



La Periodización Integral

Una nueva propuesta para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas

Tesis Doctoral
José Jiménez Iglesias

LA PERIODIZACIÓN INTEGRAL: UNA NUEVA PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LAS ACCIONES DE ALTA INTESIDAD EN FUTBOLISTAS

Tesis Doctoral



Programa oficial de doctorado en Ciencias de la Actividad Física y el
Deporte

Facultad de Ciencias de la Educación

Universidad de Cádiz

José Jiménez Iglesias

junio de de 2025



DEPARTAMENTO DE LA EDUCACIÓN FÍSICA, PLÁSTICA
Y MUSICAL FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

***LA PERIODIZACIÓN INTEGRAL: UNA NUEVA PROPUESTA PARA LA
MEJORA DE LAS ACCIONES DE ALTA INTESIDAD EN FUTBOLISTAS***

JOSÉ JIMÉNEZ IGLESIAS

Directores de Tesis

Dr. José Castro Piñero

Catedrático de Universidad de
Cádiz

España

Dr. Oliver Gonzalo Skok

Profesor Titular de Universidad
Loyola de Andalucía

España

En Cádiz, junio 2025



Dr. D. José Castro Piñero

Catedrático de Universidad

Departamento de a Educación Física, Plástica
y MusicalFacultad de Ciencias de la Educación

Universidad de Cádiz

JOSÉ CASTRO PIÑERO, CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD
DE CÁDIZ, CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral titulada “*LA PERIODIZACIÓN INTEGRAL: UNA NUEVA PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LAS ACCIONES DE ALTA INTESIDAD EN FUTBOLISTAS*” que presenta D. José Jiménez Iglesias al superior juicio que del tribunal que designe la Universidad de Cádiz, ha sido realizada bajo mi dirección durante los años 2020-2025, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de su autor, en condiciones tan aventajadas que le hacen merecedora del Título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el citado Tribunal.

Fdo. José Castro Piñero



Dr. D. Oliver Gonzalo Skok

Profesor Titular de Universidad

Universidad Loyola de Andalucía

Departamento de Comunicación y Educación

OLIVER GONZALO, PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD
LOYOLA DE ANDALUCÍA, CERTIFICA:

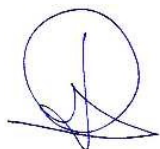
Que la Tesis Doctoral titulada “*LA PERIODIZACIÓN INTEGRAL: UNA NUEVA PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LAS ACCIONES DE ALTA INTESIDAD EN FUTBOLISTAS*” que presenta D. José Jiménez Iglesias al superior juicio que del tribunal que designe la Universidad de Cádiz, ha sido realizada bajo mi dirección durante los años 2020-2025, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de su autor, en condiciones tan aventajadas que le hacen merecedora del Título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el citado Tribunal.

Fdo. Oliver Gonzalo Skok.

Tanto el doctorando José Jiménez Iglesias, como sus directores de tesis, D. José Castro Piñero y D. Oliver Gonzalo Skok:

Garantizamos que la presente Tesis Doctoral ha sido redactada bajo la supervisión de los directores de tesis y, hasta donde nuestro conocimiento alcanza, respetando la autoría de los estudios citados, al utilizarse sus resultados o publicaciones.

Directores de tesis



Fdo. José Castro Piñero.



Fdo. Oliver Gonzalo Skok.

Doctorando



Fdo. José Jiménez Iglesias.

ÍNDICE

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y FINANCIACIÓN 9

 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y FINANCIACIÓN..... 11

ESTUDIOS DE REFERENCIA 12

 ESTUDIOS DE REFERENCIA..... 14

LISTA DE TABLASFIGURAS Y MATERIAL SUPLEMENTARIO 16

 LISTA DE TABLAS 18

 LISTA DE FIGURAS 21

 MATERIAL SUPLEMENTARIO 22

ABREVIATURAS 23

 ABREVIATURAS 25

RESUMEN 28

 RESUMEN..... 30

INTRODUCCIÓN..... 37

 1. INTRODUCCIÓN 39

HIPÓTESIS 47

 2. HIPÓTESIS..... 49

OBJETIVOS 50

 3. OBJETIVOS..... 52

MATERIAL Y MÉTODO 54

 4. MATERIAL Y MÉTODO 56

 4.1. Participantes 56

4.2. Diseño	61
4.3. Procedimientos	66
4.4. Variables estudiadas	80
4.5. Análisis estadístico	86
RESULTADOS.....	91
5. RESULTADOS	93
5.1. Estudio I.....	93
5.2. Estudio II	106
5.3. Estudio III	111
DISCUSIÓN.....	116
6. DISCUSIÓN	118
6.1. Estudio I.....	118
6.2. Estudio II.	126
6.3. Estudio III.	134
FORTALEZAS Y LIMITACIONES	142
7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES.....	144
7.1. Estudio I.....	144
7.2. Estudio II.	145
7.3. Estudio III.	146
CONCLUSIONES.....	148
8. CONCLUSIONES	150
LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	154
9. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	156

APLICACIONES PRÁCTICAS	158
10. APLICACIONES PRÁCTICAS.....	160
REFERENCIAS	162
11. REFERENCIAS.....	164
CV ABREVIADO	190
12. CURRICULUM ABREVIADO.....	192
ANEXOS (MATERIAL SUPLEMENTARIO).....	199
13. ANEXOS (MATERIAL SUPLEMENTARIO)	201

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y FINANCIACIÓN

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y FINANCIACIÓN

La presente Tesis Doctoral no se ha realizado en el marco de ningún proyecto financiado:

Los recursos necesarios para el desarrollo de esta tesis fueron cedidos mayormente por el Cádiz. C.F., así como por el grupo de investigación de la Universidad de Cádiz Galeno-CTS158 y el Instituto de Investigación en Innovación en Ciencias Biomédicas (INiBICA).

ESTUDIOS DE REFERENCIA

ESTUDIOS DE REFERENCIA

La presente Tesis Doctoral se basa en tres estudios, los cuales se presentan y agrupan según cada apartado de contenido a lo largo del documento, en el siguiente orden.

Estudio I. Reliability of a field-based fitness test battery in young trained footballers: the role of biological age/ Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica.

José Jiménez-Iglesias, Oliver Gonzalo-Skok, Mario Landi-Fernández, Alejandro Pérez-Bey, José Castro-Piñero

Publicado en JCR: “*Life*” Q1.

Estudio II. Comparative effects of 9 month in season resistance training with a novel periodization approach (Integral Periodization) vs a traditional approach on high intensity actions in young-trained soccer players/Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados.

José Jiménez-Iglesias, Oliver Gonzalo-Skok, Mario Landi-Fernández, Alejandro Pérez-Bey, Eduardo de la Pascua-

Roca, Pedro Gómez Piqueras, Miguel Ángel Campos-Vázquez, José Castro-Piñero.

Sometido en JCR: *“Biology of Sport” Q1. 2ª Revised version submitted.*

Estudio III. Comparative effects of two different frequencies of resistance training in an Integral Periodization approach on high intensity actions and non-contact injuries in young-trained soccer players /Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados.

José Jiménez-Iglesias, José Castro-Piñero, Mario Landi-Fernández, Alejandro Pérez-Bey, Eduardo de la Pascua-Roca, Oliver Gonzalo-Skok.

Sometido en JCR: *“International Journal of Physiology and Performance” Q1. Revised version submitted.*

LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y MATERIAL SUPLEMENTARIO

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de la muestra (estudio I).

Tabla 2. Principales características del ciclo de entrenamiento específico de fútbol según la Periodización Integral. Adaptado de Jiménez-Iglesias y Campos (2024).

Tabla 3. Variables de entrenamiento del modelo tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad.

Tabla 4. Características compensatorias entre situaciones jugadas y las sesiones de entrenamiento de fuerza (Campos & Jiménez-Iglesias 2024).

Tabla 5. Características del programa de entrenamiento de fuerza en el grupo de Periodización Integral (estudio II).

Tabla 6. Características del programa de entrenamiento de fuerza (estudio III).

Tabla 7. Características descriptivas de la muestra por grupos de *Peak Height Velocity* en el test y el retest (estudio I).

Tabla 8. Fiabilidad test-retest de las pruebas de condición física por grupo de *Peak Height Velocity* en el retest (estudio I).

Tabla 9. Cambios en el rendimiento después de la intervención en el Grupo de Periodización Tradicional y el Grupo de Periodización Integral (media $\pm$ DE) (estudio II).

Tabla 10. Comparación intra- e inter-grupo de las variables descriptivas (estudio II).

Tabla 11. Incidencia y severidad de las lesiones sin contacto comparando el Grupo de Periodización Tradicional y el Grupo de Periodización Integral (estudio II).

Tabla 12. Diferencias intra-grupo para los grupos Grupo frecuencia 1 y Grupo frecuencia 2 de entrenamiento (estudio III).

Tabla 13. Comparación intra-grupo y entre grupos de las variables descriptivas (estudio III).

Tabla 14. Incidencia y severidad de las lesiones sin contacto comparando el Grupo frecuencia 1 entrenamiento de fuerza y el Grupo frecuencia 1 entrenamiento de fuerza (estudio III).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño del estudio I.

Figura 2. Diseño del estudio II.

Figura 3. Diseño del estudio III.

Figura 4. Gráficos de Bland-Altman de los diferentes test (estudio I).

Figura 2. Porcentaje de cambio Pre-Post comparando la Periodización Integral y la Periodización Tradicional (estudio II).

Figura 3. Porcentaje de cambio Pre-Post comparando la Frecuencia 1 y la Frecuencia 2 (estudio III).

MATERIAL SUPLEMENTARIO

1. **Estudio I.** *Reliability of a field-based fitness test battery in young trained footballers: the role of biological age*
Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica.
2. **Estudio II.** *Comparative effects of 9 month in season resistance training with a novel periodization approach (Integral Periodization) vs a traditional approach on high intensity actions in young-trained soccer players*/Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados.
3. **Estudio III.** *Comparative effects of two different frequencies of resistance training in an Integral Periodization approach on high intensity actions and non-contact injuries in young-trained soccer players* /Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados.

ABREVIATURAS

ABREVIATURAS

- 1. Intermitent Fitness Test (30-15 IFT)**
- 2. Aceleraciones (AC)**
- 3. Acciones de alta intensidad (AAI)**
- 4. Área relativa (AR)**
- 5. Cambio de dirección (CDD)**
- 6. Cambio Mínimo Detectable (CMD)**
- 7. Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI)**
- 8. Coeficiente de Variación (CV)**
- 9. Counter Movement Jump (CMJ)**
- 10. Desaceleraciones (DC)**
- 11. Descanso (DSC)**
- 12. Desviación estándar (DE)**
- 13. Día de partido (DP)**
- 14. Edad biológica (EB)**
- 15. Edad cronológica (EC)**
- 16. Enfoque de carga (EC)**
- 17. Entrenamiento de fuerza (EF)**
- 18. Error Estándar de Estimación (EEE)**
- 19. Error Estándar de Medición (EEM)**

- 20. Experiencia en entrenamiento de fútbol (EEF)**
- 21. Entrenamiento de fuerza (EF)**
- 22. Fitness cardiorrespiratorio (FCR)**
- 23. Frecuencia 1 (F1)**
- 24. Frecuencia 2 (F2)**
- 25. Grupo frecuencia 1 de entrenamiento de fuerza (GF1)**
- 26. Grupo frecuencia 2 de entrenamiento de fuerza (GF2)**
- 27. Grupo Periodización Integral (GPI)**
- 28. Grupo Periodización Tradicional (GPT)**
- 29. High Sprint Running (Carrera de alta velocidad) (HSR)**
- 30. Intervalo de confianza (IC)**
- 31. Lesiones sin contacto (LSC)**
- 32. Localización estrés mecánico (LEM)**
- 33. Movimiento prioritario (MP)**
- 34. Peak Height Velocity (PHV)**
- 35. Periodización Integral (PI)**
- 36. Periodización Tradicional (PT)**
- 37. Primer Test (T1)**

- 38. Raíz Cuadrada de la Suma Media de los Errores Cuadrados (RCMEC)**
- 39. Re-test (T2)**
- 40. Semana (S)**
- 41. Sesión 1 (s1)**
- 42. Sesión 2 (s2)**
- 43. Sesiones de entrenamiento de fuerza (SEF)**
- 44. Sistemas de posicionamiento global (GPS)**
- 45. Situación Grande en Espacios Medianos (SG-EM)**
- 46. Situación Mediana en Espacios Grandes (SM-EG)**
- 47. Situación Pequeña en Espacios Pequeños (SP-EP)**
- 48. Situaciones jugadas (SJ)**
- 49. Suma de los Errores Cuadrados (SEC)**
- 50. Suma Media de los Errores Cuadrados (SMEC)**
- 51. Test de cargas progresivas (TCP)**
- 52. Tipo de ejercicios (TEJ)**

RESUMEN

RESUMEN

El fútbol es el deporte más popular a nivel mundial y uno de los mayores fenómenos sociales de la actualidad. Es una modalidad que se caracteriza por una dinámica de esfuerzos intermitentes. Durante los partidos, los jugadores alternan periodos de alta y baja intensidad, siendo las acciones de alta intensidad, como sprints, aceleraciones, desaceleraciones, saltos y cambios de dirección, fundamentales para el rendimiento competitivo. Estas acciones, cruciales para el juego, también están asociadas con un alto riesgo de lesiones sin contacto, lo que resalta la importancia de su mejora en el entrenamiento.

En los últimos años, el fútbol ha evolucionado hacia un juego más exigente en términos de intensidad, con un aumento en el número de aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección, sprints y la distancia recorrida a alta velocidad. La capacidad de realizar acciones de alta intensidad (AAI) se ha mostrado como una clara diferencia entre jugadores de alto nivel y de clase mundial. Por ello, mejorar las acciones de alta intensidad se considera esencial para el rendimiento competitivo en el fútbol.

Debido a su trascendencia en el juego, sería importante poder evaluar las AAI en los futbolistas. A pesar de contar con una gran cantidad de pruebas, no existe una batería completa de pruebas fiables para la valoración de las AAI en

su conjunto. A la hora de valorar estas acciones, y sobre todo en un contexto de fútbol formativo, no podemos obviar la edad biológica de los jugadores, ya que influye en su desarrollo físico y rendimiento, siendo los jugadores más maduros biológicamente los que muestran un mayor rendimiento en estas acciones.

Por otro lado, para la mejora de las AAI, así como para minimizar las lesiones sin contacto, las situaciones jugadas junto con el entrenamiento de fuerza se antojan cruciales. A pesar de su importancia, el fútbol ha carecido de una metodología de entrenamiento específica hasta tiempos recientes que relacione ambos recursos de entrenamiento. Los modelos de periodización existentes no integran de manera armónica el entrenamiento de fuerza con el trabajo técnico-táctico de las situaciones jugadas, lo que podría generar interferencias en las adaptaciones. Un enfoque más holístico que considere ambas áreas de manera conjunta sería esencial para optimizar el rendimiento y minimizar el riesgo de lesiones.

Igualmente, dentro de este contexto de entrenamiento, la frecuencia del entrenamiento de fuerza para mejorar las acciones de alta intensidad dentro del microciclo semanal sigue siendo un tema de debate, aunque se sugiere que dos sesiones semanales podrían ser más efectivas que una única sesión.

Teniendo en cuenta este contexto, el objetivo principal de la presente Tesis Doctoral fue comprobar la validez de un modelo de periodización (Periodización Integral), fundamentado en una metodología de trabajo de fuerza para la mejora de las AAI basada en los movimientos de la competición, que se desarrolle de manera armónica y complementaria con respecto al desarrollo de los ciclos de trabajo de situaciones jugadas en el campo (técnico-táctico/condicional). Igualmente, pretende valorar las posibles diferencias en la mejora de estas acciones y la incidencia lesiva entre la periodización propuesta frente a otros paradigmas “tradicionales” del entrenamiento de la fuerza (**1^{er} objetivo**) y la frecuencia del mismo (**2^o objetivo**). Como objetivo secundario este trabajo pretende analizar la fiabilidad de una batería de test para valorar las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados. **Para el objetivo secundario**, 197 futbolistas jóvenes entrenados (de 12 a 19 años) fueron evaluados en datos antropométricos (altura, altura sentado, longitud de pierna y masa corporal), una prueba bilateral de salto vertical (CMJ), un test de cargas progresivas (TCP) en sentadilla y hip-thrust (HT) , pruebas de aceleración y velocidad (pruebas de sprints de 10-m y 30-m), una prueba de la capacidad de cambio de dirección (prueba V-Cut) y otra del fitness cardiorrespiratorio (30-15 Intermittent Fitness Test (30-15 IFT)), y se sometieron a un test y re-test para valorar la

fiabilidad de los pruebas mediando a través de la edad biológica. **Para el 1^{er} objetivo**, 45 futbolistas entrenados ($15,2 \pm 0,1$ años) fueron divididos aleatoriamente en un grupo de entrenamiento de Periodización Tradicional (GPT, $n=21$) o un grupo de entrenamiento de Periodización Integral (GPI, $n=24$); y para el **2^o objetivo**, un segundo estudio en el que 45 futbolistas entrenados (16.6 ± 0.69 años) fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: grupo de frecuencia de entrenamiento 1 (GF1) ($n=18$) o grupo de frecuencia de entrenamiento 2 (GF2) ($n=22$). Para los objetivos 2^o y 3^o, los participantes se sometieron a la misma batería de test que en el objetivo 1^o; pero además se registraron las lesiones sin contacto.

En el estudio I, la mayoría de los test mostraron diferencias no significativas entre el test y el retest en la muestra agrupada ($p > 0.05$), excepto el CMJ, sprint de 10-m, V-Cut y TCP en sentadilla. Además, todos presentaron un tamaño del efecto trivial (<0.2), altos coeficientes de correlación intraclase (>0.9), bajos errores de medición para todos los test, excepto para el CMJ y TCP en sentadilla y HT ($CV=12.2-21.11$). Todo ello indica una alta reproducibilidad de los test. Se obtuvieron resultados similares independientemente del grupo de edad biológica.

En el estudio II, el GPT mostró diferencias significativas pre-post en CMJ ($2,85 \pm 1,37$ cm, $p=0,002$, $d=0,89$), sentadilla ($25,62 \pm 3,59$ kg, $p<0,001$, $d=2,93$), HT ($40,95 \pm 5,15$ kg,

$p < 0,001$, $d = 4,43$) y V-Cut ($-0,15 \pm 0,1$ s, $p = 0,014$, $d = 0,6$). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas pre-post en 10-m ($-0,02 \pm 0,03$ s, $p > 0,1$), 30-m ($-0,02 \pm 0,05$ s, $p > 0,1$) y 30-15IFT ($0,36 \pm 0,37$ km/h, $p > 0,1$). Por su parte el GPI mostró diferencias significativas pre-post en CMJ ($2,78 \pm 1,71$ cm, $p = 0,011$, $d = 0,42$), sentadilla ($27,21 \pm 3,59$ kg, $p < 0,001$, $d = 2,94$) y HT ($38,73 \pm 5,19$ kg, $p < 0,001$, $d = 3,6$), 10-m ($-0,14 \pm 0,03$ s, $p < 0,001$, $d = 1,56$), 30-m ($-0,19 \pm 0,15$ s, $p < 0,001$, $d = 0,95$) y V-Cut ($-0,32 \pm 0,09$ s, $p < 0,001$, $d = 0,97$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas pre-post en 30-15IFT ($-0,23 \pm 0,39$ km/h, $p > 0,1$). En cuanto al análisis entre grupos se observaron diferencias significativas entre GPT y GPI en el test de 10-m ($p < 0,001$), 30-m ($p < 0,001$) y V-Cut ($p = 0,012$) a favor de GPI, y 30-15IFT ($p = 0,033$) a favor de GPT. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre grupos para CMJ ($p > 0,05$), y los TCP en sentadilla y HT ($p > 0,05$). Además, se encontraron diferencias significativas en la incidencia de lesiones ($p = 0,028$) a favor de GPI, pero no en su gravedad ($p > 0,05$).

En referencia a los resultados del estudio III, El grupo GF1 mostró diferencias significativas pre-post en el CMJ, TCP en sentadilla y HT y V-Cut ($d = 0,59$ a $2,79$). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en los 10-m ($0,02 \pm 0,06$ s, $p > 0,1$), 30-m ($0,03 \pm 0,07$ s, $p > 0,1$) y 30-15IFT ($0,14 \pm 0,21$ km/h, $p > 0,1$).

