portable Force Plates: A Viable and Practical Alternative to Rapidly and Accurately Monitor Elite Sprint Performance. *Sports*. 2018; 6 (3): 61
218. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Asymmetries in Isometric Force-Time Characteristics Are Not Detrimental to Change of Direction Speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2018; 32 (2): 520-527.
219. Bishop C, Read P, McCubbine J, Turner A. Vertical and Horizontal Asymmetries Are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021; 35 (1): 56-63.
220. Hassan KA, Youssef RSE, Mahmoud NF, Eltagy H, El-Desouky MA. The relationship between ankle dorsiflexion range of motion, frontal plane projection angle, and patellofemoral pain syndrome. *Foot and Ankle Surgery*. 2022; 28 (8): 1427-1432.
221. Rabin A, Kozol Z, Finestone AS. Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: a prospective cohort study. *Journal of foot and ankle research*. 2014; 7 (1): 48.

222. Halperin I, Aboodarda SJ, Button DC, Andersen LL, Behm DG. Roller massager improves range of motion of plantar flexor muscles without subsequent decreases in force parameters. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2014; 9 (1): 92-102.
223. Pardos-Mainer E, Bishop C, Gonzalo-Skok O, Nobari H, Pérez-Gómez J, Lozano D. Associations between Inter-Limb Asymmetries in Jump and Change of Direction Speed Tests and Physical Performance in Adolescent Female Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18 (7): 3474.
224. Maloney SJ. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019; 33 (9): 2579-2593.
225. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*. 2018; 36 (10):1135-1144.
226. Čović N, Jelešković E, Alić H, Rađo I, Kafedžić E, Sporiš G, et al. Reliability, Validity and Usefulness of 30-15 Intermittent Fitness Test in Female Soccer Players. *Frontiers in Physiology*. 2016; 7: 510.
227. Pardos-Mainer E, Casajús JA, Bishop C, Gonzalo-Skok O. Effects of Combined Strength and Power Training on Physical Performance and Interlimb Asymmetries in Adolescent Female Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2020; 15 (8): 1147-1155.
228. Ramirez-Campillo R, Alvarez C, García-Pinillos F, Gentil P, Moran J, Pereira LA, et al. Effects of Plyometric Training on Physical Performance of Young Male Soccer Players: Potential Effects of Different Drop Jump Heights. *Pediatric Exercise Science*. 2019; 31 (3): 306-313.
229. Häkkinen K, Alén M, Komi PV. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1985; 125 (4): 573-585.
230. Asmussen E, Bonde-Petersen F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1974; 91 (3): 385-392.

231. Komi PV, Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*. 1978; 10 (4): 261-265.
232. Thorstensson A, Karlsson J, Viitasalo JH, Luhtanen P, Komi PV. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1976; 98 (2): 232-236.
233. Higbie EJ, Cureton KJ, Warren III GL, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*. 1996; 81 (5): 2173-2181.
234. Seger JY, Arvidsson B, Thorstensson A. Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1998; 79 (1): 49-57.
235. Van Cutsem M, Duchateau J, Hainaut K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *The Journal of Physiology*. 1998; 513 (1): 295-305.
236. Spurway NC, Watson H, McMillan K, Connolly G. The effect of strength training on the apparent inhibition of eccentric force production in voluntarily activated human quadriceps. *European Journal of Applied Physiology*. 2000; 82 (5-6): 374-380.
237. Aagaard P. Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2003; 31 (2): 61-67.
238. Stojanović E, Ristić V, McMaster DT, Milanović Z. Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2017; 47 (5): 975-986.
239. Ramírez-Campillo R, González-Jurado JA, Martínez C, Nakamura FY, Peñailillo L, Meylan CM, et al. Effects of plyometric training and creatine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2016; 19 (8): 682-687.
240. Ramírez-Campillo R, Vergara-Pedrerros M, Henríquez-Olguín C, Martínez-Salazar C, Alvarez C, Nakamura FY, et al. Effects of plyometric training on maximal-

intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *Journal of Sports Sciences*. 2016; 34 (8): 687-693.

241. Martel GF, Harmer ML, Logan JM, Parker CB. Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37 (10): 1814-1819.

242. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of Athletic Training*. 2004; 39 (1): 24-31.

243. Peitz M, Behringer M, Granacher U. A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth- What do comparative studies tell us? *PloS one*. 2018;13 (10): e0205525.