El grupo GF2 mostró diferencias significativas pre-post en el rendimiento de todas los test: CMJ ($1,62 \pm 1,12$ cm, $p=0,011$, $d=0,4$), TCP en sentadilla ($30,14 \pm 3,94$ kg, $p<0,001$, $d=3,41$) y HT ($45,32 \pm 4,58$ kg, $p<0,001$, $d=4,35$), 10-m ($-0,13 \pm 0,03$ s, $p<0,001$, $d=1,86$), 30-m ($-0,15 \pm 0,04$ s, $p<0,001$, $d=1,25$), V-Cut ($-0,24 \pm 0,08$ s, $p<0,001$, $d=1,09$) y 30-15IFT ($0,41 \pm 0,23$ km/h, $p=0,003$, $d=0,46$). En el análisis entre grupos se observaron diferencias significativas entre el grupo GF1 y el grupo GF2 en términos de los efectos sobre el TCP en sentadilla ($p=0,03$) y HT ($p=0,006$), 10-m ($p<0,001$) y 30-m ($p<0,001$), en favor del grupo GF2. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos para el CMJ ($p>0,05$), V-Cut ($p>0,05$) y 30-15IFT ($p>0,05$). En cuanto a la gravedad de las lesiones, se encontraron diferencias significativas ($p=0,049$) a favor del grupo GF2, con una menor gravedad de las lesiones, mientras que no se observaron diferencias en la incidencia de lesiones ($p>0,05$).

En base a los resultados obtenidos en los distintos estudios que conforman la presente Tesis Doctoral podemos afirmar que se obtuvieron los siguientes hallazgos: **1.** Todos los test propuestos para elaborar una batería de test de campo para valorar las acciones de alta intensidad son fiables tanto para la muestra total como para los grupos de edad biológica. **2.** La Periodización Integral parece ser un método más efectivo que una Periodización Tradicional de cara mejorar las acciones de alta intensidad y reducir la incidencia de lesiones.

sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados. **3.** En un modelo de Periodización Integral la frecuencia de entrenamiento de fuerza 2 parece ser superior para mejorar las AAI que la frecuencia 1, y de cara a reducir la gravedad de las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Es sabido que el fútbol es el deporte más popular en la actualidad con alrededor de 200 millones de practicantes entre todos los niveles competitivos (Dvorak et al., 2004), siendo además uno de los fenómenos socioculturales más influyentes del mundo (Curry, 2021).

El fútbol, como otros deportes colectivos, se caracteriza por una dinámica de esfuerzos intermitente en competición. Esto significa que, durante los partidos, que tienen una duración de 90 minutos, los jugadores van pasando por periodos de juego de moderada-alta-máxima intensidad intercalados por otros momentos del juego en los que la intensidad es baja o muy baja, siendo considerados estos periodos como momentos de pausa. A pesar de que la dinámica de esfuerzos es iterativa e impredecible, sí que presenta algunos patrones que se suelen repetir, por ejemplo, tras una fase de máxima exigencia, siempre le sigue un período de juego en el que la intensidad es inferior al promedio de la competición (Filter et al., 2023).

Esta dinámica de esfuerzos intermitentes implica la realización con éxito de movimientos rápidos y explosivos como el sprint, las aceleraciones (AC), las desaceleraciones (DC), el salto, o el cambio de dirección (CDD) (Filter et al., 2023; Swinnen, 2016), considerándose acciones

fundamentales para el juego (Gómez-Piqueras & Alcaraz, 2024; Stølen et al., 2005; Swinnen, 2016). Además, cabe destacar que, en los últimos años, este deporte ha evolucionado hacia una modalidad cada vez más intermitente y con acciones más exigentes en términos de intensidad absoluta (Filter et al., 2023). Alrededor del 12% de la distancia total recorrida por los jugadores en un partido implica acciones de este tipo (Rebelo et al., 2014). En la última década el número de sprints y la distancia recorrida a sprint se ha incrementado en la *Premier League* un 85% y 35%, respectivamente (Barnes et al., 2014). Además, para realzar aun más el valor de este tipo de esfuerzos, debemos destacar como una diferencia entre jugadores de alto nivel y jugadores de clase mundial, la capacidad superior de los segundos de cubrir mayores distancias a altas velocidades, y su capacidad para esprintar y/o cambiar de dirección con respecto a los primeros (Filter et al., 2023; Mohr; Krustup; Bangsbo et al., 2003; Rampinini et al., 2009; Rebelo et al., 2013; Swinnen, 2016). A todo esto, debemos añadir que casi todos los goles vienen precedidos de acciones como el sprint y el CDD (tanto por parte del jugador que anota como del que asiste), considerándose por ende acciones cruciales de cara a conseguir el éxito competitivo (Faude et al., 2012) y que curiosamente son estas acciones las que guardan más relación con la mayoría de las lesiones sin contacto (LSC) en

el fútbol (Gómez-Piqueras & Alcaraz, 2024; Harper et al., 2024).

Según todo lo aportado parece lógico buscar la mejora en nuestros jugadores de las acciones de alta intensidad (AAI), entendidas como AC, DC, sprints y CDD (Filter et al., 2023), a través de una metodología de trabajo adecuada, así como la valoración de las mismas.

En lo referente a la valoración las AAI, en el contexto de las ciencias del deporte existen pruebas que han demostrado su fiabilidad con diferentes poblaciones para evaluación de estas. Por ejemplo, la fuerza del tren inferior en distintos vectores ha sido evaluada de forma fiable a través del test de cargas progresivas (TCP) en poblaciones generales de deportistas (Alcaraz et al., 2018; González-Badilo et al., 2010), al igual que la capacidad de salto a través del Counter Movement Jump (CMJ) (Bright et al., 2023). La AC y la velocidad también han sido evaluadas a través del sprint de 10-m y 30-m respectivamente, esta vez sí en población de futbolistas (Altmann et al., 2019); así como la capacidad de CDD, a través del Test V-Cut, que también ha sido evaluada de forma fiable en jugadores de baloncesto (Gonzalo-Skok et al., 2015). A pesar de que existan estas evaluaciones en distintas poblaciones, no existe una batería que aúne la evaluación fiable de la mayoría las AAI (salto, sprint, AC, DC y CDD) en una población de futbolistas (Dos Santos & Jones, 2023). En referencia las valoraciones y rendimiento, es

interesante conocer dos variables relacionadas con la edad: la edad cronológica (EC) y la edad biológica (EB) (Meylan et al., 2010). La EC se refiere al periodo comprendido entre la fecha de nacimiento y el día actual, que hace que los futbolistas pertenezcan a un determinado grupo de edad competitiva (por ejemplo, sub-13, sub-15) (Hill et al., 2020). Por otro lado, la EB se refiere al estado biológico de los jugadores, entendido como el punto de desarrollo hacia la edad adulta (Malina et al., 2015). Varía según cada sistema biológico y en función del estado, el momento y el tempo (Lloyd & Oliver, 2012; Malina et al., 2015) y se valora a través del *Peak Height Velocity* (PHV) (Mirwald et al., 2002). La EB desempeña un papel importante en el desarrollo somático y la evolución de las variables que determinan el rendimiento en los futbolistas jóvenes (Lloyd & Oliver, 2012). Se ha demostrado que los futbolistas más maduros parecen tener un mayor rendimiento en variables antropométricas, capacidad de salto, la fuerza del tren inferior, fitness cardiorrespiratorio (FCR) e, incluso, habilidades técnicas (Meylan et al., 2010). De hecho, una mayor EB parece dar a un jugador más posibilidades de ser fichado por una academia de fútbol profesional en comparación con otro jugador de la misma edad cronológica pero menos maduro (Hill et al., 2020). El resultado es el descarte prematuro de jugadores que podrían desarrollar altos niveles de rendimiento cuando alcancen su pleno desarrollo biológico

(Lovell et al., 2015). Por este motivo sería interesante que a la hora de valorar estas acciones se tuviera en cuenta este componente madurativo de los jugadores.

Por otro lado, en referencia a mejorar estas AAI, el entrenamiento a través de situaciones jugadas (SJ) (Casamichana et al., 2016; Owen, 2019) y el entrenamiento de fuerza (EF) se antojan como los recursos fundamentales de cara a lograr este fin, algo que se encuentra ampliamente respaldado por la literatura (Dos Santos & Jones, 2023; Keiner et al., 2020; Suarez-Arrones et al., 2021; Suchomel et al., 2018).

Este EF debería ser tenido en cuenta con un enfoque fundamentando en el movimiento. Si sabemos que las AAI que el futbolista efectúa en mayor medida en la competición son: sprints, AC desde parado y desde medias y altas velocidades, DC y CDD (Filter et al., 2023), sería adecuado construir un curriculum de contenidos de trabajo basados en estos movimientos, con ejercicios resistidos que respetasen los principios biomecánicos y neurocognitivos de estos gestos (Bosch, 2020). Además, parece muy lógico desarrollar ejercicios resistidos basados en los gestos competitivos, pues es sabido que desarrollar el entrenamiento en base a principios como el de la correspondencia dinámica (Verkhoshansky & Siff, 2009), el respeto de la teoría de los vectores (Contreras et al., 2017; Dello Iacono et al., 2017), así como la de los planos múltiples

(McCormick et al., 2016) y/o respetar la predominancia unilateral de la mayoría de estos gestos en su ejecución (Bosch, 2015; Gonzalo-Skok et al., 2017), nos llevaría a un mayor desempeño en las AAI que luego se darían en la competición (Seiru-Lo, 2017).

A pesar del enorme impacto a nivel social y económico que como hemos señalado anteriormente tiene este deporte (Curry, 2021), el fútbol ha carecido de una metodología de entrenamiento propia, prácticamente hasta comienzos del presente siglo. La teoría moderna del entrenamiento desarrollada durante el siglo XX por autores como Matveev, Verkhoshansky, Ozolin o Bompa, fue diseñada principalmente para dar respuesta a las características de las principales disciplinas deportivas individuales (atletismo, natación, etc.). Dicha teoría del entrenamiento es la que ha constituido el pilar fundamental de la metodología de entrenamiento utilizada en nuestro deporte durante el siglo pasado. Sin embargo, las diferencias entre los deportes individuales y colectivos, tanto en la naturaleza de la actividad desarrollada como en las características del período competitivo, han dejado clara la insuficiencia de los modelos metodológicos y de los modelos de periodización utilizados en los deportes individuales, para satisfacer las necesidades y requerimientos de los deportes colectivos como el fútbol (Jiménez-Iglesias & Campos-Vázquez, 2024).

Por suerte se han desarrollado modelos de periodización para este deporte que parecen aunar de forma lógica los contenidos de trabajo que demanda el fútbol actual; algunos ejemplos son la periodización táctica (Delgado-Bordonau & Méndez Villanueva, 2015), el microciclo estructurado (Seirulo, 2017) o el modelo de Verheijen (Verheijen, 2014). Sin embargo, hasta la fecha, ninguna de estas propuestas ha desarrollado un modelo de periodización holístico (o al menos no está publicado), en el que se periodice de forma armónica el EF para mejorar esas AAI (que tan cruciales hemos señalado que son) de manera conjunta con el trabajo de SJ en campo (técnico-táctico-físico), evitando las posibles interferencias que ambos tipos de entrenamientos podrían manifestar.

Como segundo problema añadido en la implementación de un modelo de periodización en el fútbol con el objetivo de mejorar las AAI aparece el de la frecuencia del EF. Como nos muestra la literatura la mayoría de los equipos de fútbol en la actualidad desarrollan normalmente una o dos sesiones orientadas a la fuerza en sala durante el periodo competitivo, y tres en el caso de la pretemporada (Loturco et al., 2022; Weldon et al., 2021). Diversos estudios han mostrado como una única sesión a la semana puede mejorar el rendimiento en AAI, aunque este efecto se maximiza en el caso de aumentar la frecuencia a dos sesiones semanales en acciones como el sprint, pero no está claro en otras AAI

(Otero-Esquina et al., 2017). En cuanto a la diferencia entre trabajar 2 ó 3 sesiones a la semana, un meta-análisis concluyó que no existían mejoras adicionales al utilizar 3 días de entrenamiento (Peterson et al., 2004).

En base a lo argumentado, sería interesante desarrollar un modelo de periodización, la llamaremos Periodización Integral (PI), fundamentado en una metodología de EF para la mejora de las AAI basada en los movimientos de la competición, que se desarrolle de manera armónica y complementaria con respecto al desarrollo de los ciclos de trabajo de SJ, así como la determinación de un óptimo volumen para la misma. Además, también sería interesante una batería de test fiable para la valoración de las AAI en futbolistas que tengan en cuenta la EB de los jugadores.

HIPÓTESIS

2. HIPÓTESIS

Las Hipótesis que se pretenden demostrar con la siguiente Tesis Doctoral son las siguientes:

- I.** Una batería de test de campo puede ser fiable para la valoración de la condición física y las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados (estudio I).
- II.** La PI es óptima para aumentar el rendimiento en las acciones de alta intensidad y reducir en la prevalencia de lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados, además de ser superior a otras metodologías tradicionales persiguiendo dicho fin (estudio II).
- III.** En un modelo de entrenamiento basado en la Periodización Integral la frecuencia 2 (F2) de entrenamiento de fuerza será superior a la frecuencia 1(F1) con el fin de mejorar las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados (estudio III).

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de la presente Tesis Doctoral fue comprobar la validez de un modelo de periodización (Periodización Integral), fundamentado en una metodología de trabajo de fuerza para la mejora de las AAI basada en los movimientos de la competición, que se desarrolle de manera armónica y complementaria con respecto al desarrollo de los ciclos de trabajo de situaciones jugadas en el campo (técnico-táctico/condicional). Por ello los objetivos principales de esta tesis fueron:

Estudio II. Examinar los efectos de un modelo de periodización novedoso (PI) que considera la relación de carga entre las SJ y el EF y compararlo con un modelo de Periodización Tradicional (PT) de EF comúnmente utilizado en el fútbol, sobre el rendimiento en las AAI y la incidencia de LSC en futbolistas jóvenes entrenados durante una temporada completa.

Estudio III. Comparar el efecto de dos frecuencias diferentes (F1 vs F2) de EF basadas en PI sobre el rendimiento en AAI y la incidencia de LSC en futbolistas jóvenes entrenados.

El objetivo secundario de esta tesis fue:

Estudio I. Analizar la fiabilidad de una batería de test de campo para la valoración de la condición física y las AAI en futbolistas jóvenes entrenados según la EB.

MATERIAL Y MÉTODO

4. MATERIAL Y MÉTODO

Para dar respuestas a las hipótesis y cumplir los objetivos de la presente Tesis Doctoral se desarrollaron tres estudios: un estudio metodológico transversal (estudio I), y dos intervenciones con diseño cuasi-experimental de dos grupos original -pre y -post (estudio II y III).

4.1. Participantes

La muestra que participó en este proyecto estuvo compuesta futbolistas jóvenes entrenados, desde sub-13 hasta sub-19 pertenecientes a la cantera del Cádiz C.F. (LaLiga EAsports 1ª división española). Todos los jugadores tenían una experiencia previa en el deporte de al menos 4 años y todos competían a nivel provincial o regional en sus respectivas categorías. Teniendo en cuenta la población de la cantera en un rango de edad desde los 13-19 años, el tamaño de la muestra fue calculado acorde a la fórmula para poblaciones finitas, utilizando un software específico (G*power 3.1.9.6, Düsseldorf, Alemania) con un error del 5% y un nivel de confianza del 95% (Cochrane, 2007).

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- I. Futbolistas masculinos pertenecientes a la cantera del Cádiz C.F.
- II. No tener ningún tipo de situación clínica (en ese momento) que le impida la práctica del fútbol.

III. Tener al menos 4 años de experiencia previa en el deporte.

El acceso a la muestra se realizó de forma automática, por tener la posibilidad de contar con la colaboración de todos los equipos que conforman la cantera del Cádiz C.F. y permitirse acceso total al día a día de dicha estructura.

En función del estudio, el tamaño y edad de la muestra presentó características que se muestran a continuación:

4.1.1. Estudio I.

“Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica”. Un total de 197 futbolistas jóvenes masculinos entrenados, de entre Sub-13 y Sub-19 ($14,74 \pm 2,2$ años) se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Características de la muestra (estudio I).

Categoría	Tamaño de la muestra	EC (años)	EB (PHV)	EF (años)	EEF (años)
Sub-13	32	11,25 $\pm$ 0,54	-2,46 $\pm$ 0,59	5-6	0
Sub-15	48	13,34 $\pm$ 0,59	-0,91 $\pm$ 1,94	7-8	0
Sub-17	65	15,32 $\pm$ 0,53	1,33 $\pm$ 0,53	8-9	1-2
Sub-19	52	17,35 $\pm$ 0,8	2,1 $\pm$ 0,77	9-10	1-2

EB: Edad biológica; **EC:** Edad cronológica; **EF:** Experiencia en fútbol; **EEF:** Experiencia en entrenamiento de fútbol.

Los participantes entrenaron un promedio de 4 días (75 minutos por sesión de entrenamiento) por semana, además de un partido oficial (90 minutos), lo que equivale a un promedio de 390 minutos por semana. Como indica uno de los criterios de inclusión, todos los jugadores tenían al menos cuatro años de experiencia previa en fútbol y realizaban sesiones de entrenamiento en su club para el desarrollo de sus habilidades futbolísticas. En el momento del estudio, todos los jugadores competían a nivel regional en sus respectivas categorías. La recolección de datos tuvo lugar durante la semana 21 de la temporada competitiva, después de dos meses de pretemporada.

4.1.2. Estudio II.

“Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados”. Un total de 45 futbolistas sub-16 ($15,2 \pm 0,1$ años). Todos los participantes completaron un total de 45 microciclos (semanas) durante la temporada, entrenaron un promedio de 4 días (75 minutos por sesión) y un partido competitivo (90 minutos), así como dos sesiones semanales de EF (30-minutos), lo que equivale a 450 minutos de actividad por semana. Durante la intervención, los participantes compitieron en diferentes

niveles regionales y autonómicos en sus respectivas categorías.

4.1.3. Estudio III.

“Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados”. El estudio involucró a un total de 45 futbolistas jóvenes (post-púberes, menores de 19 años) entrenados ($16,6 \pm 0,69$ años, post-púberes) con experiencia previa en EF (al menos 2 años). Durante la intervención, los jugadores compitieron en sus respectivas categorías a nivel regional-autonómico. La recolección de datos se realizó durante la temporada 2022/2023, específicamente en las semanas (pre-test), después de dos semanas de adaptación de carga tras el periodo de fuera de temporada, y en la semana 45 (post-test) de la temporada competitiva.

En los tres estudios, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los jugadores o de los padres o tutores legales de aquellos menores de 18 años, quienes fueron previamente informados en detalle sobre las características y los objetivos del estudio. Este estudio siguió las pautas establecidas en la Declaración de Helsinki para la investigación en sujetos humanos (Declaración de Helsinki

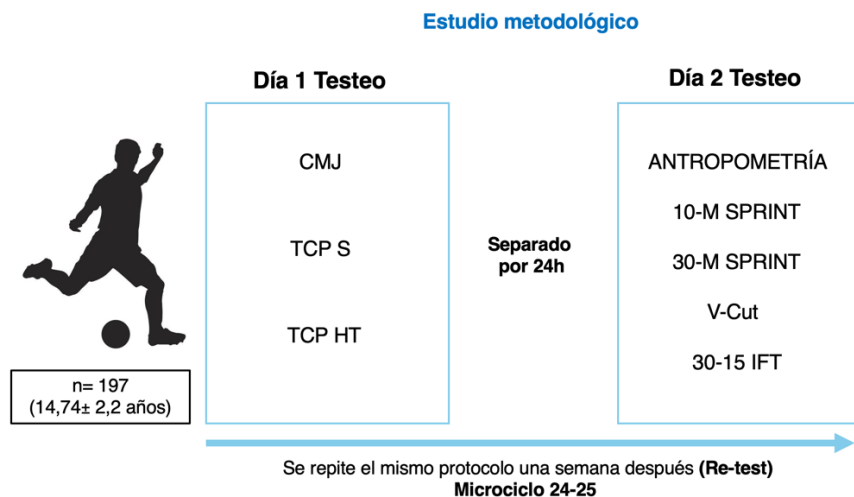
II). El comité de ética local aprobó el estudio (Universidad de Zaragoza, ciego para la revisión por pares).

4.2. Diseño

El desarrollo de las intervenciones y la recolección de datos se realizaron durante la temporada 2022/2023.

Estudio I. “Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica”. Se realizó un estudio metodológico donde se analizó la fiabilidad de una batería de test de campo para la valoración de la condición física y AAI en 197 (futbolistas jóvenes masculinos según EB, con edades comprendidas entre 13 y 19 años ($14,74 \pm 2,2$ años). Las evaluaciones se desarrollaron en el microciclo 24 del periodo competitivo, realizándose un re-test en el microciclo siguiente. Recopilamos datos de mediciones antropométricas (altura, altura sentado, longitud de pierna y peso corporal), valoración de la fuerza del tren inferior (CMJ, TCP en Sentadilla y HT), pruebas de AC y velocidad (sprint de 10-m y 30-m), una prueba de CDD (V-cut) y una prueba de FCR (30-15 IFT), estructuradas en el tiempo tal como se indica en la Figura 1.

Figura 1. Diseño del estudio I.



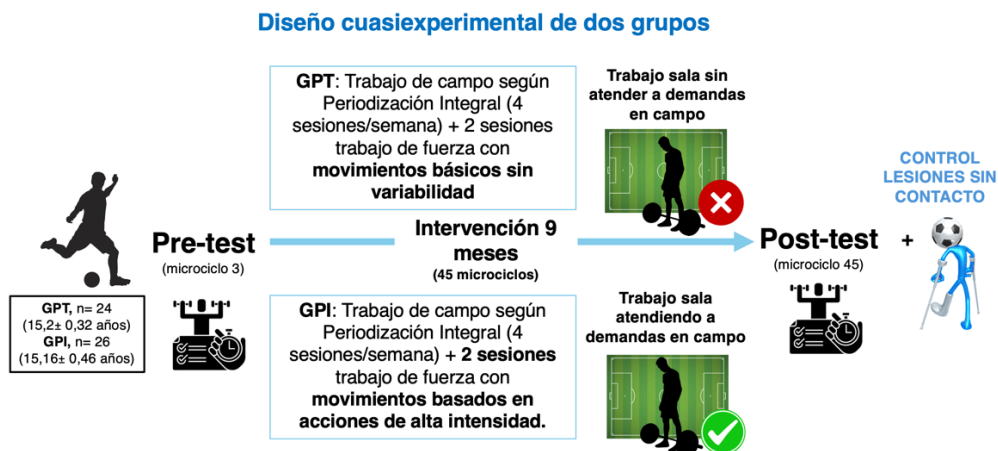
CMJ: salto en contramovimiento; **HT:** Hip Thrust; **S:** sentadilla; **V-Cut** : prueba de cambio de dirección; **10-m:** prueba de sprint de 10-m; **30-m:** prueba de sprint de 30-m; **30-15IFT:** 30-15 Intermittent Fitness Test.

En el **estudio II “Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados”**.

Se utilizó un diseño cuasi-experimental original de dos grupos. Los jugadores de dos equipos diferentes fueron divididos aleatoriamente en un grupo de entrenamiento con PT (n=24) y un grupo de entrenamiento con PI (n=26). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las variables antropométricas y la EB antes y después de la intervención.

La muestra de participantes fue mayor en la primera evaluación (GPT, n=24, GPI, n=26), pero por razones clínicas y de continuidad en el club algunos jugadores fueron excluidos de la muestra final (GPT, n=21, y GPI, n=24). Se recopilaron datos antropométricos (altura y peso corporal), y todos los participantes realizaron una batería de test de condición física en el campo para evaluar el rendimiento en las AAI similar a la del estudio I, con el fin de valorar las AAI en la muestra. El pre-test se realizó en el microciclo 3, después de dos semanas de adaptación de carga tras el periodotransitorio, y en el microciclo 45 (posttest) de la temporada competitiva (Figura 2). Igualmente se registraron el número y gravedad de LSC durante todo el periodo de intervención.

Figura 2. Diseño del estudio II.



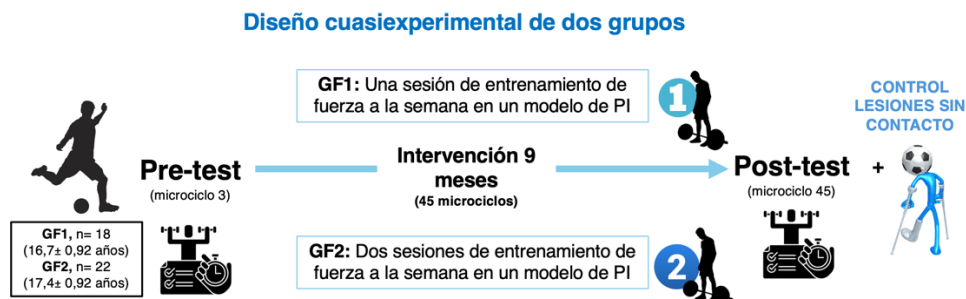
CMJ: salto en contramovimiento; **HT:** Hip Thrust; **GPI:** Grupo de entrenamiento de Periodización Integral; **GPT:** Grupo de entrenamiento de Periodización Tradicional; **S:** sentadilla; **V-Cut** : prueba de cambio de dirección; **10-m:** prueba de sprint de 10-m; **30-m:** prueba de sprint de 30-m; **30-15IFT:** 30-15 Intermitent Fitness Test.

Por último, en el **estudio III “Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados”**. El estudio se realizó utilizando un diseño cuasiexperimental de dos grupos siguiendo un diseño casi idéntico al del estudio II. Los jugadores de dos equipos diferentes (Sub-19 "B" y Sub-19 "C") fueron asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento con F2 de EF por semana (GF2, n=23) y a un grupo de entrenamiento con F1 de EF por semana (GF1, n=25), ambos utilizando un modelo de PI (Figura 3). Aunque

la muestra inicial era mayor en la primera evaluación, algunos participantes (n=5) fueron excluidos de la muestra final por razones clínicas y de continuidad en el club. De esta forma, la muestra final fue más pequeña (GF1, n=18; GF2, n=22). No se encontraron diferencias significativas dentro de los grupos ni entre los grupos en las variables antropométricas y la edad en la evaluación pre- y post-intervención.

Todos los participantes completaron 45 microciclos a lo largo de la temporada. Cada microciclo incluyó un promedio de 4 días de entrenamiento (75 minutos por sesión), un partido competitivo (90 minutos) y una (en el caso del GF1) o dos (en el caso del GF2) sesiones semanales de EF (30-minutos), completando un total de 43 y 87 sesiones de EF, respectivamente, sumando un total de 450 minutos de actividad semanal en el caso de GF2 y 420 minutos en GF1. Todos los participantes realizaron una batería de test de condición física en el campo para evaluar el rendimiento en las AAI similar a la del estudio I y II. De la misma forma que en el estudio I, el pre-test se realizó en el microciclo 3, después de dos semanas de adaptación de carga tras el periodotransitorio, y en el microciclo 45 (posttest) de la temporada competitiva. Igualmente se registraron el número y gravedad de LSC durante todo el periodo de intervención.

Figura 3. Diseño del estudio III.



CMJ: salto en contramovimiento; **HT:** Hip Thrust; **GF1:** Grupo frecuencia 1 entrenamiento de fuerza; **GF2:** Grupo frecuencia 2 entrenamiento de de fuerza; **S:** sentadilla; **V-Cut :** prueba de cambio de dirección; **10-m:** prueba de sprint de 10-m; **30-m:** prueba de sprint de 30-m; **30-15IFT:** 30-15 Intermitent Fitness Test.

4.3. Procedimientos

Tal como se ha detallado anteriormente, en los tres estudios se desarrolló el mismo procedimiento de valoración de las AAI con la única diferencia de que en el caso de los estudios II y III se registraron las LSC que sufrida por los jugadores durante la temporada. Igualmente, los estudios II y III, al tratarse de intervenciones desarrollaron programas de entrenamiento que serán descrito en este apartado.

Estudio I. “Fiabilidad de una batería de campo parta la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica”.

Recopilamos datos de mediciones antropométricas (altura, altura sentado, longitud de pierna y peso corporal) y realizamos la valoración de la fuerza del tren inferior (CMJ,

TCP en sentadilla y HT), pruebas de AC y velocidad (sprint de 10-m y 30-m), CDD (V-cut) y FCR (30-15 IFT). La fuerza del tren inferior en sentadilla y HT solo se calculó para los grupos Sub-17 a Sub-19, ya que es una parte habitual de la rutina de entrenamiento en esas edades. El test 30-15 IFT tampoco se realizó en el grupo Sub-13, como se recomienda en la literatura. No aplicamos este test porque no es una etapa sensible para el desarrollo de este aspecto de la condición física y no es un determinante del rendimiento a esta edad (Lloyd & Oliver, 2012). Asimismo, las revisiones realizadas sobre el test 30-15 IFT no han encontrado estudios en los que se haya aplicado en estas edades (Grgic et al., 2021; Stanković et al., 2021).

Debido a la posible interferencia de la fatiga, los test de campo se realizaron en dos días diferentes, separados por al menos 24 horas. El primer día, se evaluaron el test CMJ y los TCP en sentadilla y HT, en ese orden. El segundo día, se evaluaron los siguientes test: mediciones antropométricas, los test de 10-m y 30-m, el test V-cut y el test 30-15. Estos test se programaron de manera que los jugadores tuvieran una sesión de recuperación el día de partido (DP)+1 del microciclo (es decir, tareas de fútbol de baja carga, movilidad, terapia manual y compresiva, y crioterapia), seguida de 24 horas de recuperación pasiva en el DP+2. Así, las evaluaciones se realizaron en el DP-4, después de 72

horas de recuperación. Todos los jugadores tuvieron una carga de trabajo similar esa semana.

Tras esta primera evaluación, el mismo proceso se repitió una semana después (fiabilidad del retest) a la misma hora del día (de 4 PM a 8 PM) y bajo las mismas condiciones experimentales ($\sim 15^{\circ}\text{C}$ y $\sim 41\%$ de humedad). Se instruyó a los jugadores para que mantuvieran sus hábitos habituales de nutrición e hidratación.

Dos semanas antes de la evaluación, los jugadores realizaron una sesión de familiarización basada en la ejecución de los test a baja-media intensidad, como se ha hecho en otros estudios similares (Bright et al., 2023) (con la excepción de el test 30–15 IFT), durante su rutina de calentamiento dos veces por semana. Igualmente, antes de la batería de test que se compartió en los tres estudios, se realizó un calentamiento de 15 minutos consistente en trote (5 min), estiramientos dinámicos de miembros inferiores (2–3 min) y acciones explosivas horizontales y verticales de miembros inferiores (4 x 20 m de aceleraciones progresivas y 6 CMJ progresivos), con 3 minutos de recuperación pasiva antes de comenzar los test. Todos los jugadores se recuperaron durante 3 minutos entre series y 5 minutos entre intentos, y los test fueron supervisadas por el personal técnico, proporcionando estímulos y ánimos verbales a los jugadores en todos los intentos

Estudio II. “Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados”.

Los jugadores de dos equipos diferentes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento con PT (n=24) y a otro grupo de entrenamiento con PI (n=26), sometiéndose a una intervención de entrenamiento la cual se explica a continuación, con una duración de 9 meses. El fin de la intervención fue ver los efectos de un modelo de PI frente a un modelo de PI, sobre el rendimiento de las AAI y la severidad y número de LSC. Para ello los participantes se sometieron a la misma batería de test de campo del primer estudio, la cual ha sido descrita con anterioridad. Para evitar efectos negativos de la fatiga en el rendimiento de los test, los test de condición física se realizaron en dos días diferentes separados por 24 horas. El primer día se desarrollaron el test CMJ y los TCP en sentadilla y HT, en ese orden. Después del primer día de pruebas, los participantes no realizaron ninguna actividad adicional. El segundo día se realizaron las mediciones antropométricas, los test de 10-m y 30-m, el test V-Cut, así como el 30-15 IFT. Los test se realizaron en el DP-4 y DP-3 después de 72 y 96 horas de recuperación del partido anterior, respectivamente, realizándose un protocolo de recuperación activa (baja

carga) seguida de un día de recuperación pasiva después del partido. Antes de los test, los participantes tuvieron una sesión de recuperación en DP+1 del microciclo (tareas de fútbol de baja carga, estrategias nutricionales, tratamiento de fisioterapia y crioterapia), seguida de 24 horas de recuperación pasiva en DP+2. Antes de los test, los participantes mantuvieron sus hábitos habituales de nutrición e hidratación. Dos semanas antes de los test, se realizaron cuatro sesiones de familiarización basadas en la ejecución de los test a baja-moderada intensidad (excepto para el IFT 30-15) durante la rutina de calentamiento dos veces por semana. Además de ello se registraron las LSC durante toda la intervención.

Estudio III “Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados”.

Los integrantes de dos equipos distintos (Sub-19 "B" y Sub-19 "C") fueron distribuidos de manera aleatoria a un grupo de entrenamiento con frecuencia 2 (F2) de EF semanalmente (GF2, n=23) y a un grupo de entrenamiento con frecuencia 1 (F1) de EF semanalmente (GF1, n=25), ambos empleando un modelo de PI. Al igual que el estudio

II, el rendimiento de las AAI se evaluó mediante la misma batería propuesta en el estudio I, y siguiendo el mismo protocolo. Al igual que el estudio II, se registraron el número y la gravedad de las lesiones sin contacto durante el periodo de intervención.

4.3.1. Protocolo de los programas de entrenamiento de fuerza

En el caso de los estudios II y III al ser estudios cuasi-experimentales originales de dos grupos, se desarrollaron protocolos de programa de entrenamiento.

Para el estudio II:

Todos los participantes siguieron un programa de entrenamiento específico de fútbol con 4 sesiones de entrenamiento en campo (de 75 a 90 minutos) basadas en el modelo de PI tal como lo describen los autores en el trabajo que fundamenta esta propuesta de entrenamiento (Jiménez-Iglesias & Campos-Vázquez, 2024), es decir independiente del grupo el trabajo de campo fue igual en ambos casos. Consistió en ciclos de trabajo de 6 semanas (se completaron 7 ciclos durante la intervención), divididos en bloques de 2 semanas. En cada uno de los bloques, la carga se acentuó en ciertas variables de la condición física mediante el uso predominante de SJ (Tabla 2).

A pesar de la acentuación de la carga, el modelo mantuvo una estabilidad de carga durante el período competitivo, evitando aumentos agresivos y picos de carga entre los microciclos. No obstante, a pesar de esta estabilidad, el volumen y la intensidad siguieron una relación inversa desde el inicio de la temporada (alto volumen, intensidad moderada) hasta el final de la temporada (volumen moderado, alta intensidad), siguiendo los principios básicos de la periodización tradicional (Bompa & Haff, 2009).

Tabla 2. Principales características del ciclo de entrenamiento específico de fútbol según la Periodización Integral. Adaptado de Jiménez-Iglesias y Campos (2024).

Formatos de tareas de campo (SJ)	S 1.	S 2.	S 3.	S 4.	S 5.	S 6.
<i>Presencia de las SJ en el ciclo</i>						
Situación Grande en Espacios Medianos						
Grupos*: 8x8-10x10 AR:100-200m ² EC: ritmo (neutral)	50%	50%	15%	15%	35%	35%
Situación Mediana en Espacios Grandes						
Grupos*: 5x5-7x7 AR:150-250m ² EC: HSR y Sprint	35%	35%	50%	50%	15%	15%
Situación Pequeña en Espacios Pequeños						
Grupos*: 3x3-4x4 AR:40-80m ² EC: AC y DC	15%	15%	35%	35%	50%	50%

AC: Aceleraciones; **AR:** Área relativa; **DC:** Deceleraciones; **EC:** Enfoque de carga; **HSR:** High Sprint Running (Carrera de alta velocidad); **S:** Semana.

*Excluyendo a los porteros

Programa de PT: El GPT siguió un programa de EF idéntico al detallado en otro estudio realizado en una población con las mismas características (González-Badillo et al., 2015). El presente programa de entrenamiento consistió en sesiones de 30 a 45 minutos, dos veces a la semana, que incluían un conjunto de ejercicios (sentadillas, saltos en contramovimiento con carga, saltos sobre obstáculos, saltos a cajón, arrastre de trineo, segundos de triple, aceleraciones con cambios de dirección y sprints lineales) sin ninguna variación de estos ejercicios durante la temporada (Tabla 3). La evolución de la carga siguió una trayectoria lineal, aumentando progresivamente el número de series, repeticiones y carga en bloques de 6 semanas. Las 6 semanas de carga eran seguidas por una séptima semana para evaluaciones, que servía para reprogramar las cargas en los ejercicios de sentadilla y CMJ, una dinámica que se repetirá cíclicamente durante los 9 meses de la intervención. Las sesiones no consideraron la programación específica de entrenamiento de fútbol en el campo y siguieron la periodización establecida independientemente de la dinámica y carga establecidas en las SJ propuestas por el entrenador.

Tabla 3. Variables de entrenamiento del modelo tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad.

Ejercicio	Volumen	Carga
Sentadilla	2-4 series de entre 4-8 repeticiones	Entre el 90-105% de la carga desplazada a 1m/s
CMJ con carga	2-3 series de 5 repeticiones	Carga con la que el jugador salte ≈20cm
Triple salto	2-3 series de 6-8 repeticiones	Autocarga
Cambio de dirección lastrado	3-5 series de 10 segundos	5-10kg
Arrastre trineo	3-4 sprints de 20m	5-10kg

CMJ: Counter Movement Jump.

Programa de PI: Los participantes siguieron las directrices del programa de EF para PI descritas por Jiménez-Iglesias y Campos-Vázquez (2024). Consistió en 2 sesiones semanales ubicadas en DP-4 y DP-3, las cuales estaban directamente correlacionadas con los ciclos de entrenamiento específico de fútbol, con el objetivo de generar movimientos en el gimnasio con una correspondencia dinámica complementaria a los desarrollados en las SJ, buscando una compensación de la carga a nivel muscular para evitar el sobreuso de estructuras (Tabla 4).

Tabla 4. Características compensatorias entre situaciones jugadas y las sesiones de entrenamiento de fuerza (Campos & Jiménez-Iglesias 2024).

	S1.	S2.	S3.	S4.	S5.	S6.
	SG-EM		SM-EG		SP-EP	
SJ predominante	MP: sin movimientos prioriatios LEM: carga equilibrada		MP: aceleraciones con pelvis alta (aceleraciones rodantes) y mecánica de velocidad máxima LEM: isquiotibiales		MP: aceleraciones con pelvis baja (aceleraciones explosivas) y deceleraciones LEM: glúteos, cuádriceps y pantorrillas	
	s1: aceleración a alta velocidad (DP-4) TEJ: aceleraciones con pelvis alta (aceleraciones rodantes) y mecánica de velocidad máxima LEM: isquiotibiales		s1: multidireccional mixta (DP-4) TEJ: cambios de dirección en diferentes ángulos LEM: carga equilibrada		s1: aceleración a alta velocidad (DP-4) TEJ: aceleraciones con pelvis alta (aceleraciones rodantes) y mecánica de velocidad máxima LEM: isquiotibiales	
SEF	s2: acelerativa-decelerativa (DP-3) TEJ: aceleraciones con pelvis baja (aceleraciones explosivas) y deceleraciones LEM: glúteos, cuádriceps y pantorrillas		s2: acelerativa-decelerativa (DP-3) TEJ: aceleraciones con pelvis baja (aceleraciones explosivas) y deceleraciones LEM: glúteos, cuádriceps y pantorrillas		s2: multidireccional mixta (DP-3) TEJ: cambios de dirección en diferentes ángulos LEM: carga equilibrada	

LEM: Localización estrés mecánico; **MP:** Movimiento prioritario; **SEF:** Sesiones de entrenamiento de fuerza; **SG-EM:** Situación Grande en Espacios Medianos; **SM-EG:** Situación Mediana en Espacios Grandes; **SP-EP:** Situación Pequeña en Espacios Pequeños; **s1:** Sesión 1; **s2:** Sesión 2; **TEJ:** Tipo de ejercicios; **S:** Semana.

El programa se caracterizó por una constante variabilidad en los ejercicios propuestos y por la evolución de la carga, no solo se dio en términos cuantitativos, sino también en términos de complejidad del movimiento (Otte et al., 2019) La Tabla 5 describe las principales características del programa.

Tabla 5. Características del programa de entrenamiento de fuerza en el grupo de Periodización Integral (estudio II).

	ejercicios	series	repeticiones	descanso	intensidad
SEF	Dos ejercicios básicos (Sentadilla y Hip-Thrust con carga óptima individualizada de potencia*) y 3-4 ejercicios adicionales basados en los movimientos requeridos según el ciclo de entrenamiento específico de fútbol (alta variabilidad en los ejercicios entre sesiones) ejecutados de manera explosiva.	2-3	4-10	3 min entre series	Carácter del esfuerzo moderado-ligero
Aumento de la intensidad	Las cargas se aumentaron entre sesiones si el jugador ejecutaba con buena técnica y explosividad. Las cargas de los ejercicios básicos (Sentadilla y Hip-Thrust) se reprogramaron cada 8 semanas. La complejidad de los ejercicios (dominancia unilateral, perturbaciones, distracciones cognitivas) aumentó progresivamente durante la temporada.				

SEF: Sesiones de entrenamiento de fuerza.

*Velocidad de barra de 1m/s

Estudio III:

Al igual que el estudio anterior (estudio II), los participantes siguieron un programa de entrenamiento específico para fútbol que incluía cuatro sesiones semanales, cada una con una duración de entre 75 y 90 minutos. Este programa se basó en los principios de la PI establecidos por Campos-Vázquez y Jiménez-Iglesias (2024). El programa se dividió en ciclos de trabajo de seis semanas, organizados en bloques de dos semanas, completando un total de siete ciclos durante la intervención. En cada bloque, se hizo hincapié en variables específicas de la condición física, utilizando principalmente SJ para lograr los objetivos físicos propuestos (Tabla 2).

A lo largo del periodo competitivo, el programa mantuvo una carga estable, evitando aumentos abruptos y picos de carga entre microciclos, a pesar de la acentuación de la carga en algunos bloques. Se experimentó una relación inversa entre volumen e intensidad desde el comienzo hasta el final de la temporada: al principio, el volumen era alto y la intensidad moderada; al final de la temporada, el volumen disminuyó y la intensidad aumentó, siguiendo los principios de la periodización tradicional (Bompa & Haff, 2009).