244. Moran J, Clark CCT, Ramirez-Campillo R, Davies MJ, Drury B. A Meta-Analysis of Plyometric Training in Female Youth: Its Efficacy and Shortcomings in the Literature. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019; 33 (7): 1996-2008.

245. Sánchez M, Sanchez-Sanchez J, Nakamura FY, Clemente FM, Romero-Moraleda B, Ramirez-Campillo R. Effects of Plyometric Jump Training in Female Soccer Player's Physical Fitness: A Systematic Review with Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17 (23): 8911

246. Wallace BJ, Kernozek TW, White JM, Kline DE, Wright GA, Peng HT, et al. Quantification of vertical ground reaction forces of popular bilateral plyometric exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010; 24 (1): 207-212.

247. Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009; 23 (1): 133-1340.

248. Hori N, Newton RU, Andrews WA, Kawamori N, McGuigan MR, Nosaka K. Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping, sprinting, and changing of direction? *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008; 22 (2): 412-418.

249. Comfort P, Stewart A, Bloom L, Clarkson B. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28 (1): 173-177.
250. Cronin J, Sleivert G. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*. 2005; 35 (3): 213-234.
251. Falces-Prieto M, Sáez de Villarreal-Sáez E, Raya-González J, González-Fernández FT, Clemente FM, Badicu G, et al. The Differentiate Effects of Resistance Training With or Without External Load on Young Soccer Players' Performance and Body Composition. *Frontiers in Physiology*. 2021; 12: 771684.
252. Suarez-Arrones L, Saez de Villarreal E, Núñez FJ, Di Salvo V, Petri C, Buccolini A, et al. In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS one*. 2018; 13(10): e0205332.
253. Baechle, TR, Earle R. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. 3^a ed. Champaign, Illinois: Human kinetics, 2008.
254. Harries SK, Lubans DR, Callister R. Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2012; 15 (6): 532-540.
255. Granacher U, Lesinski M, Büsch D, Muehlbauer T, Prieske O, Puta C, et al. Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Frontiers in Physiology*. 2016; 7: 164.
256. Milanović Z, Sporiš G, Trajković N, James N, Samija K. Effects of a 12 Week SAQ Training Programme on Agility with and without the Ball among Young Soccer Players. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2013; 12 (1): 97-103.
257. Yap C, Brown L. Development of Speed, Agility, and Quickness for the Female Soccer Athlete. *Strength and Conditioning Journal*. 2000; 22 (1): 9-12.
258. Binnie MJ, Dawson B, Arnot MA, Pinnington H, Landers G, Peeling P. Effect of sand versus grass training surfaces during an 8-week pre-season conditioning programme in team sport athletes. *Journal of Sports Sciences*. 2014; 32 (11): 1001-1012.

259. Hoffman JR, Ratamess NA, Cooper JJ, Kang J, Chilakos A, Faigenbaum AD. Comparison of loaded and unloaded jump squat training on strength/power performance in college football players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19 (4): 810-815.
260. Gabbett T. Performance Changes Following a Field Conditioning Program in Junior and Senior Rugby League Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20 (1): 215-221.
261. Hoffman JR, Cooper J, Wendell M, Kang J. Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2004; 18 (1): 129-135.
262. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of injuries among male soccer players: a prospective, randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008; 36 (6): 1052-1060.
263. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 1999; 27 (6): 699-706.
264. Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2000; 8 (6): 356-363.
265. Bettariga F, Turner A, Maloney S, Maestroni L, Jarvis P, Bishop C. The Effects of Training Interventions on Interlimb Asymmetries: A Systematic Review With Meta-analysis. *Strength and Conditioning Journal*. 2021; 44 (5): 69-86
266. Rohmansyah NA, Hiruntrakul A. Do Lipid Profiles, Body Composition, and Physical Fitness Improve after a FIFA 11+ Training Programme from Obese Women? *Sport Mont*. 2021; 19 (2): 51-57.
267. Simões R, Salles G, Gonelli P, Leite G, Dias R, Cavaglieri C, et al. Effects of the Neuromuscular Training in the Cardiorespiratory Fitness and Body Composition of Female Volleyball Athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2009; 15: 295-258.