Este programa incluyó dos sesiones semanales para el grupo GF2 y una sesión para el grupo GF1, realizadas en DP-4 y DP-3, o exclusivamente en DP-4, respectivamente.

Como se muestra en la Tabla 4, cada ciclo tiene una serie de movimientos asociados, los cuales, para el grupo GF2, se dividieron entre las dos sesiones propuestas, mientras que para el grupo GF1, se realizó una única sesión mixta donde se incluyeron todos los movimientos a trabajar, de manera que el volumen de ejercicios en la sesión de entrenamiento fue mayor. Las principales características del programa, de acuerdo con la frecuencia de entrenamiento, se describen en la Tabla 6.

Tabla 6. Características del programa de entrenamiento de fuerza (estudio III).

	ejercicios	series	repeticiones	DSC	intensidad	Sesiones totales
SEF -F2G	Dos ejercicios básicos (Sentadilla e Hip-Thrust con carga óptima individualizada de potencia*) y 3-4 ejercicios adicionales basados en los movimientos requeridos según el ciclo de entrenamiento específico de fútbol (alta variabilidad en los ejercicios entre sesiones) ejecutados de manera explosiva.	2-3	4-10	3 min entre series	Carácter del esfuerzo moderado- ligero	90
SEF -F1G	Dos ejercicios básicos (Sentadilla e Hip-Thrust con carga óptima individualizada de potencia*) y 4-5 ejercicios adicionales basados en los movimientos requeridos según el ciclo de entrenamiento específico de fútbol (alta variabilidad en los ejercicios entre sesiones) ejecutados de manera explosiva.	2-3	4-10	3 min entre series	Carácter del esfuerzo moderado- ligero	45
Aumento de la intensidad	Las cargas se incrementaron entre sesiones siempre que el jugador mostrara una técnica adecuada y ejecutara con explosividad. Los ejercicios básicos, como la sentadilla y el hip-thrust, se reprogramaron cada 8 semanas. A lo largo de la temporada, la complejidad de los ejercicios se incrementó progresivamente, incorporando elementos como dominancia unilateral, perturbaciones y distracciones cognitivas.					

DSC: Descanso; **SEF:** Sesión de entrenamiento de fuerza.

*Velocidad de la barra de 1m/s

4.4. Variables estudiadas

Mediciones antropométricas y Edad biológica

Se utilizó un estadiómetro (SECA 217, Hamburgo, Alemania) con una precisión de 0,01 cm para medir la altura de los jugadores. Los participantes estaban descalzos, de pie y con la cabeza alineada en el plano de Frankfurt (Pescatello et al., 2006). Para la medición del peso corporal se utilizó una báscula de bioimpedancia (H-BIA, Omron, modelo 306C, Hoffman Estates, IL) con una precisión de 0,1 kg. Los participantes fueron medidos descalzos en posición anatómica (Pescatello et al., 2006). Cada medición se realizó dos veces y se obtuvo el promedio para el análisis (Rebelo et al., 2013).

Para el estudio I y II (no en el caso del estudio III al ser una muestra al completa de jugadores post-púberes) también se midió la altura sentada utilizando un estadiómetro (SECA 217, Hamburgo, Alemania), con una sensibilidad de 0,1 cm (Mirwald et al., 2002). Los participantes se sentaron en un cajón con la espalda recta y la cabeza alineada en el plano de Frankfurt (Mirwald et al., 2002; Pescatello et al., 2006). Se realizaron dos mediciones y se calculó el promedio para el análisis (Rebelo et al., 2013). La diferencia entre la altura total y la altura sentada se calculó para obtener la longitud de la pierna; y el PHV se calculó utilizando la fórmula para varones proporcionada previamente (Mirwald et al., 2002).

Fuerza del tren inferior

CMJ: Los jugadores comenzaron en una posición de pie, con las manos en la cintura y los pies en la altura del ancho de las caderas para evitar el uso de los brazos como impulso al saltar sobre la plataforma de salto (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, España). Tras una cuenta regresiva de 3 segundos, los jugadores debían realizar un descenso hasta una profundidad autoseleccionada, para después saltar lo más alto posible y aterrizar verticalmente con ambos pies sobre la plataforma. Si durante el aterrizaje los jugadores perdían el equilibrio, el salto se consideraba inválido (Darrall-Jones et al., 2015). El test se realizó con el calzado adecuado con la plataforma sobre un suelo técnico de gimnasio. Se realizaron un total de 5 repeticiones, descartando el peor y el mejor valor, y el promedio de las otras tres repeticiones (en cm) se utilizó para el análisis (Galiano et al., 2020).

TCP en sentadilla y HT: para evaluar TCP en S, se utilizó una máquina Smith (Technogym S.p.A, Gambettola, Italia) para la ejecución y un transductor lineal de velocidad (Vitruve, Madrid, España) para la medición de la velocidad de la barra. Los jugadores comenzaron desde una posición erguida y descendieron hasta que la parte superior del muslo quedara por debajo de la línea horizontal. En ese momento, los jugadores debían ascender hasta la posición inicial. Se permitió la flexión plantar, pero no el despegue o salto. La

fase excéntrica se realizó a una velocidad promedio controlada por el jugador ($\approx 0,50-0,70$ m/s), mientras que la fase concéntrica debía ejecutarse lo más rápido posible, sin interrupciones entre ambas fases. Hubo un calentamiento consistente en una serie de 8 repeticiones con 20 kg. La carga inicial fue de 40 kg y se incrementó en 10 kg en cada serie (Galiano et al., 2020), completando un total de cuatro cargas para representar adecuadamente la región de alta fuerza y baja velocidad en la relación fuerza-velocidad (Alcazar et al., 2021). Se realizaron tres repeticiones para cargas ligeras, con velocidades mayores a 1,14 m/s, mientras que, para cargas moderadas, con velocidades menores a 1,14 m/s, solo se realizaron dos repeticiones. Los tiempos de recuperación fueron de 3 minutos para cargas ligeras y 4 minutos para cargas moderadas. La velocidad registrada correspondió a la velocidad propulsiva promedio, utilizando solo la repetición más rápida para el análisis. Calculamos una línea de regresión cuadrática mediante las cargas utilizadas y la velocidad con la que se movilizaron utilizando Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, EE.UU.) (González-Badillo, J.J. y Ribas-Serna, 2019) para obtener la estimación de la carga absoluta movida a la velocidad de 1 m.s⁻¹. Se analizó el valor de R² para verificar la precisión de la predicción. En todos los casos, se obtuvieron valores $>0,9$, lo que indicó un alto poder predictivo (Cohen, 1988).

El protocolo de HT se realizó con el jugador apoyando su parte superior de la espalda sobre un banco, manteniendo los pies separados a la altura de los hombros y ligeramente hacia afuera. La barra se colocó sobre las caderas, y el jugador fue instruido para empujar la barra hacia arriba, de forma concéntrica, a la mayor velocidad posible, manteniendo la pelvis y la columna vertebral en una posición neutral (de Hoyo et al., 2021). El test siguió el mismo procedimiento que el test que la S en todos los demás aspectos.

Todos los test se realizaron con el calzado adecuado sobre un suelo técnico en un gimnasio.

Aceleración y velocidad

Se utilizaron tres pares de células fotoeléctricas (Witty, MICROGATE, Bolzano, Italia) para evaluar el tiempo de velocidad con una precisión de 0,01 segundos. Estas unidades fueron ubicadas en el punto de inicio, a los 10-m y a los 30-m, respectivamente, enfrentándose entre sí a una altura de 1,5 m y 0,75 m. Los jugadores comenzaron los test a 0,5 m del primer par de células fotoeléctricas. Los participantes realizaron dos sprints, registrando el tiempo (en segundos) del mejor valor de cada parcial para su posterior análisis (Darrall-Jones et al., 2016). El test se realizó con el calzado adecuado sobre césped artificial en un campo de fútbol.

Capacidad de cambio de dirección

Cada jugador completó un sprint de 25 m con 4 CDD de 45°, distribuidos cada 5 m. Para que el resultado fuera válido, los jugadores debían asegurarse de que al menos un pie cruzara completamente la línea marcada entre los conos, los cuales estaban separados por 0,7 m en cada giro, indicando el lugar donde debía realizarse el CDD. Si no se cumplía esta condición, el test no se consideraba para su posterior análisis (Gonzalo-Skok et al., 2015). Se utilizaron dos pares de células fotoeléctricas (Witty System, MICROGATE, Bolzano, Italia), ubicados al principio y al final del recorrido, a una altura de 0,75 m y separados por 1,5 m. Los jugadores comenzaron el test a 0,5 m del par de células inicial. Cada jugador realizó dos intentos, y el mejor tiempo registrado (en segundos) fue utilizado para el análisis posterior. El test se realizó en un campo de fútbol con césped artificial, utilizando el calzado adecuado para esa superficie.

Capacidad cardiorrespiratoria

Se utilizó el test 30-15 IFT (Buchheit, 2008) para evaluar el FCR. Todos los jugadores de cada equipo realizaron el test simultáneamente. El protocolo consistió en carreras de 30 segundos de ida y vuelta, intercalados con periodos de recuperación de 15 segundos. El test comenzó con una velocidad inicial de 8 km/h, que se aumentaba 0,5 km/h después de cada intervalo de 30 segundos. Los jugadores

debían correr entre dos puntos separados por 40 m, siguiendo un ritmo marcado por una señal sonora. El área de el test se delimitó con conos y una cinta métrica para marcar las distancias. Se utilizó una pista de audio, proveniente de la aplicación móvil 30-15 IFT (30-15IFT App, París, Francia), reproducida a través de un altavoz (NGS Premium Speaker Wild Dub Zero, San Sebastián, España) para ayudar a los jugadores a ajustar su velocidad a lo largo de la zona de evaluación. Durante los 15 segundos de recuperación pasiva, los jugadores debían dirigirse a la línea más cercana, ya sea la línea central o las ubicadas en los extremos de la zona de evaluación, dependiendo del punto en el que habían terminado su carrera. En esa línea comenzaba la siguiente etapa. Se les indicó a los jugadores que completaran tantas etapas como fuera posible. El test se dio por terminada para cada jugador cuando no pudo mantener la velocidad de carrera requerida o cuando no logró llegar a la zona de 3 metros en el tiempo adecuado durante tres ocasiones consecutivas. Se registró la velocidad alcanzada en el test.

Control de lesiones sin contacto

El personal médico del club registró todas las lesiones sufridas por los jugadores a lo largo de la intervención, así como la duración de cada lesión. Siguiendo el ejemplo de otros estudios, se consideró que un jugador estaba completamente recuperado cuando tenía una participación total en los entrenamientos y partidos (de Hoyo et al., 2016).

Para nuestro análisis, solo se registraron las LSC. Las lesiones fueron clasificadas según su gravedad como "menores" (de 1 a 7 días), "moderadamente graves" (de 8 a 21 días) y "graves" (>21 días) (Van Mechelen, 1997).

4.5. Análisis estadístico

Para el estudio I:

Los estadísticos descriptivos se presentan como la media $\pm$ desviación estándar por grupos de PHV en el primer test (T1) y el retest (T2). Se realizó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) con corrección de Bonferroni para evaluar las diferencias en las variables demográficas, antropométricas y de rendimiento físico entre los grupos de PHV.

La prueba t de Student y el coeficiente de correlación intraclase (CCI) se utilizaron para estudiar la fiabilidad de los test evaluados, comparando los valores del T1 y T2. El CCI se utiliza comúnmente para describir la fiabilidad relativa (es decir, la consistencia de las mediciones en individuos dentro de un grupo en relación con otros). Se consideró que un CCI < 0,8 era insuficiente, valores entre 0,8 y 0,9 eran moderados, y valores > 0,9 se consideraron altos (Vincent-Smith & Gibbons, 1999).

Para mejorar la precisión de nuestro análisis estadístico, utilizamos otras medidas de error para evaluar las diferencias entre T1 y el T2. Se entiende que, cuanto menor sea el valor del error, menor será la dispersión entre las mediciones.

Se calcularon la suma de los errores cuadrados (SEC), la suma media de los errores cuadrados (SMEC), la raíz cuadrada de la suma media de los errores cuadrados (RCMEC), el porcentaje de error y el error estándar de estimación (EEE) (Weir, 2005).

La fiabilidad absoluta (la consistencia de las mediciones repetidas para los individuos) se analizó mediante el cálculo del error estándar de medición (EEM) como un porcentaje del valor medio de las mediciones. El EEM se utiliza para cuantificar la precisión de los valores individuales en una prueba, sin que se vea influenciado por la variabilidad entre individuos. Un valor $\leq 15\%$ se considera aceptable (Weir, 2005). También usamos $\%EEM = \text{media de las diferencias entre dos intentos} \times 100 / \text{media del primer intento}$, y también se calculó el coeficiente de variación (CV).

Utilizamos el método CV, que proporciona información útil en presencia de heterocedasticidad. Consideramos que la fiabilidad es aceptable cuando el $CV \leq 10\%$ (Atkinson & Nevill, 1998). El EEE fue calculado como se muestra:

$$EEE = SD\hat{y}\sqrt{(1 - R^2 y\hat{y})}$$

Se calculó el cambio mínimo detectable al 90% (CMD90) de los jugadores para determinar el cambio más pequeño que debe observarse en el test para considerarlo un cambio real en el rendimiento. Esto se calculó de la siguiente manera:

$$CDM90 = SEM \times \sqrt{2} \times 1.65$$

Finalmente, se utilizaron gráficos de Bland-Altman para evaluar la reproducibilidad de los test (Bland & Altman, 1986), utilizando un test ANOVA para medidas repetidas para calcular la diferencia. De manera similar, se calculó el tamaño del efecto (d de Cohen) para cuantificar la magnitud de la diferencia entre T1 y T2 (Cohen, 2013).

La heterocedasticidad se evaluó mediante ANOVA. Inicialmente, se calculó el valor medio de ambas mediciones para cada prueba, y esta variable se dividió en cuartiles de rendimiento. Estos cuartiles se incluyeron como una variable independiente. El valor absoluto (valores negativos multiplicados por -1) de la diferencia entre las dos evaluaciones de cada prueba (T1-T2) se incluyó como la variable dependiente.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando la versión 25.0 del software estadístico SPSS para MacOS (IBM, Armonk, NY, EE. UU.), estableciendo el nivel de significancia en $p < 0,05$.

Para los estudios II y III:

Se evaluó la normalidad de la distribución de datos mediante la inspección visual de los histogramas. Este método fue elegido para evaluar la forma general y la simetría de los datos, ya que proporciona una comprensión intuitiva de las características de la distribución que podrían no ser capturadas únicamente por pruebas numéricas. La decisión de proceder con análisis paramétricos se basó en la confirmación visual de que los datos se aproximaban a una distribución normal. Los datos descriptivos se presentan como media $\pm$ DE o como porcentajes, según se indique en cada tabla o figura. Se realizaron pruebas t pareadas para evaluar el efecto de las distintas intervenciones de entrenamiento en ambos estudios sobre la muestra total de cada uno de ellos. El tamaño del efecto (d de Cohen) se calculó utilizando la agrupación de la desviación estándar pre-intervención. Los umbrales para interpretar la magnitud de la d de Cohen se establecieron de la siguiente manera: $>0,2$ (pequeño), $>0,6$ (moderado) y $>1,2$ (grande) (Hopkins et al., 2009). Se comparó el porcentaje de cambio ($\%\Delta$) en las variables de rendimiento entre los grupos de intervención (GPT vs GPI, en estudio II y GF2 vs GF2, en estudio III). El $\%\Delta$ se calculó restando el valor de el test pre-intervención del valor de el test post-intervención y luego multiplicando el resultado por 100 $((\text{POST} - \text{PRE}/\text{PRE}) * 100)$.

Para comparar estos cambios entre los grupos (GPT vs GPI, en estudio II y GF2 vs GF2, en estudio III), se realizó un

ANCOVA con $\% \Delta$ como variable dependiente, el grupo de intervención como factor fijo, y el valor pre-intervención de la variable dependiente como covariable. Este enfoque se utilizó para controlar las diferencias basales entre los grupos. Posteriormente, se analizaron los cambios en el rendimiento dentro de cada grupo, es decir el GPT y el GPI en el caso del estudio II, y el GF1 Y GF2 en caso del estudio III, para determinar su significancia utilizando pruebas t pareadas, comparando los valores post-intervención con los valores pre-intervención dentro de cada grupo.

Para analizar la diferencia en la frecuencia de lesiones entre los grupos de intervención, se realizó una prueba chi-cuadrado con la frecuencia de lesiones como variable dependiente y el grupo de intervención como factor independiente. Este test se eligió para evaluar si la distribución de lesiones difería significativamente entre GPT y GPI. Además, para examinar las diferencias en la gravedad de las lesiones, se realizó una prueba t de Student.

El número de días perdidos debido a la lesión se utilizó como variable dependiente, y el grupo de intervención sirvió como factor independiente. Este análisis se restringió a los jugadores que sufrieron una lesión durante el período del estudio. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando IBM SPSS Statistics versión 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). El nivel de significancia para las comparaciones entre grupos y dentro de los grupos se estableció en 0,05.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Estudio I.

“Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica”:

El tamaño final de la muestra estuvo compuesto por 197 futbolistas jóvenes entrenados ($14,74 \pm 2,2$ años). Las características descriptivas de los jugadores distribuidos por edad madurativa se muestran en la Tabla 5. El análisis reveló una diferencia estadísticamente significativa (todas $p < 0,05$) entre los grupos de madurez en la mayoría de los test, independientemente del momento de la evaluación (T1-T2), mostrando un mayor rendimiento de PHV2 en relación con PHV1 y PHV0, y PHV1 respecto a PHV0. Las únicas diferencias no significativas se dieron entre los grupos PHV1 y PHV2 en longitud de pierna, 30–15 IFT y el test V-Cut (todas $p > 0,05$) tanto en T1 como en T2. De manera similar, no se evidenciaron diferencias significativas entre PHV0 y PHV1 en el 30–15 IFT ($p > 0,05$). El análisis reveló una diferencia estadísticamente significativa (todas $p < 0,05$) entre los grupos de madurez en la mayoría de los test, independientemente del momento de la evaluación (T1-T2), mostrando un mayor rendimiento de PHV2 en relación con PHV1 y PHV0, y PHV1 respecto a PHV0. El análisis mostró una diferencia estadísticamente significativa (todos $p < 0,05$)

entre los grupos de madurez en la mayoría de los test, independientemente del momento de la evaluación (T1-T2), mostrando un mayor rendimiento de PHV2 en relación con PHV1 y PHV0, y PHV1 respecto a PHV0 (Tabla 7). Las únicas diferencias no significativas se dieron entre los grupos PHV1 y PHV2 en longitud de pierna, 30–15 IFT y el test V-Cut (todas $p > 0,05$) tanto en T1 como en T2. De manera similar, no se evidenciaron diferencias significativas entre PHV0 y PHV1 en el 30–15 IFT ($p > 0,05$).

Tabla 7. Características descriptivas de la muestra por grupos de *Peak Height Velocity* en el test y el retest (estudio I).