268. García-Solano KB, Montealegre-Mesa LM, Pérez-Parra JE. Efecto del programa de calentamiento FIFA 11+® sobre la prevención de lesiones deportivas de miembros inferiores en futbolistas juveniles de 14 a 16 años (11 FIFA® en hombres futbolistas de 14 a 16 años). *Fisioterapia*. 2019; 41 (2): 83-88.
269. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2003; 31 (1): 41-46.
270. Shehab R, Mirabelli M, Gorenflo D, Fetters MD. Pre-exercise stretching and sports related injuries: knowledge, attitudes and practices. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2006; 16 (3): 228-231.
271. Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Danneels L, Cambier D. Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis in an athletic population. A two-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2001; 29 (2): 190-195.
272. Soligard T, Grindem H, Bahr R, Andersen TE. Are skilled players at greater risk of injury in female youth football? *British Journal of Sports Medicine*. 2010; 44 (15): 1118-1123.
273. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2010; 40 (9): 551-558.
274. Liu R, Liu J, Ma X, Li Q, An R. Effect of FIFA 11+ intervention on change of direction performance in soccer and futsal players: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Science and Coaching*. 2021; 16 (3): 862-872..
275. Pardos-Mainer E, Lozano D, Torrontegui-Duarte M, Cartón-Llorente A, Roso-Moliner A. Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18 (2): 401.
276. Lesinski M, Prieske O, Chaabene H, Granacher U, Research C. Seasonal effects of strength endurance vs. power training in young female soccer athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021; 35: S90-S6.

277. Hopkins W, Marshall S, Batterham A, Hanin JJMSiSE. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009; 41 (1): 3.
278. Pedersen S, Heitmann KA, Sagelv EH, Johansen D, Pettersen SA. Improved maximal strength is not associated with improvements in sprint time or jump height in high-level female football players: A cluster-randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2019; 11 (1): 1-8.
279. Anderst W, Eksten F, Koceja DM. 176 effects of plyometric and explosive resistance training on lower body power. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1994; 26 (5): S31.
280. Komi PV. Stretch-shortening cycle. *Strength and power in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003: 184-202 p.
281. Ozbar N, Ates S, Agopyan AJTJoS, Research C. The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28 (10): 2888-2894.
282. Rubley MD, Haase AC, Holcomb WR, Girouard TJ, Tandy RD. The effect of plyometric training on power and kicking distance in female adolescent soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25 (1): 129-134.
283. Rosas F, Ramírez-Campillo R, Martínez C, Caniuqueo A, Cañas-Jamet R, McCrudden E, et al. Effects of plyometric training and beta-alanine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *Journal of Human Kinetics*. 2017; 58: 99.
384. Ramírez-Campillo R, García-Pinillos F, García-Ramos A, Yanci J, Gentil P, Chaabene H, et al. Effects of different plyometric training frequencies on components of physical fitness in amateur female soccer players. *Frontiers in Physiology*. 2018; 9: 934.
285. Ramírez-Campillo R, Sanchez-Sanchez J, Romero-Moraleda B, Yanci J, García-Hermoso A, Manuel Clemente FJ. Effects of plyometric jump training in female soccer player's vertical jump height: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2020; 38 (13):1475-1487.

286. Sáez de Villarreal E, Requena B, Cronin JBJoS, Research C. The Effects of Plyometric Training on Sprint Performance: A Meta-Analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26 (2): 575-584.
287. Asadi A. Effects of in-season short-term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport Sciences for Health*. 2013; 9 (3): 133-137.
288. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*. 2002; 93 (4): 1318-1326.
289. Sheppard JM, Young WB. Agility literature review: classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*. 2006; 24 (9): 919-932.
290. Miller MG, Herniman JJ, Ricard MD, Cheatham CC, Michael TJ. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2006; 5 (3): 459-465.
291. Spiteri T, Newton RU, Binetti M, Hart NH, Sheppard JM, Nimphius S. Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2015; 29 (8): 2205-2214.
292. Sudha K, Maniazhagu D. Effects of Circuit Training Combined with Different Neuromuscular Activities on Muscular Endurance and Body Composition of School Girls. *Indian Journal of Public Health*. 2019; 10 (12): 31.
293. Cigerci AE, Genc H. The Effect of Calisthenics Exercises on Body Composition in Soccer Players. *Progress in Nutrition*. 2020; 22 (1): 94-102.
294. Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, Malicky ES, Falkel JE, Hagerman FC, et al. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *Journal of Applied Physiology*. 1991; 70 (2): 631-640.
295. Falces M, González Fernández FT, Baena Morales S, Benítez-Jiménez A, Barrero A, Conde L, et al. Effects of a Strength training program with program with self loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*. 2020; 12 (1): 112-125.