	Todos	PHV0	PHV1	PHV2	PHV0 vs. PHV1	PHV0 vs. PHV2	PHV1 vs. PHV2
Test							
Edad (a)	14,74 (2,2)	12,28 (1,12)	14,59 (0,76)	16,49 (1,2)	<0,001	<0,001	<0,001
Peso (kg)	59 (13,8)	43,13 (7,57)	60,28 (4,24)	69,51 (7,24)	<0,001	<0,001	<0,001
Altura (cm)	166,88 (12,85)	152,64 (9,05)	168,62 (5,08)	176,13 (6,23)	<0,001	<0,001	<0,001
Altura sentado (cm)	84,38 (6,77)	76,87 (4,27)	85,7 (2,69)	89,05 (3,95)	<0,001	<0,001	<0,001
Longitud de pierna (cm)	82,51 (11,49)	76,9 (12,85)	82,92 (3,76)	87,07 (5,98)	0,01	<0,001	0,174
CMJ (cm)	32,33 (5,61)	27,66 (3,51)	31,78 (5,29)	35,73 (4,38)	<0,001	<0,001	<0,001
10m sprint (s)	1,97 (0,15)	2,14 (0,12)	1,95 (0,09)	1,87 (0,08)	<0,001	<0,001	0,012
30m sprint (s)	4,74 (0,43)	5,22 (0,34)	4,62 (0,25)	4,46 (0,17)	<0,001	<0,001	<0,001
V-cut (s)	7,25 (0,55)	7,73 (0,59)	7,02 (0,37)	7 (0,32)	<0,001	<0,001	1,00
30-15 (km/h)	19,53 (1,08)	19 (0,87)	19,37 (1,04)	19,75 (1,09)	0,48	0,001	0,257
S (kg)	75,11 (11,96)	-	69,61 (11,4)	76,5 (11,68)	<0,001	<0,001	0,02
HT (kg)	74,43 (15,8)	-	65,97 (14,43)	76,33 (15,64)	<0,001	<0,001	0,009
Retest							
Edad (y)	14,79 (2,23)	12,31 (1,13)	14,62 (0,76)	16,56 (1,24)	<0,001	<0,001	<0,001
Peso (kg)	59,01 (13,85)	43,17 (7,6)	60,16 (4,33)	69,54 (7,22)	<0,001	<0,001	<0,001
Altura (cm)	166,92 (12,9)	152,64 (9,05)	168,6 (5,06)	176,22 (6,31)	<0,001	<0,001	<0,001
Altura sentado (cm)	84,37 (6,77)	76,9 (4,28)	85,68 (2,69)	89,04 (3,95)	<0,001	<0,001	<0,001
Longitud de pierna (cm)	82,56 (11,5)	76,9 (12,84)	82,92 (3,75)	87,17 (6,09)	0,006	<0,001	0,066
CMJ (cm)	32,46 (5,71)	27,66 (3,54)	31,79 (5,36)	35,97 (4,42)	<0,001	<0,001	<0,001

10m sprint (s)	1,96 (0,16)	2,12 (0,13)	1,94 (0,92)	1,86 (0,09)	0,002	<0,001	<0,001
30m sprint (s)	4,47 (0,43)	5,23 (0,39)	4,61 (0,24)	4,44 (0,21)	0,003	<0,001	0,023
V-Cut (s)	7,23 (0,55)	7,71 (0,58)	7,01 (0,37)	6,98 (0,33)	<0,004	<0,001	1,00
30-15 (km/h)	19,55 (1,07)	18,97 (0,84)	19,46 (1,01)	19,78 (1,09)	0,186	<0,001	0,437
S (kg)	74,45 (11,75)	-	69,02 (10,91)	75,81 (11,54)	-	-	0,02
HT (kg)	74,32 (15,48)	-	66,79 (13,78)	76,06 (15,39)	-	-	0,016

MJ: salto en contramovimiento; **HT**: hip-thrust; **30-15**: 30-15 Intermitent Fitness Test; S: sentadilla; **V-Cut**: prueba V-Cut. Los jugadores fueron clasificados según su PHV como pre < -1 (grupo PHV0), medio de -1 a 1 (grupo PHV1) y post > 1 (grupo PHV2) (Mirwald et al., 2002).

os valores se presentan como medias (desviación estándar).

La fiabilidad T1-T2 de todos los test de campo de condición física se presenta en la Tabla 8. En la muestra total, se encontraron diferencias significativas entre T1 y T2 en el CMJ ($-0,014 \pm 0,6$ cm, $p = 0,001$), el test de sprint de 10-m ($-0,01 \pm 0,04$ s, $p < 0,001$), el test V-cut ($-0,02 \pm 0,07$ s, $p < 0,001$) y en el TCP en la sentadilla ($-0,66 \pm 2,71$ kg, $p = 0,009$). Los tamaños del efecto de las diferencias medias fueron 0,03, 0,09, 0,04 y 0,06, respectivamente. En el resto de los test evaluados, no se encontraron diferencias significativas entre T1 y T2 ($p > 0,05$). Los CCI reportaron una alta reproducibilidad, con valores que oscilan entre 0,97 y 0,99 (todas $p < 0,01$) en todos los test.

Todos los test de condición física basadas en el campo mostraron pequeñas tasas de error (%error = 1,82–10,69; %EEM = 1,82–7,73; %CV = 4,39–9,39), excepto los valores obtenidos en el CMJ, sentadilla y HT (%CV = 15,2–21,11). Todas los test de condición física basadas en el campo mostraron un CMD90 cercano a 0, lo que indica que no hubo un cambio real entre T1 y T2.

Según la EB, la fiabilidad del grupo PHV0 fue similar a la de la muestra total, con la excepción de que hubo una diferencia no significativa entre T1 y T2 en el CMJ ($p > 0,05$, CV = 12,7%). En cuanto al grupo PHV1, solo se encontró una diferencia significativa entre T1 y T2 en el test de sprint de 10-m ($-0,01 \pm 0,03$ s, $p = 0,033$; ES = 0,125; CCI = 0,97). En

el caso del grupo PHV2, el análisis de fiabilidad siguió la misma tendencia que en la muestra total.

Tabla 8. Fiabilidad test-retest de las pruebas de condición física por grupo de *Peak Height Velocity* en el retest (estudio I).

	n	Diferencia entre pruebas (retest- test)	p-valor	Cohen's d	CCI (95% IC)	SEC	SMEC	RCMEC	% Error	%EEM	CMD90	% CV	EEE
Todos													
CMJ (cm)	197	0,14 ± 0,60	0,001	0,025	0,997	74,203	0,377	0,614	1,821	0,433	0,010	17,469	0,597
10m sprint (s)	197	-0,01 ± 0,04	<0,001	0,088	0,979	0,409	0,002	0,046	6,418	0,467	0,011	8,085	0,044
30m sprint (s)	197	-0,01 ± 0,12	0,521	-	0,981	2,965	0,015	0,123	6,196	0,119	0,003	9,396	0,123
V-Cut (s)	197	-0,02 ± 0,07	<0,001	0,036	0,996	1,035	0,005	0,072	2,681	0,274	0,006	7,676	0,070
30-15 (km/h)	162	0,03 ± 0,26	0,181	-	0,985	11,250	0,069	0,264	4,054	0,142	0,003	5,519	0,262
S (kg)	118	-0,66 ± 2,71	0,009	0,055	0,986	915,356	7,757	2,785	4,262	0,864	0,020	15,693	2,680
HT (kg)	118	-0,10 ± 2,73	0,687	-	0,989	874,839	7,414	2,723	2,443	0,113	0,003	21,113	2,671
PHV 0													
CMJ (cm)	68	0,05 ± 0,32	0,248	-	0,998	7,113	0,105	0,323	1,965	0,165	0,004	12,716	0,324
10m sprint (s)	68	-0,01 ± 0,06	0,037	0,116	0,944	0,218	0,003	0,057	10,690	0,666	0,016	5,741	0,056
30m sprint (s)	68	0,01 ± 0,14	0,742	-	0,961	1,376	0,020	0,142	9,482	0,110	0,003	6,977	0,143
VCUT (s)	68	-0,03 ± 0,07	0,001	0,048	0,996	0,352	0,005	0,072	3,126	0,361	0,008	7,530	0,067
30-15 (km/h)	35	-0,03 ± 0,21	0,422	-	0,985	1,500	0,043	0,207	5,175	0,150	0,004	4,505	0,205
PHV 1													
CMJ (cm)	30	0,01 ± 0,90	0,937	-	0,993	23,354	0,778	0,882	3,834	0,041	0,001	16,620	0,913
10m sprint (s)	30	-0,01 ± 0,03	0,033	0,125	0,973	0,028	0,001	0,030	7,996	0,595	0,014	4,752	0,029
30m sprint (s)	30	0,00 ± 0,04	0,440	-	0,993	0,047	0,002	0,039	3,860	0,123	0,003	5,239	0,039
V-Cut (s)	30	-0,01 ± 0,08	0,462	-	0,990	0,168	0,006	0,075	4,436	0,146	0,003	5,264	0,077
30-15 (km/h)	28	0,09 ± 0,39	0,232	-	0,963	4,250	0,152	0,390	7,792	0,461	0,011	5,260	0,381

S (kg)	19	-0,59 ± 3,41	0,462	-	0,977	216,536	11,397	3,376	6,816	0,846	0,020	15,928	3,351
HT (kg)	19	0,83 ± 2,91	0,232	-	0,989	165,019	9,168	3,028	5,533	1,251	0,029	20,979	2,834
PHV 2													
CMJ (cm)	99	0,24 ± 0,62	<0,001	0,055	0,994	43,736	0,442	0,665	2,329	0,681	0,016	12,271	0,625
10m sprint (s)	99	-0,01 ± 0,04	<0,001	0,170	0,942	0,163	0,002	0,041	9,020	0,783	0,018	4,627	0,038
30m sprint (s)	99	-0,01 ± 0,12	0,287	-	0,887	1,543	0,016	0,125	13,871	0,301	0,007	4,393	0,125
VCUT (s)	99	-0,02 ± 0,07	0,016	0,053	0,988	0,515	0,005	0,072	3,913	0,247	0,006	4,664	0,071
30-15 (km/h)	99	0,03 ± 0,23	0,202	-	0,988	5,500	0,056	0,236	4,285	0,153	0,004	5,521	0,235
S (kg)	99	-0,69 ± 2,59	0,010	0,057	0,987	698,821	7,059	2,657	4,066	0,867	0,020	15,274	2,561
HT (kg)	99	-0,27 ± 2,69	0,315	-	0,992	709,820	7,170	2,678	2,403	0,340	0,008	20,532	2,647

CCI: coeficiente de correlación intraclase; **IC:** intervalo de confianza; **SEC:** suma de los errores cuadrados; **SME:** suma media de los errores cuadrados; **RCMEC:** raíz cuadrada de la suma media de los errores cuadrados; **% error:** error porcentual; **%EEM:** error estándar de medición; **%CV:** coeficiente de variación porcentual; **EEE:** error estándar de estimación. **CMJ:** salto en contramovimiento; **HT:** Hip Thrust; **30-15:** 30-15 Intermitent Fitness Test; **S:** sentadilla; **V-Cut:** prueba V-Cut.

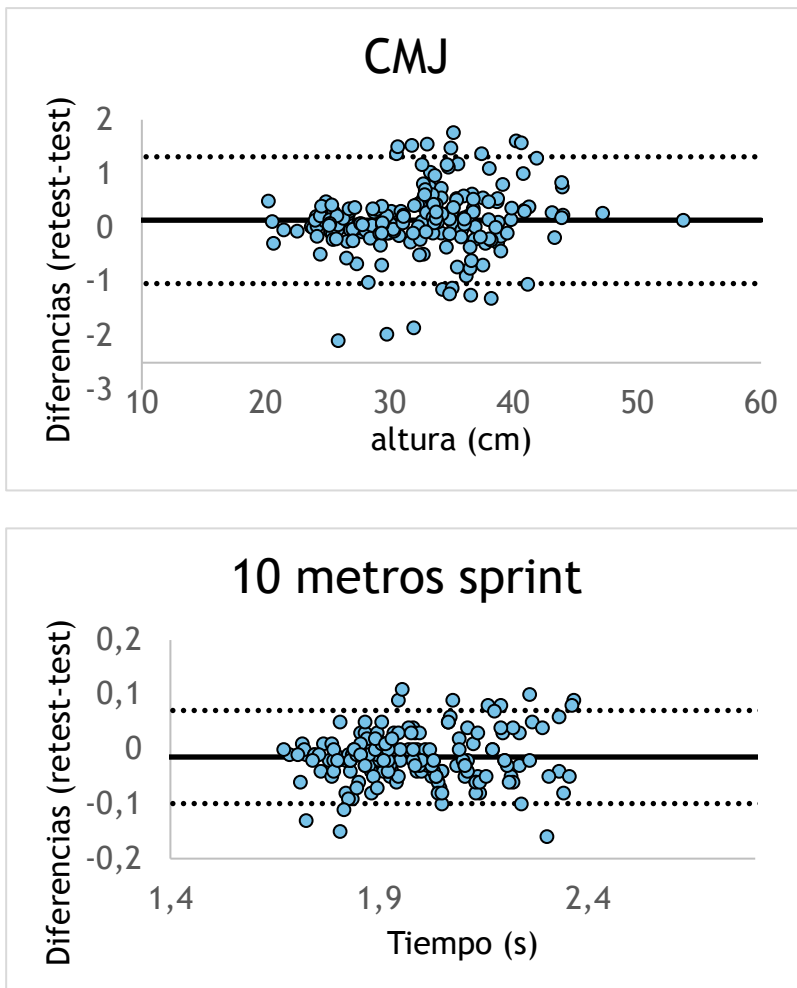
Todos los test de condición física basadas en el campo mostraron pequeñas tasas de error (%error = 1,82–10,69; %EEM = 1,82–7,73; %CV = 4,39–9,39), excepto los valores obtenidos en el CMJ, sentadilla y HT (%CV = 15,2–21,11). Todos los test de condición física basadas en el campo mostraron un CMD90 cercano a 0, lo que indica que no hubo un cambio real entre T1 y T2.

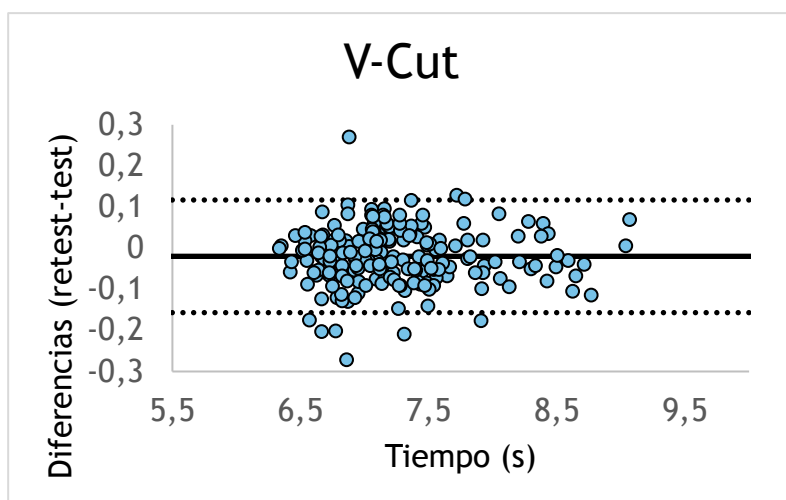
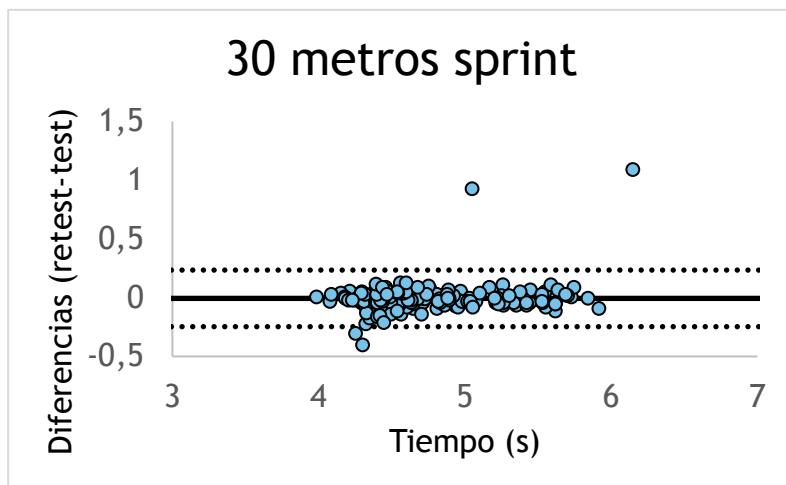
Según la EB, la fiabilidad del grupo PHV0 fue similar a la de la muestra total, con la excepción de que hubo una diferencia no significativa entre T1 y T2 en el CMJ ($p > 0,05$, CV = 12,7%). En cuanto al grupo PHV1, solo se encontró una diferencia significativa entre T1 y T2 en el test de sprint de 10-m ($-0,01 \pm 0,03$ s, $p = 0,033$; ES = 0,125; CCI = 0,97). En el caso del grupo PHV2, el análisis de fiabilidad siguió la misma tendencia que en la muestra total.

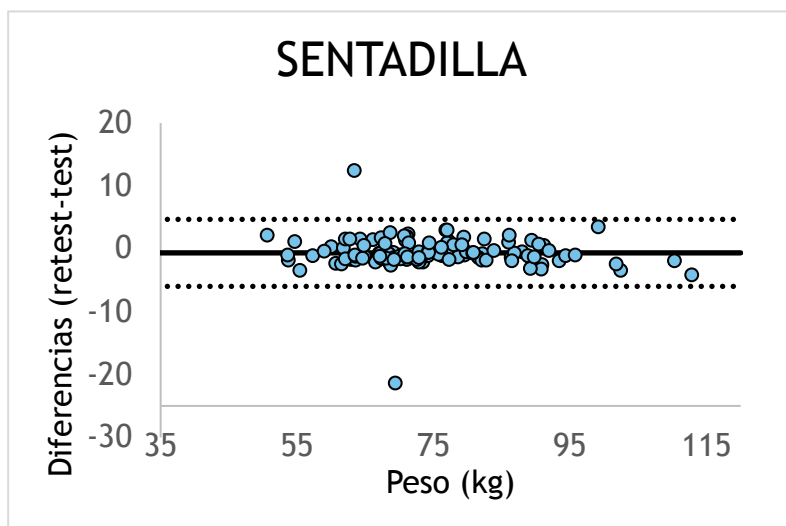
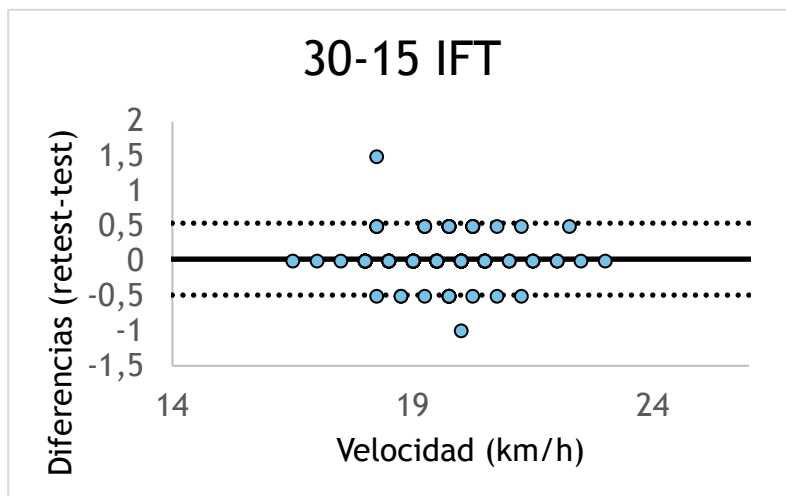
Finalmente, los gráficos de Bland-Altman (Figura 4) respaldaron la fiabilidad de todos los test de campo de condición física, con diferencias cercanas a 0 y límites de acuerdo estrechos. Excepto en el CMJ ($p = 0,037$), no se observó heterocedasticidad en ninguna de los test evaluadas, basándose en la ausencia de diferencias entre los cuartiles de rendimiento (todos $p > 0,05$) dentro de cada prueba. El modelo de regresión lineal mostró un sesgo proporcional en los test de CMJ ($r = 0,161$, $R^2 = 0,026$, $p = 0,024$) y en el test de sprint de 30-m ($r = 0,227$, $R^2 = 0,052$, p

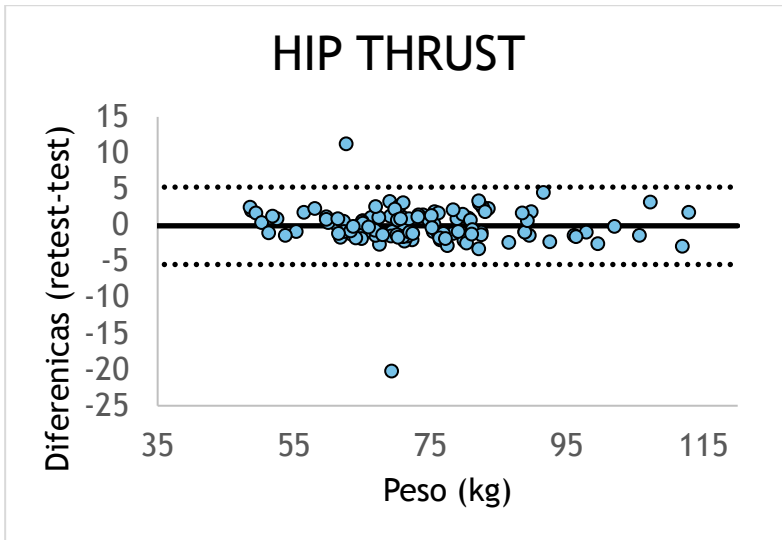
= 0,001), indicando que, cuanto mejor es el rendimiento, mayor es la diferencia entre los intentos.

Figura 4. Gráficos de Bland-Altman de los diferentes test.









CMJ: salto en contramovimiento; **V-Cut:** prueba de cambio de dirección; **10-m:** prueba de sprint de 10-m; **30-m:** prueba de sprint de 30-m; **30-15IFT:** 30-15 Intermitent Fitness Test.

5.2. Estudio II

“Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados”:

Análisis intra grupos

Los resultados de los análisis dentro de los grupos se muestran en la Tabla 9.

El grupo GPT mostró diferencias significativas pre-post en CMJ ($2,85 \pm 1,37$ cm, $p=0,002$, $d=0,89$), sentadilla ($25,62 \pm 3,59$ kg, $p<0,001$, $d=2,93$), HT ($40,95 \pm 5,15$ kg, $p<0,001$, $d=4,43$) y V-Cut ($-0,15 \pm 0,1$ s, $p=0,014$, $d=0,6$). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas pre-post en 10-m ($-0,02 \pm 0,03$ s, $p>0,1$), 30-m ($-0,02 \pm 0,05$ s, $p>0,1$) y 30-15IFT ($0,36 \pm 0,37$ km/h, $p>0,1$).

El grupo GPI mostró diferencias significativas pre-post en CMJ ($2,78 \pm 1,71$ cm, $p=0,011$, $d=0,42$), sentadilla ($27,21 \pm 3,59$ kg, $p<0,001$, $d=2,94$) y HT ($38,73 \pm 5,19$ kg, $p<0,001$, $d=3,6$), 10-m ($-0,14 \pm 0,03$ s, $p<0,001$, $d=1,56$), 30-m ($-0,19 \pm 0,15$ s, $p<0,001$, $d=0,95$) y V-Cut ($-0,32 \pm 0,09$ s, $p<0,001$, $d=0,97$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas pre-post en 30-15IFT ($-0,23 \pm 0,39$ km/h, $p>0,1$).

Tabla 9. Cambios en el rendimiento después de la intervención en el Grupo de Periodización Tradicional y el Grupo de Periodización Integral (media $\pm$ DE) (estudio II).

	Variable	Pre-test	Post-test	Diferencia (95% IC)	p-valor	D-cohen ^a	
GPT	CMJ (cm)	35,66 $\pm$ 3,19	38,51 $\pm$ 4,88	2,85 (1,48; 4,22)	0,002	0,89	Moderado
(n=21)	10-m (s)	1,83 $\pm$ 0,09	1,81 $\pm$ 0,12	0,02 (-0,01; 0,05)	0,35	0,22	Pequeño
	30-m (s)	4,41 $\pm$ 0,19	4,39 $\pm$ 0,2	0,02 (-0,03; 0,06)	0,552	0,11	Ninguno
	V-Cut (s)	7,05 $\pm$ 0,25	6,9 $\pm$ 0,2	0,15 (0,05; 0,24)	0,014	0,6	Pequeño
	30-15IFT (km/h)	19,55 $\pm$ 1,31	19,9 $\pm$ 1,29	0,36 (-0,01; 0,73)	0,114	0,27	Pequeño
	S (kg)	49,05 $\pm$ 8,75	74,67 $\pm$ 11,49	25,62 (22,03; 29,2)	<0,001	2,93	Grande
	HT (kg)	41,43 $\pm$ 9,24	82,38 $\pm$ 13,51	40,95 (35,8; 46,1)	<0,001	4,43	Grande
GPI	CMJ (cm)	36,97 $\pm$ 6,68	39,75 $\pm$ 4,6	2,78 (1,07; 4,49)	0,011	0,42	Pequeño
(n=24)	10-m (s)	1,88 $\pm$ 0,09	1,73 $\pm$ 0,11	0,14 (0,11; 0,18)	<0,001	1,56	Grande
	30-m (s)	4,44 $\pm$ 0,2	4,25 $\pm$ 0,19	0,19 (0,15; 0,23)	<0,001	0,95	Moderado
	V-Cut (s)	7,11 $\pm$ 0,33	6,79 $\pm$ 0,2	0,32 (0,23; 0,42)	<0,001	0,97	Moderado
	30-15IFT (km/h)	19,37 $\pm$ 1,11	19,15 $\pm$ 1,16	0,23 (-0,16; 0,62)	0,332	0,21	Pequeño
	S (kg)	50,89 $\pm$ 9,26	78,1 $\pm$ 11,3	27,21 (23,62; 30,81)	<0,001	2,94	Grande
	HT (kg)	42,45 $\pm$ 10,77	81,18 $\pm$ 10,48	38,73 (33,54; 43,91)	<0,001	3,6	Grande

CMJ: salto en contramovimiento; **HT:** Hip Thrust; **GPI:** Grupo de entrenamiento de Periodización Integral; **S:** sentadilla; **GPT:** Grupo de entrenamiento de Periodización Tradicional; **V-Cut:** prueba de cambio de dirección; **10-m:** prueba de sprint de 10-m; **30-m:** prueba de sprint de 30-m; **30-15IFT:** 30-15 Intermitent Fitness Test; **IC:** Intervalo de Confianza.

Nota: Para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras (positivas), de modo que las diferencias negativas y positivas estén en la misma dirección. Un p-valor $\leq 0,1$ demuestra diferencias estadísticamente significativas.

Análisis entre grupos

Los grupos no mostraron diferencias significativas en sus valores iniciales de rendimiento en todos los test evaluados (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación intra-grupo y entre grupos de las variables descriptivas (estudio II).

Variable		GPT	GPI	p-valor#
Edad (años)	Pre-test	15,2 ± 0,32	15,16 ± 0,46	0,725
	Post-test	15,86 ± 0,32	15,87 ± 0,46	0,955
	p-valor *	<0,001	<0,001	
Altura (cm)	Pre-test	172,99 ± 5,34	173,66 ± 7,07	0,726
	Post-test	174,01 ± 5,29	174,6 ± 7,05	0,753
	p-valor *	0,39	0,26	
Peso (kg)	Pre-test	64,3 ± 7,46	63,93 ± 6,59	0,862
	Post-test	65,89 ± 6,19	67,46 ± 5,75	0,381
	p-valor *	0,16	<0,01	
PHV	Pre-test	1,531 ± 0,22	1,521 ± 0,20	0,874
	Post-test	1,575 ± 0,19	1,556 ± 0, 21	0,747
	p-valor *	0,485	0,575	

GPI :Grupo de entrenamiento de Periodización Integral; **GPT**:Grupo de entrenamiento de Periodización Tradicional; **PHV**: Peak Height Velocity. Un p-valor $\leq 0,05$ denota.

Los resultados de los análisis entre grupos se ilustran en la Figura 5.

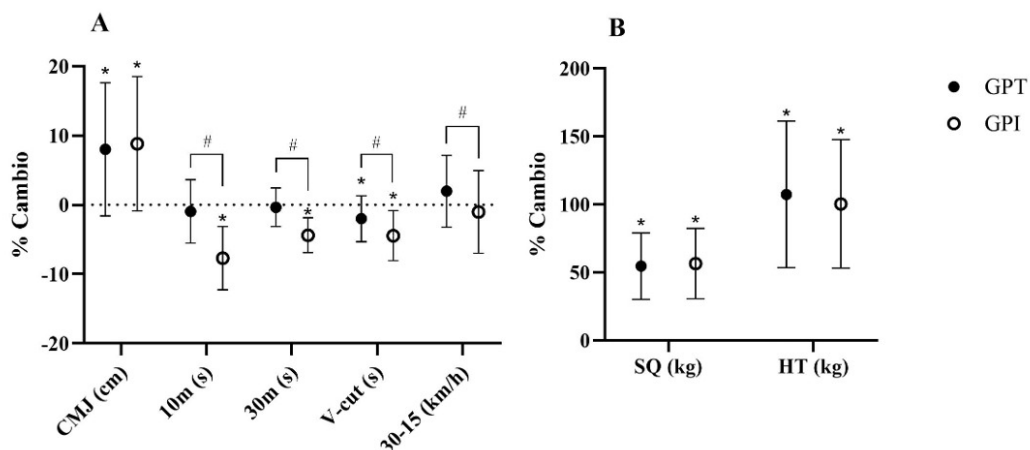


Figura 5. Porcentaje de cambio Pre-Post comparando la PI y la PT .

CMJ: salto en contramovimiento; **HT:** Hip Thrust; **GPI:** Grupo de entrenamiento de Periodización Integrada; **S:** sentadilla; **GPT:** Grupo de entrenamiento de Periodización Tradicional; **V-Cut:** prueba de cambio de dirección; **10-m:** prueba de sprint de 10-m; **30-m:** prueba de sprint de 30-m; **30-15IFT:** 30-15 Intermitent Fitness Test;

* Intragrupo estadísticamente significativo.

Intergrupo estadísticamente significativo.

Se observaron diferencias significativas entre GPT y GPI en el test de 10-m ($p < 0,001$), 30-m ($p < 0,001$) y V-Cut ($p = 0,012$) a favor de GPI, y 30-15IFT ($p = 0,033$) a favor de GPT. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre grupos para CMJ ($p > 0,05$), sentadilla ($p > 0,05$) y HT ($p > 0,05$).

Los resultados de los análisis comparativos entre grupos respecto a la incidencia y gravedad de las lesiones se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Incidencia y severidad de las lesiones sin contacto comparando el Grupo de Periodización Tradicional y el Grupo de Periodización Integral (estudio II).

	Total de jugadores	Lesiones	p-valor	Severidad de la lesión (días)	p-valor
GPT	21	12	0,028*	23,33 ± 6,89	0,523#
GPI	24	6		21 ± 7,67	

GPI: Grupo de entrenamiento de Periodización Integrada; **GPT:** Grupo de entrenamiento de Periodización Tradicional.

Un p-valor $\leq 0,05$ denota diferencias estadísticamente significativas.

*Valores obtenidos de análisis de chi-cuadrado.

#Valores obtenidos de la prueba t.

Se encontraron diferencias significativas en la incidencia de lesiones ($p=0,028$) a favor de GPI, pero no en su gravedad ($p>0,05$).

5.3. Estudio III

“Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados”:

Análisis intra grupos

Los análisis dentro de los grupos se presentan en la Tabla 12.

El grupo GF1 mostró diferencias significativas pre-post en el CMJ, sentadilla, HT y V-Cut (D 0,59 a 2,79). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en los 10-m ($0,02 \pm 0,06s$, $p>0,1$), 30-m ($0,03 \pm 0,07s$, $p>0,1$) y 30-15IFT ($0,14 \pm 0,21$ km/h, $p>0,1$).

El grupo GF2 mostró diferencias significativas pre-post en el rendimiento de todas los test: CMJ ($1,62 \pm 1,12$ cm, $p=0,011$, $d=0,4$), sentadilla ($30,14 \pm 3,94$ kg, $p<0,001$, $TE=3,41$), HT ($45,32 \pm 4,58$ kg, $p<0,001$, $d=4,35$), 10-m ($-0,13 \pm 0,03s$, $p<0,001$, $d=1,86$), 30-m ($-0,15 \pm 0,04s$, $p<0,001$, $d=1,25$), V-Cut ($-0,24 \pm 0,08s$, $p<0,001$, $d=1,09$) y 30-15IFT ($0,41 \pm 0,23$ km/h, $p=0,003$, $d=0,46$).

Tabla 12. Diferencias intra-grupo para los grupos Grupo frecuencia 1 y Grupo frecuencia 2 de entrenamiento (estudio III).

	Variable	Pre-test	Post-test	Diferencia (95% IC)	p-valor	D-cohen ^a	
GF1 (n=18)	CMJ (cm)	37,11 ± 5,29	39,99 ± 5,23	2,88 (1,74; 4,03)	<0,001	0,54	Pequeño
	S (kg)	55,12 ± 9,5	79,61 ± 9,29	24,29 (21,17; 27,42)	<0,001	2,56	Grande
	HT (kg)	50,12 ± 12,02	83 ± 13,92	33,53 (28,55; 38,5)	<0,001	2,79	Grande
	10-m (s)	1,83 ± 0,12	1,85 ± 0,09	0,02 (-0,04; 0,07)	0,265	-	-
	30-m (s)	4,37 ± 0,16	4,4 ± 0,15	0,03 (-0,04; 0,1)	0,221	-	-
	V-Cut (s)	7,03 ± 0,28	6,78 ± 0,26	-0,25 (-0,34; -0,16)	<0,001	0,89	Moderado
	30-15IFT (km/h)	19,47 ± 0,81	19,61 ± 0,93	0,14 (-0,07; 0,35)	0,131	-	-
GF2 (n=22)	CMJ (cm)	37,13 ± 4,03	38,75 ± 4,52	1,62 (0,5; 2,73)	0,011	0,4	Pequeño
	S (kg)	57,73 ± 8,83	87,86 ± 9,94	30,14 (26,2; 34,07)	<0,001	3,41	Grande
	HT (kg)	49,77 ± 10,41	95,09 ± 12,78	45,32 (40,74; 49,9)	<0,001	4,35	Grande
	10-m (s)	1,85 ± 0,07	1,72 ± 0,07	-0,13 (-0,16; -0,10)	<0,001	1,86	Grande
	30-m (s)	4,4 ± 0,12	4,25 ± 0,15	-0,15 (-0,19; -0,1)	<0,001	1,25	Grande
	V-Cut (s)	6,96 ± 0,22	6,72 ± 0,21	-0,24 (-0,32; -0,17)	<0,001	1,09	Moderado
	30-15IFT (km/h)	20,48 ± 0,89	20,89 ± 1,07	0,41(0,18; 0,64)	0,003	0,46	Pequeño

CMJ: Salto en contramovimiento; **GF1:** Grupo frecuencia 1; **GF2:** Grupo frecuencia 2; **HT:** hip thrust; **S:** Sentadilla; **V-Cut** : test de cambio de dirección; **10-m:** test de sprint de 10m; **30-m:** test de sprint de 30m **30-15IFT:** 30-15 Intermitent Fitness Test

Resultados expresados como media (desviación-estándar).

P-valor de ≤ 0,1 demuestra diferencias estadísticamente significativas.

(media ± DE).

Análisis entre grupos

Se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los valores iniciales solo para el test 30-15 IFT (Tabla 13).

Tabla 13. Comparación intra-grupo y entre grupos de las variables descriptivas (estudio III).

Variable		GF1	GF2	p-valor#
Edad (años)	Pre-test	16,7 ± 0,92	16,5 ± 0,4	0,139
	Post-test	17,4± 0,92	17,17 ± 0,4	0,109
	p-valor*	0,004	<0,001	
Altura (cm)	Pre-test	178,45 ± 7,5	173,5 ± 6,9	0,018
	Post-test	179,14 ± 7,2	173,69 ± 6,84	0,01
	p-valor*	<0,001	0,035	
Peso (kg)	Pre-test	72,06 ± 6,41	65,35 ± 7,51	0,002
	Post-test	72,26 ± 6,03	68,54 ± 7,41	0,048
	p-valor*	0,338	<0,001	

GF1: Grupo frecuencia 1 entrenamienrto de fuerza; **GF2:** Grupo frecuencia 2 entrenamiento de fuerza.

Resultados expresados como media (desviación estándar)

P-valor de ≤ 0,1 demuestra diferencias estadísticamente significativas

*Análisis intra-grupo (media ± desviación estándar)

#Análisis inter-grupo

Los resultados de los análisis entre grupos se ilustran en la Figura 6.

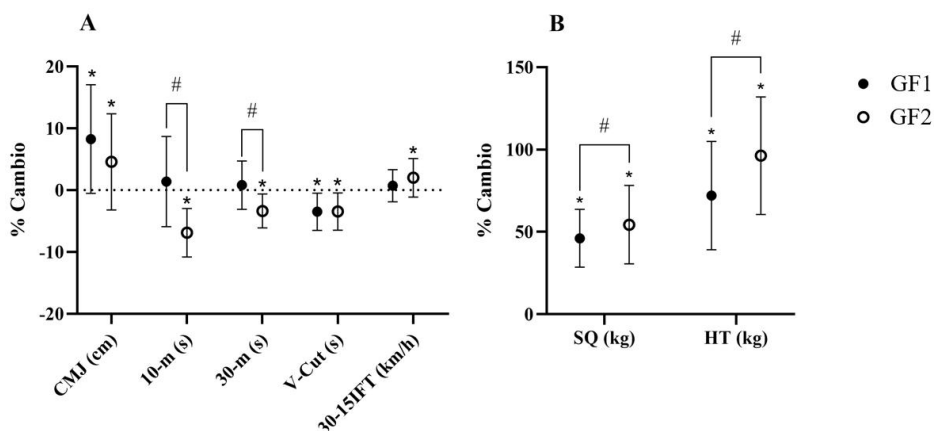


Figura 6. Porcentaje de cambio Pre-Post comparando la F1 y la F2 (estudio III).

CMJ: salto en contramovimiento; **HT:** Hip Thrust; **GF1:** Grupo de entrenamiento frecuencia 1 entrenamiento de fuerza; **S:** sentadilla; **GF2:** Grupo de entrenamiento frecuencia 2 entrenamiento de fuerza; **V-Cut:** prueba V-cut; **10-m:** prueba de sprint de 10-m; **30-m:** prueba de sprint de 30-m; **30-15IFT:** 30-15 Intermitent Fitness Test.

* Intragrupo estadísticamente significativo.

Intergrupo estadísticamente significativo.

Se observaron diferencias significativas entre el grupo GF1 y el grupo GF2 en términos de los efectos sobre el sentadilla ($p=0,03$), HT ($p=0,006$), 10-m ($p<0,001$) y 30-m ($p<0,001$), en favor del grupo GF2. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos para el CMJ ($p>0,05$), V-Cut ($p>0,05$) y 30-15IFT ($p>0,05$).

El análisis entre grupos de la incidencia y gravedad de las lesiones se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14. Incidencia y severidad de las lesiones sin contacto comparando el Grupo frecuencia 1 entrenamiento de fuerza y el Grupo frecuencia 1 entrenamiento de fuerza (estudio III).

	Jugadores totales (n)	Lesiones (n)	p- valor	Gravedad de las lesiones (días)	p-valor
GF1	18	6	0,436*	21,50 ± 8,78	0,049#
GF2	22	10		14,5 ± 6,91	

GF1: Grupo frecuencia 1 entrenamiento de fuerza **GF2:** Grupo frecuencia 2 entrenamiento de fuerza.

P-valor de $\leq 0,1$ demuestra diferencias estadísticamente significativas.

*Valores obtenidos a partir de una prueba de chi-cuadrado.

#Valores obtenidos a partir de una prueba t-test.

En cuanto a la gravedad de las lesiones, se encontraron diferencias significativas ($p=0,049$) a favor del grupo GF2, con una menor gravedad de las lesiones, mientras que no se observaron diferencias en la incidencia de lesiones ($p>0,05$).

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

A continuación, se exponen las discusiones específicas de cada uno de los estudios que conforman la presente Tesis Doctoral.

6.1. Estudio I.

“Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica”.

El hallazgo principal en este estudio fue que todos los test presentaron una alta fiabilidad, tanto para la muestra general como para los distintos grupos de EB, lo que significa que esta variable no influye en la fiabilidad de los test de condición física evaluados.

Todos los test de condición física parecieron ser fiables, aunque el CMJ, el test de sprint de 10-m, y el TCP en la sentadilla mostraron diferencias significativas entre T1 y T2. Sin embargo, estos test presentaron un tamaño del efecto trivial ($<0,2$) (Hopkins et al., 2009) y un CCI alto, que osciló entre 0,97 y 0,99, lo que indica la alta reproducibilidad de estos test. Además, todos los test de condición física presentaron bajos errores de medición (Vincent-Smith & Gibbons, 1999), excepto el test CMJ y el TCP en sentadilla y HT, que reportaron un $\%CV > 10$.

No se encontraron diferencias significativas para ninguno de los grupos de edad en el test de sprint de 30-m entre T1 y T2,

y se observó una reproducibilidad entre grupos de diferentes EB sin diferencias significativas entre T1 y T2 y con un CCI muy bueno ($PHV0 = 0,94$; $PHV1 = 0,97$; $PHV2 = 0,94$), al igual que en otros estudios que reportaron un CCI entre 0,77 y 0,98 (Altmann et al., 2019) en futbolistas adultos. Además, no se obtuvieron diferencias significativas entre T1-T2 en el test 30–15 IFT, encontrando nuevamente una alta fiabilidad de el test independiente de la EB, como lo muestran los CCI ($PHV0 = 0,98$; $PHV1 = 0,96$; $PHV2 = 0,98$). Estos resultados son consistentes con los obtenidos en otros estudios, con CCI que van de 0,80 a 0,99 para atletas adultos (Grgic et al., 2021). De manera similar, no se obtuvieron diferencias significativas en el TCP en HT, independientemente de la EB, presentando los CCI que confirmaron la alta reproducibilidad del test ($PHV1 = 0,98$; $PHV2 = 0,99$). La fiabilidad T1-T2 nunca se había evaluado para este test antes, por lo que no fue posible hacer comparaciones con otros estudios. Sin embargo, otros ejercicios, como el *power clean* en una población de jugadores de rugby (Comfort, 2013) han mostrado ser fiables para evaluar la fuerza del tren inferior, sin presentar diferencias significativas en su evaluación entre días. Por lo tanto, parece que los test de sprint de 30-m, el 30–15 IFT y el TCP en HT son fiables de manera similar a lo que se ha observado en la literatura.