296. Sánchez Pérez FJ, Carranque Chaves GÁ. Efectos del entrenamiento Tabata en la composición corporal del futbolista. *Kronos*. 2015; 14 (1): 3-7.
297. Suarez-Arrones L, Lara-Lopez P, Torreño N, Sáez de Villarreal E, Di Salvo V, Mendez-Villanueva A. Effects of Strength Training on Body Composition in Young Male Professional Soccer Players. *Sports*. 2019; 7 (5): 104.
298. Perez-Gomez J, Olmedillas H, Delgado-Guerra S, Ara I, Vicente-Rodríguez G, Arteaga-Ortiz R, et al. Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2008; 33 (3): 501-510.
299. Sánchez J, Pérez S, Yagüe JM, Royo JM, Martín, JL. Aplicación de un programa de entrenamiento de fuerza en futbolistas jóvenes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 2015; 15 (57):45-59.
300. Datson N, Hulton A, Andersson H, Lewis T, Weston M, Drust B, et al. Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Medicine*. 2014; 44 (9): 1225-1240.
301. Häkkinen K, Pakarinen A, Kallinen M. Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short-term intensive strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1992; 64 (2): 106-111.
302. Stanforth PR, Crim BN, Stanforth D, Stults-Kolehmainen MA. Body composition changes among female NCAA division 1 athletes across the competitive season and over a multiyear time frame. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28 (2): 300-307.
303. Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. 1999; 27 (5): 585-593.
304. Sasaki K, Neptune RR. Differences in muscle function during walking and running at the same speed. *Journal of Biomechanics*. 2006; 39 (11): 2005-2013.
305. Fong CM, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *Journal of Athletic Training*. 2011; 46 (1): 5-10.

306. Terada M, Pietrosimone BG, Gribble PA. Therapeutic interventions for increasing ankle dorsiflexion after ankle sprain: a systematic review. *Journal of Athletic Training*. 2013; 48 (5): 696-709.
307. Morin J-B, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, Lacour J-R. Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2012; 112: 3921-3930.
308. Vescovi J, VanHeest JL. Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2010; 20 (3): 394-402.
309. Loturco I, Nimphius S, Kobal R, Bottino A, Zanetti V, Pereira LA, et al. Change-of direction deficit in elite young soccer players. *German Journal of Exercise and Sport Research*. 2018; 48 (2): 228-234.
310. Panagoulis C, Chatzinikolaou A, Avloniti A, Leontsini D, Deli CK, Draganidis D, et al. In-season integrative neuromuscular strength training improves performance of early-adolescent soccer athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2020; 34 (2): 516-526.
311. Gorostiaga E, Izquierdo M, Ruesta M, Iribarren J, Gonzalez-Badillo J, Ibanez J. Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*. 2004; 91: 698-707.
312. Bishop C, Lake J, Loturco I, Papadopoulos K, Turner A, Read P, et al. Interlimb asymmetries: The need for an individual approach to data analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021; 35 (3): 695-701.
313. Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, Heiderscheit BC. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28 (4): 884.
314. Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M, Faigenbaum AD, Kang J. Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Research in Sports Medicine*. 2007; 15 (2): 125-132.

315. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Komatsu W, Cunha R, et al. Functional Screening Tests: Interrelationships and Ability to Predict Vertical Jump Performance. *International Journal of Sports Medicine*. 2018; 39 (3): 189-197.
316. Madruga-Parera M, Dos' Santos T, Bishop C, Turner A, Blanco D, Beltran-Garrido V, et al. Assessing Inter-Limb Asymmetries in Soccer Players: Magnitude, Direction and Association with Performance. *Journal of Human Kinetics*. 2021; 79 (1): 41-53.
317. Dos' Santos T, Thomas C, Comfort P, Jones PA. Comparison of Change of Direction Speed Performance and Asymmetries between Team-Sport Athletes: Application of Change of Direction Deficit. *Sports (Basel, Switzerland)*. 2018; 6 (4): 174
318. Clemente FM, González-Fernández FT, García-Delgado G, Silva R, Silva AF, Nobari H, et al. Leg dominance and performance in change of directions tests in young soccer players. *Scientific Reports*. 2022; 12 (1): 12900.
319. Turner A, Brazier J, Bishop C, Chavda S, Cree J, Read P. Data Analysis for Strength and Conditioning Coaches: Using Excel to Analyze Reliability, Differences, and Relationships. *Strength and Conditioning Journal*. 2015; 37 (1): 76-83.
320. Exell TA, Irwin G, Gittoes MJ, Kerwin DG. Implications of intra-limb variability on asymmetry analyses. *Journal of Sports Sciences*. 2012; 30 (4): 403-409.
321. Cormack SJ, Newton RU, McGuigan MR, Doyle TLA. Reliability of Measures Obtained During Single and Repeated Countermovement Jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2008; 3 (2): 131-144.
322. Torreblanca Martínez V, Torreblanca Martínez S, Salazar-Martínez E. Effects of inter-limb vertical jump asymmetries on physical performance in elite soccer players under 19 years old. *Journal of Physical Education and Sport*. 2020; 20 (5): 2067-2613.
323. Barrera-Domínguez FJ, Carmona-Gómez A, Tornero-Quiñones I, Sáez-Padilla J, Sierra-Robles Á, Molina-López J. Influence of Dynamic Balance on Jumping-Based Asymmetries in Team Sport: A between-Sports Comparison in Basketball and Handball Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18 (4): 1866.

324. Godinho I, Pinheiro B, Junior L, Chaves G, Cavalcante J, Monteiro G, et al. Effect of Reduced Ankle Mobility on Jumping Performance in Young Athletes. *Motricidade*. 2019; 15(2-3): 4-11.
325. Mesfar A, Hammami R, Selmi W, Gaied-Chortane S, Duncan M, Bowman TG, et al. Effects of 8-Week In-Season Contrast Strength Training Program on Measures of Athletic Performance and Lower-Limb Asymmetry in Male Youth Volleyball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19 (11): 6547.
326. Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Physical Therapy in Sport*. 2018; 34: 174-179.
327. Hoch MC, McKeon PO. Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Manual Therapy*. 2011; 16 (5): 516-519.
328. Inal S, Erbuğ B, Kotzamanidis C. Sprinting, isokinetic strength, and range of motion of ankle joints in Turkish male and female national sprinters may have a relationship. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2012; 42 (6): 1098-1104.
329. Debaere S, Delecluse C, Aerenhouts D, Hagman F, Jonkers I. Control of propulsion and body lift during the first two stances of sprint running: a simulation study. *Journal of Sports Sciences*. 2015; 33 (19): 2016-2024.
330. Bishop C, Clarke R, Freitas T, Arruda A, Guerriero A, Ramos M, et al. Change-of-Direction Deficit vs. Deceleration Deficit: A Comparison of Limb Dominance and Inter-limb Asymmetry between Forwards and Backs in Elite Male Rugby Union Players. *Journal of Sports Sciences*. 2021; 39 (10): 1088-1095.
331. Bishop C, Berney J, Lake J, Loturco I, Blagrove R, Turner A, et al. Bilateral Deficit During Jumping Tasks: Relationship With Speed and Change of Direction Speed Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021; 35 (7): 1833-1840.
332. Dos'Santos T, Thomas C, A. Jones P, Comfort P. Asymmetries in single and triple hop are not detrimental to change of direction speed. *Journal of Trainology*. 2017; 6 (2): 35-41.

333. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CC, Rosseti M, Carpes FP, et al. Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biology of Sport*. 2019; 36 (3): 209-216.
334. Bishop C. Interlimb Asymmetries: Are Thresholds a Usable Concept? *Strength and Conditioning Journal*. 2021; 43 (1): 32-36.
335. Gonzalo-Skok O, Serna J, Rhea MR, Marín PJ. Relationships between functional movement tests and performance tests in young elite male basketball players. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015; 10 (5): 628-638.

Capítulo 10.

Anexos

10. ANEXOS

Se adjuntan los siguientes ANEXOS:

- ANEXO 1: Información artículos publicados.
- ANEXO 2: FI-379. Aceptación escrita de los coautores para que el doctorando presente el trabajo como tesis doctoral.
- ANEXO 3: Informe positivo del comité de ética.

10.1. Anexo 1.

Información artículos publicados

Información de los artículos publicados:

- **Factor de impacto de las revistas en las que se ha publicado.** Dicho factor de impacto es una métrica que se calcula a partir de los datos indexados en la “*Web of Science Core Collection*”.
- **Ranking por factor de impacto de la revista.** Las revistas de una categoría se clasifican en orden descendente según el Factor de Impacto de la Revista (JIF), lo que da como resultado una clasificación por categorías.