El resto de los test (CMJ, sprint de 10-m, V-cut y TCP en sentadilla) mostraron diferencias significativas entre T1 y T2

en los tres grupos de EB, con la única excepción de el test V-cut en el grupo PHV1 ($p = 0,462$). Se hallaron diferencias significativas en la evaluación entre T1-T2 ($p < 0,001$ y $p < 0,01$, respectivamente) para el CMJ, pero con un CCI de 0,99 en los tres grupos. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en otros estudios (Bright et al., 2023; Buchheit & Mendez-Villanueva, 2013) de futbolistas jóvenes entrenados. Al igual que en nuestro caso, esos estudios presentaron un CCI entre 0,96 y 0,99, un CV entre 4,79% y 6,76% (Bright et al., 2023), y un CCI de 0,87 y un CV de 2,2% (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2013), mostrando una alta reproducibilidad. De manera similar, la fiabilidad de el TCP en sentadilla fue evaluada en un solo estudio en hombres con experiencia en EF (edad $25,0 \pm 3,9$ años) (Pallarés et al., 2014), mostrando diferencias significativas entre T1-T2, pero con CCIs que van de 0,61 a 0,97 y un CV de 2,9%, señal de una buena reproducibilidad, siguiendo una tendencia similar a nuestros resultados, donde encontramos CCIs muy altos independientemente de la EB (PHV1 = 0,97; PHV2 = 0,98). Por otro lado, el test V-Cut en jugadores de baloncesto de 12 a 20 años (Gonzalo-Skok et al., 2015) y el test de sprint de 10-m en futbolistas adultos de 17 a 25 años (Altmann et al., 2019), no reportaron diferencias significativas entre T1-T2 (ambos $p > 0,01$). Sin embargo, en otro estudio con futbolistas jóvenes entrenados (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2013), se encontraron diferencias significativas

entre T1-T2 ($p < 0,1$), mostrando un CCI de 0,87 y un CV de 2,2%, demostrando así la alta reproducibilidad del test de sprint de 10-m. El hecho de que no se encontraran diferencias significativas entre estos estudios (excepto en el último) y el nuestro, podría deberse a que estas muestras tenían mayor experiencia deportiva, así como una mayor EC, mientras que nuestra muestra era más joven y menos experimentada. Además, en nuestro estudio, las diferencias significativas podrían deberse a errores tipo I, ya que la muestra es mayor que en estudios previos y los cambios medios entre T1-T2 son bastante pequeños. Además, cabe señalar que, en aquellos test en las que hubo diferencias significativas entre T1-T2, también se presentaron variables estadísticas que refuerzan la buena reproducibilidad de los test (CCI y medidas de error). Las diferencias en las mediciones registradas entre T1-T2 no superaron 0 cm para PHV0, 0,01 cm para PHV1 y 0,2 cm para PHV2 en el test CMJ; 0,01 s para PHV0, 0,02 s para PHV1 y 0,01 s para PHV2 en el test de sprint de 10-m; más de 0,02 s para PHV0 y 0,02 s para PHV2 en los test V-cut; y 0,58 kg para PHV1 y 0,69 kg para PHV2 en el TCP en sentadilla. Esto es mínimo en términos de rendimiento e interpretación de los datos. Además, excepto para el CMJ, los análisis de heteroscedasticidad indicaron que la fiabilidad de los test era independiente del nivel de rendimiento en los tres grupos, lo que justifica su aplicabilidad en atletas de diferentes niveles

de experiencia. Por todas estas razones, podemos confirmar que hubo una buena fiabilidad test-retest y pudimos descartar el efecto de aprendizaje en las mediciones del retest.

Sin embargo, el test CMJ y los TCP en sentadilla y HT mostraron un CV superior al 10% en los tres grupos (CMJ: PHV0 = 12,7; PHV1 = 16,6; PHV2 = 12,3; S: PHV1 = 15,9; PHV2 = 15,2; HT: PHV1 = 20,9; PHV2 = 20,5), lo que podría indicar que la fiabilidad de estos test era cuestionable (Atkinson & Nevill, 1998). Esto podría deberse a que las tres pruebas son las más complejas técnicamente. La literatura ha demostrado cómo, en saltos como el CMJ, variables cinemáticas relacionadas con la técnica, como el grado de flexión articular (es decir, flexión de tobillo, rodilla y cadera), pueden influir en la capacidad de producción de fuerza y en el rendimiento (Swinton, Stewart, et al., 2012). De manera similar, otros autores han señalado cómo los aspectos técnicos también influyen en el rendimiento, variando incluso la activación muscular en los TCP en sentadilla y HT (Collazo García et al., 2020; Swinton, Stewart, et al., 2012). Las ligeras variaciones en la técnica de estas tres pruebas podrían explicar los valores obtenidos en el CV. Sin embargo, la sensibilidad de el test podría ayudarnos a entender los cambios comunes desarrollados en los test mencionadas (mayores que el CV) para saber si pueden utilizarse para monitorizar la progresión de los jugadores durante la

temporada y su desarrollo (Gonzalo-Skok et al., 2015). También podríamos agregar que, durante la adolescencia, experimentar cambios de crecimiento repetidos altera la longitud de los segmentos de una manera inesperada, lo que causa en los sujetos un proceso de recalibración motora para adaptar su "nuevo cuerpo" a las demandas de los patrones de movimiento (Davids et al., 2012); una situación que podría alterar las capacidades técnicas de las personas en periodos de desarrollo biológico y cerca de este momento, como es el caso de nuestra muestra.

Con respecto al PHV, a pesar de su relación con el rendimiento en diferentes aspectos de la condición física del futbolista (Mathisen & Pettersen, 2015), su acción como variable condicionante en la fiabilidad de los test no tuvo efecto. Por lo tanto, los test evaluados son fiables independientemente de la EB de los jugadores de fútbol.

Un estudio (Bright et al., 2023) observó una tendencia ascendente en la fiabilidad de la evaluación del CMJ a medida que aumentaba la EB, algo que puede haberse desarrollado con la madurez y experiencia deportiva de los jugadores. Sin embargo, a pesar de esta tendencia, la fiabilidad fue aceptable independientemente de si eran jugadores pre-, circa- o post-PHV. De manera similar, otros autores (C. M. P. Meylan et al., 2010) observaron que, en las variables analizadas en la fase excéntrica del salto durante

el CMJ, hubo poca variación entre las edades de 11 a 16 años. Los resultados obtenidos por Buchheit y Mendez-Villanueva (2013) en variables antropométricas, el CMJ y test de sprint de 10-m refuerzan esta idea, reportando una alta fiabilidad en los test independientemente de la edad cronológica y EB. Aunque existen hipótesis que podrían hacernos pensar que las evaluaciones con jugadores pre-PHV podrían presentar baja fiabilidad debido al fenómeno de la "torpeza adolescente" (Philippaerts et al., 2006), un entrenamiento regular y correctamente estructurado (como el realizado por los jugadores pre-PHV) (Lloyd & Oliver, 2012) podría estabilizar las funciones locomotoras y mitigar las posibles diferencias en fiabilidad entre los grupos de edad madurativa.

Los resultados de este estudio no solo proporcionan información valiosa sobre la fiabilidad de la batería de test de campo propuesta, sino que también proporcionan valores de referencia que podrían ser útiles para la identificación precoz de talento. Hay un déficit en la literatura con respecto a los valores de referencia para el nivel de condición física de futbolistas jóvenes; sin embargo, se ha demostrado que parámetros como la fuerza del tren inferior (Brughelli et al., 2008; Comfort et al., 2014; Wisløff et al., 2004), la capacidad de CD (Brughelli et al., 2008) o la condición cardiorrespiratoria (Helgerud et al., 2001; McMillan et al., 2005) parecen ser determinantes del rendimiento e

indicadores para la detección precoz de talento (Lozano & Carrasco Gallego, 2011), por lo que este estudio proporciona valores de referencia para este propósito.

6.2. Estudio II.

“Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados”.

El principal objetivo del presente estudio fue analizar el efecto del entrenamiento durante 45 semanas (temporada completa) a través de un modelo novedoso de periodización de EF, la PI, en comparación con uno tradicional en el rendimiento de las AAI y las LSC futbolistas jóvenes entrenados. Hasta donde sabemos, la PI es el primer modelo de periodización que respeta las relaciones mecánicas que ocurren en las SJ y el EF al establecer un análisis detallado de los patrones de movimiento utilizados en el entrenamiento en campo. El hallazgo principal de este estudio fue que después de 45 semanas de entrenamiento, los resultados en los test que evaluaron la fuerza del tren inferior (CMJ, TCP en sentadilla y HT) así como el test de CDD (V-Cut), mejoraron significativamente en ambos grupos. Mientras que los test de aceleración y velocidad (pruebas de 10-m y 30-m de sprint) solo mejoraron en el modelo de PI. Por otro lado, la FCR (30-15IFT) no mejoró en ninguno de los grupos. La comparación entre grupos (GPI vs GPT) mostró resultados significativamente mejores en los test de sprint de 10-m y 30-m, así como en el test V-Cut en el GPI con respecto al GPT.

Además, el GPI presentó un número significativamente menor de lesiones no contactivas durante la intervención.

Se observaron mejoras en el CMJ en ambos grupos (GPT: Δ : 8,02%, GPI: Δ : 8,82%), con tamaños del efecto moderados y pequeños, respectivamente, y sin diferencias significativas entre los grupos. Resultados similares fueron encontrados en otros estudios en los que futbolistas jóvenes entrenados realizaron un programa de EF similar al del presente estudio (Δ : 7,2%, D 0,58) (de Hoyo et al., 2016). En cuanto al TCP en sentadilla, igualmente se encontraron mejoras en ambos grupos (GPT: Δ : 54,6%, GPI: Δ : 56,5%) sin diferencias significativas entre ellos. Encontramos mejores resultados en comparación con estudios similares (Δ : 14%, D 0,75) (Galiano et al., 2020). Esto podría explicarse debido a la experiencia de entrenamiento previa (1,5 años de experiencia frente a sin experiencia), lo que haría que las mejoras iniciales en los programas de EF sean más pronunciadas (Bompa & Haff, 2009). Además, nuestra muestra fue más joven ($15,18 \pm 3,9$ años) en comparación con la otra muestra ($23 \pm 3,2$ años), siendo un periodo donde se presenta una mayor neuroplasticidad, lo que puede facilitar las adaptaciones neuromusculares (Lloyd & Oliver, 2012).

Además de las mejoras que podrían atribuirse a efectos hipertrofia y neurales derivados del programa de EF (Keiner

et al., 2022), las mejoras en los test de CMJ y TCP en sentadilla en el GPT podrían explicarse porque ambos ejercicios fueron incluidos en el programa de entrenamiento y los participantes pudieron mejorar su ejecución técnica (McCaw & Melrose, 1999; Swinton, Lloyd, et al., 2012). La razón de que mejorase el TCP en sentadilla en el GPI, podría deberse a las mismas razones por las que se mejoró en el GPT, ya que la propia sentadilla fue un ejercicio fijo del programa de EF del GPI. Por otro lado, el CMJ también mejoró significativamente en el GPI, probablemente debido a una similitud biomecánica y relación directa en términos de rendimiento que este ejercicio tiene con el ejercicio de sentadillas realizado con cargas ligeras (De Hoyo et al., 2015; J. J. González-Badillo et al., 2015; Kawamori & Haff, 2004). A diferencia de lo que se esperaba, los resultados obtenidos en el GPT, a pesar de basar su programa de EF en ejercicios que constituyen la propia prueba de evaluación, no obtuvieron mejores resultados que el GPI, lo que corrobora la idea de que no es necesario un alto volumen de un gesto concreto para lograr mejoras superiores en dicho gesto (Pascual-Leone et al., 1999).

Ambos grupos también mejoraron con un gran tamaño del efecto en el TCP en HT (GPT: Δ : 107,4%, GPI: Δ : 100,43%). Hasta donde sabemos, no existen estudios previos que hayan estudiado esta variable en muestras similares. Al igual que con el caso del TCP en sentadilla, el mismo efecto

relacionado con la mejora técnica (Collazo García et al., 2020), también habría influido en las mejoras del GPI al incluir este ejercicio en su EF. Sin embargo, el GPT no contó con este ejercicio en su programa de EF, pero sí con el arrastre de trineo de 20 m. Se sabe que, durante el HT, la participación de los glúteos y la aplicación de fuerza horizontal juegan un papel fundamental (Contreras et al., 2016), de la misma manera que el rendimiento en los primeros metros de aceleración depende en gran medida de la correcta activación de los glúteos y la aplicación de fuerza horizontal (Chumanov et al., 2012; Morin et al., 2015; Wild et al., 2011). Por lo tanto, un ejercicio podría haber influido en el otro debido a similitudes biomecánicas y neuromusculares (Bompa & Haff, 2009).

Solo el GPI obtuvo mejoras significativas con un tamaño del efecto grande y moderado en los sprints de 10-m y 30-m, respectivamente (10-m, Δ : -7,69%, 30-m, Δ : -4,37%). Nuestros resultados fueron algo diferentes a los obtenidos por otros estudios con futbolistas jóvenes entrenados expuestos a programas de EF similares (10-m, Δ : -1,25%, d : 0,15) (de Hoyo et al., 2016), (30-m, Δ : -2,4%, D 0,80) (Askling et al., 2003) En nuestra intervención, se obtuvo un porcentaje de cambio mucho mayor en ambos test en comparación con los estudios mencionados, probablemente porque en nuestro caso utilizamos ejercicios similares a las posiciones de aceleración en un programa multicomponente, como las

variantes del peso muerto y el HT. Los estudios anteriores utilizaron la sentadilla en YoYo y YoYo leg-curl (Hoyo et al. (2016), o solamente el YoYo leg-curl como en el caso de Askling et al. (2003), por lo que la mejora podría deberse más a adaptaciones tisulares que a elementos técnicos y cualitativos. De manera similar a otros estudios (J. J. González-Badillo et al., 2015), con muestras similares y programas de EF como los del GPT, no se obtuvieron mejoras significativas en la velocidad lineal (prueba de 20 m de sprint). Además, el GPI presentó mejoras significativamente mayores que el GPT en 10-m (Δ : -7,69% vs Δ : -0,94%) y 30-m (Δ : -4,37% vs Δ : -0,34%), lo que podría deberse a que el EF seguido por GPI incluyó más ejercicios dirigidos a la cadena posterior, la musculatura más determinante en la capacidad de aceleración y velocidad (Gazendam & Hof, 2007; Mendiguchia et al., 2015, 2021). Además, los ejercicios realizados en el GPI tuvieron una mayor correspondencia dinámica con la aceleración y el sprint. Curiosamente, el rendimiento en estos movimientos parece explicarse más por factores coordinativos que puramente cinéticos (Clark et al., 2017).

En cuanto a la capacidad de CDD, observamos mejoras significativas con un tamaño del efecto moderado en ambos grupos. El GPI tuvo mejoras significativamente mayores (Δ : -4,43%) que el GPT (Δ : -1,99%). Estas diferencias pueden explicarse por el hecho de que los jugadores del GPI

utilizaron una mayor variedad de planos de movimiento y vectores, considerando que el rendimiento en CD depende en gran medida de la capacidad para aplicar fuerza en múltiples planos y vectores (Hewit et al., 2012; Jimenez-Iglesias et al., 2024). Además, el GPI también utilizó dispositivos isoinerciales, que son más efectivos para mejorar el CDD que los dispositivos convencionales (Tous-Fajardo et al., 2016), debido a la capacidad de estimular la potencia en acciones excéntrico-concéntricas, además de permitir una sobrecarga excéntrica mientras se realizan tareas multidireccionales (Tous-Fajardo et al., 2016). Otros estudios realizados con muestras y programas de EF similares a los de GPI obtuvieron mejoras ligeramente superiores (CD, Δ : -5%, D 0,52) (Otero-Esquina et al., 2017) probablemente debido a una duración más corta (7 semanas frente a 45 semanas) y el momento de la evaluación (en temporada frente al final de la temporada en nuestro caso), donde los elementos de fatiga podrían influir en el rendimiento neuromuscular, incluida la capacidad CDD (Oliva-Lozano & Ardigò, 2024).

Finalmente, no encontramos mejoras significativas en FCR en ninguno de los grupos. La literatura carece de estudios en los que se evalúe esta capacidad en futbolistas jóvenes entrenados después de un programa de EF, aunque algunos estudios argumentan que la FCR no mejora al final de la temporada debido a aspectos relacionados con la fatiga y la

acumulación de carga competitiva (Diker et al., 2021; Silva, 2022). La alta carga externa y cognitiva a la que están expuestos los futbolistas a lo largo de la temporada podría inducir mecanismos de fatiga central que afectarían directamente al rendimiento físico general de los jugadores afectando directamente al FCR (López Chicharro & Fernández Vaquero, 2001; Oliva-Lozano & Ardigò, 2024) lo que explicaría los resultados obtenidos.

En cuanto a las LSC, no hubo diferencias significativas entre los grupos en la gravedad. Sin embargo, sí hubo diferencias en el número de estas, con un 50% menos en el GPI a pesar de tener 3 jugadores más en su muestra. Esto podría deberse a varias razones. En primer lugar, el GPI realizó sesiones de EF construidas en base un análisis mecánico específico que buscaba compensar los movimientos sobrecargados en las SJ, mientras que el GPT estableció las sesiones de EF de manera fija sin contemplar las dinámicas prioritarias en el ciclo de las SJ. Se sabe que el sobreuso de estructuras y el estrés mecánico generado por las SJ es uno de los principales factores de riesgo para las LSC en los futbolistas (Vanrenterghem et al., 2017; Verheul et al., 2020), por lo que compensar esta carga mecánica sin sobrecargarla podría haber sido una estrategia productiva en el GPI. Por otro lado, otra razón que podría explicar estos resultados es que mientras el GPT ejecutó su programa de ejercicios de EF sin ningún tipo de variabilidad, el GPI utilizó una variabilidad

constante en el tipo de ejercicios y en su ejecución. Se ha demostrado como los programas de EF que incluyen variabilidad motriz parecen ser superiores a los protocolos sin variabilidad (Nordin & Dufek, 2019), al evitar cargas repetidas con la consiguiente degradación de las estructuras, así como al promover mayores adaptaciones neuroplásticas que generan mayor capacidad adaptativa ante situaciones motoras potencialmente lesivas (Hamill et al., 2012; Lundbye-Jensen et al., 2005).

6.3. Estudio III.

“Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados”

El objetivo principal de este estudio fue estudiar los efectos de realizar EF con una sesión/semana comparada con hacer dos sesiones/semana sobre las AAI y las LSC en futbolistas jóvenes entrenados utilizando un modelo de PI durante una temporada completa (45 microciclos). Los principales hallazgos mostraron que, después de una temporada de intervención, una sola sesión de EF mejoró la fuerza del tren inferior evaluada a través de los test CMJ, y TCP en sentadilla y HT, así como la capacidad de CDD (test de V-Cut), sin mejoras significativas en la velocidad lineal evaluada mediante los sprints de 10-m y 30-m, ni en el FCR (test de 30-15 IFT). Por otro lado, dos sesiones semanales de EF mejoraron significativamente todos los test evaluados. La comparación entre grupos mostró resultados significativamente mejores en los TCP en sentadilla y HT, 10-m y 30-m en favor del GF2. Además, la gravedad de las LSC fue significativamente menor en el grupo de dos sesiones/semana de EF, lo que resalta la importancia de desarrollar un jugador más robusto mediante un óptimo volumen de entrenamiento.

Ambos grupos mejoraron significativamente la fuerza del tren inferior a través de los test de CMJ (GF1: Δ : 8,78%, GF2: Δ : 7,79%) con un tamaño de efecto pequeño (d : 0,4-0,54), TCP en sentadilla (GF1: Δ : 17,52%, GF2: Δ : 23,82%) y HT (GF1: Δ : 32,87%, GF2: Δ : 35,68%) con un tamaño del efecto grande (D 2,56-4,35). Otros estudios que evaluaron CMJ y el test de sentadilla en futbolistas jóvenes entrenados obtuvieron resultados similares utilizando una F2 (CMJ, Δ : 7,2%, d : 0,58) (de Hoyo et al., 2016), (S, Δ : 22,5%, D 1,31) (J. J. González-Badillo et al., 2015). Por otro lado, no se han registrado estudios previos con el test de HT en muestras con las que poder comparar nuestros resultados. Además de los factores neurales e hipertróficos derivados de la participación en un programa de EF (Keiner et al., 2022), las mejoras en estos test podrían deberse a una optimización de la técnica de ejecución (Collazo García et al., 2020; McCaw & Melrose, 1999; Swinton, Lloyd, et al., 2012). La presencia en el programa de EF de ejercicios con una correspondencia dinámica similar al CMJ, la sentadilla y HT (Verkhoshansky & Siff, 2009) podría haber sido un factor clave, además de que los participantes podrían haberse beneficiado del entrenamiento en el mismo vector que los ejercicios que conforman los test de evaluación (Cormie et al., 2007). Aunque ambos grupos mejoraron, el análisis entre grupos mostró mejoras significativamente mayores en los test de sentadilla (GF1: Δ : 17,52% vs. GF2: Δ : 23,82%) y HT (GF1:

Δ : 32,87% vs. GF2: Δ : 35,68%) a favor de GF2. Parece que, en sujetos entrenados, una progresión hacia intensidades y volúmenes más altos es necesaria para experimentar un aumento mayor de la fuerza, lo cual es difícil de lograr con solo una F1 (de Hoyo & Suarez-Arrones, 2022; Peterson et al., 2004) por motivos neurales y estructurales (Suchomel et al., 2018). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en el test de CMJ. Tal vez porque un volumen reducido, como ocurre en el GF1, fue suficiente para obtener mejoras en este test, como han mostrado otros estudios con volúmenes bajos (Δ : 8,5%, d : 0,44) (Galiano et al., 2020) (Δ : 5,07 cm%, d : 0,45) (Pareja-Blanco et al., 2017). Esto podría justificarse debido a la existencia de una relación en forma de U invertida entre el volumen de entrenamiento y el aumento del rendimiento en ejercicios explosivos con bajas cargas (J. González-Badillo et al., 2006), posiblemente porque los volúmenes más bajos inducen un estado de menor fatiga que permite aumentar la capacidad de aplicación de fuerza por unidad de tiempo, mejorando el rendimiento en este tipo de acciones (Pareja-Blanco et al., 2017).