Artículo/ Manuscript	Revista/Journal	Factor de impacto/ Impact Factor
I	International Journal of Environmental Research and Public Health Ranking in 2021 ISI – JCR (Public, Environmental & Occupational Health): 45/182 Q1	4.614
II	Biology-Basel Ranking in 2022 ISI – JCR (Biology): 25/92 Q2	4.2
III	Frontiers in Physiology Ranking in 2022 ISI – JCR (Physiology): 20/79 Q2	4.0
IV	BMC Sports Science Medicine and Rehabilitation Ranking in 2022 ISI – JCR (Sport Sciences): 61/87 Q3	1.9

10.2. Anexo 2.

*Aceptación de Coautores de Publicaciones en Tesis Doctorales
por Compendio de Artículos*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research
publication for its presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	09015146-L
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Lozano Jarque, Demetrio
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50.830 Zaragoza, Spain.
Categoría <i>Academic category</i>	Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	1-Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2- Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. 3-Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. 4- Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

**RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO
PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research
publication as part of my PhD Thesis***

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research
publication for its presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	73012041-J
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Mainer Pardos, Elena
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50.830 Zaragoza, Spain.
Categoría <i>Academic category</i>	Doctora
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	1-Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2- Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. 3-Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. 4- Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

**RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO
PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research
publication as part of my PhD Thesis***

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	53540254-A
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Cartón Llorente, Antonio
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50.830 Zaragoza, Spain.
Categoría <i>Academic category</i>	Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	1-Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2- Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. 3-Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. 4- Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research publication as part of my PhD Thesis*

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research
publication for its presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	10850026-Y
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Torrontegui Duarte, Marcelino
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Department Nursing and Podiatry, University of Malaga, 29016 Málaga, Spain
Categoría <i>Academic category</i>	Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	1-Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

**RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO
PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research
publication as part of my PhD Thesis***

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	17864890-P
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Arjol Serrano, José Luis
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50.830 Zaragoza, Spain.
Categoría <i>Academic category</i>	Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	2- Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research publication as part of my PhD Thesis*

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research
publication for its presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	Y7701389Z
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Nobari, Hadi
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, 10.003 Cáceres, Spain.
Categoría <i>Academic category</i>	Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	2- Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. 3-Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. 4- Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

**RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO
PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research
publication as part of my PhD Thesis***

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*

**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research
publication for its presentation as part of a PhD Thesis***



Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	674853
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Pettersen, Svein Arne
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	UiT The Arctic University of Norway, School of Sport Sci, Faculty of Health Sci. Postboks 6050 Langnes 9037 Tromsø
Categoría <i>Academic category</i>	Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	3-Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research publication as part of my PhD Thesis*

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*

ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*



DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	509906779
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Bishop, Chris
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Faculty of Science and Technology, London Sport Institute, Middlesex University, London NW4 1RL, UK
Categoría <i>Academic category</i>	Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí / Yes
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	4- Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Roso Moliner, Alberto

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 21 de julio de 2023

Firma / *Signature*

RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research publication as part of my PhD Thesis*

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*

10.3. Anexo 3.

Informe positivo del comité de ética



**Informe Dictamen Favorable
Trabajos académicos**

C.P. - C.I. PI21/011

10 de febrero de 2021

Dña. María González Hinjós, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 10/02/2021, Acta Nº 03/2021 ha evaluado la propuesta del Trabajo:

Título: Valoración nutricional y efectos de un programa de entrenamiento combinado, en el rendimiento físico de jugadoras de fútbol.

Alumno: Alberto Roso Moliner

Directores: Demetrio Lozano Jarque y Noelia Bonfanti

Versión protocolo: V 2.0 de 03/02/2021

Versión documento de información y consentimiento: V 2.0 de 03/02/2021

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables.
- El Tutor/Director garantiza la confidencialidad de la información, la obtención de los consentimientos informados, el adecuado tratamiento de los datos en cumplimiento de la legislación vigente y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

3º. Por lo que este CEIC emite **DICTAMEN FAVORABLE a la realización del proyecto.**

Lo que firmo en Zaragoza
GONZALEZ HINJOS MARIA - DNI
03857456B
Fecha: 2021.02.12
13:19:28 +01'00'

María González Hinjós
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)