Solo el GF2 obtuvo mejoras significativas en velocidad lineal (10-m, Δ : -3,91 s%, 30-m, Δ : -2,75 s%) con un tamaño del efecto grande (D 1,25-1,86) en ambas pruebas. Nuestros resultados fueron mayores que los obtenidos en estudios que utilizaron programas de EF con F2 en muestras similares (10-

m, Δ : -1,25 s%, D 0,15) (de Hoyo et al., 2016) (30-m, Δ : -2,4 s%, d : 0,80) (Askling et al., 2003). Esto podría explicarse porque en nuestro caso utilizamos un programa de EF con numerosos ejercicios que variaron los planos horizontal y vertical, con ejecución bilateral y unilateral, además de presentar una alta correspondencia dinámica (Verkhoshansky & Siff, 2009). Además, la mayoría de los ejercicios propuestos enfatizan el patrón de triple extensión, lo cual está directamente relacionado con el rendimiento en velocidad lineal (Dos Santos & Jones, 2023). Sin embargo, estos estudios utilizaron en su mayoría ejercicios bilaterales y se llevaron a cabo en un solo plano, lo que podría suponer un déficit en la mejora del rendimiento en acciones como el sprint debido a la falta de especificidad en los movimientos (Young, 2006). Por otro lado, el hecho de que solo el GF2 haya logrado mejoras significativas sugiere que dos sesiones/semana pueden ser óptimas para el desarrollo de la fuerza en sujetos entrenados, siendo superiores a una y tres sesiones/semana respectivamente (Peterson et al., 2004). La F2, en comparación con F1, parece ser mejor para obtener adaptaciones en los tejidos, como un aumento en la proporción de cadenas pesadas de miosina IIa, lo que implica una mejora directa en los niveles de fuerza, debido a una consiguiente tasa superior de desarrollo de fuerza por unidad de tiempo, algo crucial para el rendimiento en el sprint (Bird

et al., 2005; Dos Santos & Jones, 2023; González-Badillo, J.J. y Ribas-Serna, 2019).

La capacidad de CDD mejoró en ambos grupos (GF1: Δ : -3,03 s%, GF2: Δ : -3,03 s%) con un tamaño del efecto moderado (d : 0,89-1,09). Otros estudios con muestras similares obtuvieron mejoras mayores que las obtenidas en nuestro estudio incluso con F2 (CCD, Δ : -5%, D 0,52) (Otero-Esquina et al., 2017) y F1 (CCD, Δ : -5,7%, d : 1,22) (Tous-Fajardo et al., 2016). Los resultados obtenidos por Otero-Esquina et al. (2017), podrían haber sido mayores debido a razones relacionadas con el momento de la intervención (evaluación posterior en temporada vs. evaluación posterior al final de la temporada), o el hecho de que el test se realizó en un momento de la temporada en el cual la carga acumulada es muy alta, lo que podría explicar cómo la fatiga influyó en los resultados. Por otro lado, Tous et al. (2016), utilizaron una muestra que, a pesar de tener la misma edad, eran novatos en EF, a diferencia de nuestros jugadores, por lo que la magnitud de las mejoras se asume más amplia (Kraemer & Ratamess, 2004; Suchomel et al., 2018). No se encontraron diferencias significativas entre grupos, aunque otros estudios que compararon EF con F1 y F2 en muestras similares obtuvieron mejoras significativas en la capacidad de CDD a favor de F2 (Otero-Esquina et al., 2017). Esto podría explicarse porque el CDD es una acción a la que los futbolistas están expuestos en gran medida tanto en

competición como en entrenamiento (Filter et al., 2022), estando altamente adaptados a estos patrones motores. Se sabe que cuando un sujeto está altamente familiarizado con un gesto, su margen de aprendizaje motor y mejora con relación a él es mucho menor (Fernández-Valdés et al., 2023). Por lo tanto, un mayor volumen no tiene por qué inducir mejoras superiores. Además, estudios que se centraron en ejercicios específicos de CDD en futbolistas mostraron que incluso algunos ejercicios específicos pueden no mejorar esta habilidad, lo que sugiere que la capacidad de entrenamiento de CDD podría ser menor que otras habilidades en futbolistas (Rodríguez-Osorio et al., 2019).

El GF2 obtuvo mejoras significativas en FCR (Δ : 3,02 km/h%) con un tamaño del efecto pequeño (D 0,46), pero no el GF1. Otros estudios que evaluaron el FCR en una población de futbolistas después de programas de EF con F2 mediante el 30-15 IFT (Δ : 49,6 km/h%, d : 1,39) (Ferrete et al., 2014) o a través de otras pruebas que evalúan esta variable, como el Yo-Yo Intermittent Running Test (Δ : 9,54 m%, d : 0,47) (Karsten et al., 2016), obtuvieron mayores mejoras que las de nuestro estudio. Esto puede deberse a las características de las muestras empleadas. En el primer estudio (Ferrete et al., 2014), los futbolistas tenían entre 8 y 9 años y sin experiencia en programas de EF o entrenamiento de alta intensidad. Por lo tanto, el margen de mejora era muy alto debido a la experiencia de entrenamiento y la edad (Lloyd &

Oliver, 2012; López Chicharro & Fernández Vaquero, 2001). En el segundo estudio (Karsten et al., 2016), los futbolistas evaluados eran de nivel recreativo, por lo que el margen de mejora en su FCR también se asume más alto en comparación con jugadores de mayor nivel (Buchheit & Laursen, 2019). Así, parece que cuando los futbolistas tienen un nivel elevado, las mejoras en FCR pueden no ser fáciles de obtener. No se observaron diferencias significativas entre los grupos (GF1 vs GF2) en este test, lo cual no es sorprendente, ya que la mejora de esta variable depende mucho más del entrenamiento intermitente de alta intensidad y de las SJ que del EF (Buchheit et al., 2009; Buchheit & Laursen, 2019). Ambos contenidos formaban parte del entrenamiento de fútbol en campo y fueron idénticos en ambos grupos.

Finalmente, no se observaron diferencias significativas entre los grupos respecto a la incidencia de LSC. Sin embargo, el GF1 presentó lesiones significativamente más severas en cuanto a días de baja en comparación con el GF2. Varias razones podrían explicar esto: 1) estar expuestos a mayores volúmenes de entrenamiento puede inducir un efecto de profilaxis frente a lesiones musculares en comparación con estar expuestos a menores volúmenes (Gabbett, 2016, 2020); 2) durante la intervención, el GF2 mostró niveles de condición física superiores en comparación con el GF1, probablemente debido a las características específicas de su

programa de EF. Estos niveles más altos de condición física, particularmente en fuerza, parecen proporcionar un efecto protector contra el daño y las lesiones musculares (Knapik, 2015; Owen et al., 2015). Además, una mayor frecuencia de entrenamiento puede conducir a mejores tasas de aprendizaje motor (Shea et al., 2000), lo que permite al jugador evitar lesiones por sobrecarga mediante un aumento de la variabilidad funcional del movimiento (Nordin & Dufek, 2019)

FORTALEZAS Y LIMITACIONES

7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES

A continuación, se exponen las principales fortalezas y limitaciones de los distintos estudios que conforman la tesis.

7.1. Estudio I.

“Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica”.

La principal fortaleza de este estudio fue el hecho de que presentó una muestra considerablemente grande algo que es complicado en el contexto del alto rendimiento. Así, como la evaluación de un gran número de test que ofrecen una visión completa de la condición física de los jugadores. Igualmente, la batería de test de campo demostró su fiabilidad teniendo en cuenta la EB de los jugadores, algo que no se había logrado previamente en la literatura. En este sentido, otra fortaleza de este estudio que da más valor a los resultados fue que mostró la fiabilidad de una prueba tan accesible y fácil de realizar como el CMJ, que es un indicador de fatiga durante el microciclo y tiene una relación directa con otras variables de rendimiento como la capacidad de repetir sprints (González-frutos et al., 2022). Finalmente, aunque el CCI, Bland–Altman, EEM y CV son las estadísticas más comúnmente usadas para reportar la fiabilidad en los test relacionados con el rendimiento deportivo, agregamos otras variables estadísticas como los errores de medida para

proporcionar un análisis más completo de la fiabilidad. La principal limitación de nuestro estudio es que la familiarización con el EF y los test desarrollados por nuestra muestra era baja; tal vez sería interesante evaluar una población con un mayor grado de experiencia. Otra limitación fue que los resultados no se pueden extrapolar a una población de jugadoras de fútbol o jugadores adultos.

7.2. Estudio II.

“Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados”.

Las principales limitaciones de este estudio son la ausencia de un grupo control con el que comparar los grupos de intervención, así como la monitorización objetiva de la carga externa con sistemas de posicionamiento global (GPS) u otros dispositivos. Como fortaleza hay que destacar que se trata de una intervención que cubre una temporada completa (45 microciclos) en un contexto de entrenamiento profesional de fútbol, algo difícil de conseguir. Otra limitación potencial es el sesgo de selección, ya que la muestra consiste exclusivamente en jugadores de una única cantera, tratándose de una muestra cerrada, una limitación común en

muchos estudios realizados en el campo del rendimiento. Esto podría restringir la aplicabilidad de los resultados a grupos de fútbol más amplios, como jugadores de diversos entornos de entrenamiento u otros niveles competitivos. Para minimizar el sesgo de selección, se incluyeron en el estudio todos los jugadores elegibles de la cantera, y no se aplicaron criterios de selección adicionales más allá de la participación en el programa de entrenamiento. Como puntos fuertes, se trata de una intervención que abarca una temporada completa en un contexto de entrenamiento de fútbol profesional.

7.3. Estudio III.

“Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados”.

Al igual que el estudio II, la principal limitación de este estudio es la ausencia de un grupo control con el que comparar los grupos de intervención y la falta de monitorización de la carga externa utilizando GPS o dispositivos similares otra limitación. En la misma línea que el estudio II y por las mismas razones fue el sesgo de selección. Dentro de los

puntos destacados, la principal fortaleza al igual que en el estudio anterior, es su diseño e, que cubre 45 microciclos, una temporada completa, en un entorno de entrenamiento de fútbol profesional.

CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

Diferenciando por estudios las conclusiones de la presente Tesis Doctoral sugieren:

Estudio I. “Fiabilidad de una batería de campo para la valoración de la condición física en futbolistas jóvenes entrenados: el papel de la edad biológica”.

Los resultados de este estudio indican que todos los test de campo realizados (mediciones antropométricas, los test de CMJ, test de cargas progresivas en sentadilla y hip-thrust, los test de sprint de 10-m y 30-m, V-Cut, y el test de 30–15 IFT) son fiables para evaluar la condición física y las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados (de 11 a 18 años), sin verse influenciados por la edad biológica. Los profesionales del fútbol podrían beneficiarse de esta batería para evaluar longitudinalmente el desarrollo del rendimiento de sus jugadores y tomar decisiones sobre su proceso de entrenamiento a lo largo del tiempo y la detención precoz de talento. Sin embargo, se necesitan más investigación para explorar este tema con otros test y en otras poblaciones, como jugadoras de fútbol y futbolistas adultos masculinos.

Estudio II. “Efectos comparativos de 9 meses de entrenamiento de fuerza en temporada con una periodización innovadora (Periodización Integral) frente

a un enfoque tradicional para la mejora de las acciones de alta intensidad en futbolistas jóvenes entrenados”.

Una temporada completa (45 microciclos) con la Periodización Integral mostró tener efectos positivos en la mejora de las acciones de alta intensidad, como la fuerza del tren inferior (test de CMJ, test de cargas progresivas en sentadilla y Hip-thrust), la aceleración y velocidad (test de 10-m y 30-m en sprints) y el cambio de dirección (test V-Cut), pero no mejoró el fitness cardiorespiratorio (test de 30-15IFT). Además, la Periodización integral demostró ser superior a la Periodización Tradicional en la mejora de la aceleración, la velocidad y los cambios de dirección, así como la reducción de las lesiones sin contacto. Por lo tanto, los resultados de este estudio sugieren que la Periodización Integral parece ser más efectiva para la mejora de las acciones de alta intensidad y en la reducción del número de lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados, en comparación con una Periodización Tradicional. Estos hallazgos pueden tener implicaciones para la gestión de programas de entrenamiento con el fin de mejorar el rendimiento de los jugadores de fútbol, así como reducir el riesgo lesiones sin contacto.

Estudio III. “Comparación de los efectos de dos frecuencias diferentes de entrenamiento de fuerza utilizando un enfoque de Periodización Integral sobre las

acciones de alta intensidad y las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados”.

En base a este estudio podemos concluir que una temporada completa (45 microciclos) de un modelo de intervención basado en la Periodización Integral con un programa de entrenamiento de fuerza y frecuencia 2, parece tener efectos beneficiosos sobre la mejora de las acciones de alta intensidad, tales como la fuerza del tren inferior, la aceleración, la velocidad, el cambio de dirección y fitness cardiorespiratorio. Además, los resultados de este estudio sugieren que el modelo de Periodización Integral con frecuencia 2 de entrenamiento de fuerza parece ser superior no solo en la mejora de acciones de alta intensidad, sino también en la reducción de la gravedad de las lesiones sin contacto en futbolistas jóvenes entrenados en comparación con la frecuencia 1. Estos resultados podrían influir en la forma en que se estructuran los planes de entrenamiento para mejorar el rendimiento de los futbolistas y reducir la gravedad de las lesiones sin contacto.

Conclusiones generales:

- 1.** Los test de CMJ, test de cargas progresivas en sentadilla y hip-thrust, los test de sprint de 10-m y 30-m, V-Cut, y el 30–15 IFT son fiables para evaluar la condición física en futbolistas jóvenes entrenados (de 11 a 18 años), independientemente de su edad biológica.
- 2.** Un modelo de Periodización Integral en el entrenamiento de fuerza, parece ser superior a modelos de Periodización Tradicional para la mejora de la aceleración, el sprint y el cambio de dirección, así como la reducción del número de lesiones sin contacto.
- 3.** La frecuencia 2 de entrenamiento de fuerza en un modelo de Periodización Integral, parece ser superior a la frecuencia 1, con el fin de mejorar las acciones de alta intensidad y el fitness cardiorespiratorio, así como la gravedad de las lesiones sin contacto.

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

9. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La presente Tesis Doctotal aporta una base científica para justificar una propuesta novedosa en la periodización del entrenamiento en el fútbol, “La Periodización Integral”, donde por primera vez se diseñan los contenidos de las SJ conjuntamente con el EF, para conseguir optimizar el estado de forma del futbolista moderno y optimizar su perfil de AAI.

Sería interesante que futuros trabajos de investigación ahondaran en el desarrollo de este modelo ofreciendo, por ejemplo, un análisis exhaustivo de la carga externa y la carga interna para conocer de forma precisa el coste mecánico real y fisiológico que supone esta metodología de entrenamiento en el futbolista, y utilizar esta información para perfilar el modelo y ajustar los contenidos de cara a mejorar el rendimiento deportivo. Igualmente debido a la variabilidad en cuanto a los contenidos que propone la PI, sería interesante abrir nuevas líneas de investigación que estudien el impacto y periodización de los contenidos en el aprendizaje de los jugadores tanto desde el punto de vista táctico como psicomotriz. Igualmente sería interesante aplicar estas posibles investigaciones en una muestra profesional en edad adulta, aunque es sabido que por la dinámica del fútbol de élite se hace difícil acceder a este tipo de población y aplicar un protocolo de intervención con rigurosidad científica. De igual manera sería interesante comprobar la fiabilidad de los distintos test de la condición física que se han mostrado en

este trabajo, pero con una población adulta de élite, así como en el fútbol femenino.

APLICACIONES PRÁCTICAS

10. APLICACIONES PRÁCTICAS

La presente tesis doctoral aporta varias aplicaciones prácticas a los profesionales de la preparación física en el fútbol. En primer lugar, en base a los hallazgos del estudio I, se refuerza la posibilidad de aplicar de forma rápida y económica una batería de test que ayude a determinar el perfil condicional de los futbolistas de diferentes edades, mediando además en base a la edad biológica, lo que hace que esta batería sea especialmente interesante en un contexto de cantera. Determinando el nivel de condición física de nuestros jugadores, no solo seremos capaces de tomar decisiones en base al proceso de entrenamiento, sino que también conseguiremos detectar talentos de forma precoz.

Por otro lado, siguiendo los hallazgos de los estudios II y III podemos ayudar a los científicos del deporte y preparadores físicos a guiar los procesos de entrenamiento de sus equipos para optimizar el rendimiento en acciones de alta intensidad y reducir el riesgo de lesiones sin contacto en sus jugadores con un enfoque actual y novedoso. Basado en los resultados, parece lógico que se debe ser respetuoso con el diseño de las sesiones de fuerza en relación con la carga mecánica que el futbolista experimenta en su trabajo en el campo, tal como indica la Periodización integral, evitando un efecto iatrogénico en la aplicación de carga sobre ciertas estructuras. Además,

promover sesiones de fuerza basadas en movimientos específicos que busquen una correspondencia dinámica con las acciones de alta intensidad experimentadas por los futbolistas y fomentar una práctica variable utilizando diferentes medios de trabajo puede ser beneficioso en comparación con otros enfoques más tradicionales para lograr estos objetivos. Igualmente se aportan datos que refuerzan un volumen óptimo de entrenamiento de cara al trabajo de fuerza durante la temporada.

REFERENCIAS

11. REFERENCIAS

- Alcaraz, P. E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B. O., & Martínez-Rodríguez, A. (2018). The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(9), 2143–2165. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0947-8>
- Alcazar, J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Lopez, C., Navarro-Cruz, R., Cornejo-Daza, P. J., Ara, I., & Alegre, L. M. (2021). Comparison of linear, hyperbolic and double-hyperbolic models to assess the force–velocity relationship in multi-joint exercises. *European Journal of Sport Science*, 21(3), 359–369. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1753816>
- Altmann, S., Ringhof, S., Neumann, R., Woll, A., & Rumpf, M. C. (2019). Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PloS One*, 14(8), e0220982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220982>
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 244–250. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 26(4),

217–238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>

Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095–1100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>

Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing Resistance Training Programmes to Enhance Muscular Fitness A Review of the Acute Programme Variables. In *Sports Med* (Vol. 35, Issue 10).

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England)*, 1(8476), 307–310.

Bompa, T., & Haff, G. (2009). *Periodization: theory and methodology of training* (5th ed.). Human Kinetics.

Bosch, F. (2015). *Strength Training and Coordination: An Integrative Approach* (1st ed.). 20/10 Publisher.

Bosch, F. (2020). *Anatomy of Agility*. 20/10 Publisher.

Bright, T., Handford, M. J., Hughes, J. D., Mundy, P. D., Lake, J. P., & Doggart, L. (2023). Development and Reliability of Countermovement Jump Performance in Youth Athletes at Pre-, Circa- and Post-Peak Height Velocity. *International*

Journal of Strength and Conditioning, 3(1), 1–14.
<https://doi.org/10.47206/ijsc.v3i1.149>

Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding Change of Direction Ability in Sport A Review of Resistance Training Studies. *Sports Medicine*, 38(12), 1045–1063. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00007>

Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365–374.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2019). *Science and Application of High-Intensity Interval Training: Solutions to programming the puzzle* (M. Buchheit & P. B. Laursen, Eds.). Human Kinetics.

Buchheit, M., Laursen, P. B., Kuhnle, J., Ruch, D., Renaud, C., & Ahmaidi, S. (2009). Game-based training in young elite handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 30(4), 251–258. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105943>

Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Reliability and stability of anthropometric and performance measures in highly-trained young soccer players: effect of age and maturation. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1332–1343.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2013.781662>

- Casamichana, D., Calleja González, J., San Román, J., & Castellano, J. (2016). *Los juegos reducidos en el entrenamiento del fútbol* (3ª). Fútbol de Libro.
- Chumanov, E., Wille, C., Michalski, M., & Heiderscheit, B. (2012). Changes in Muscle Activation Patterns when Running Step Rate is Increased. *Gait & Posture*, 36, 231–235. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.02.023>
- Clark, K. P., Ryan, L. J., & Weyand, P. G. (2017). A general relationship links gait mechanics and running ground reaction forces. *Journal of Experimental Biology*, 220(2), 247–258. <https://doi.org/10.1242/jeb.138057>
- Cochrane, W. (2007). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley and Sons.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd Ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
- Collazo García, C. L., Rueda, J., Suárez Luginick, B., & Navarro, E. (2020). Differences in the Electromyographic Activity of Lower-Body Muscles in Hip Thrust Variations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 2449–2455. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002859>

- Comfort, P. (2013). Within- and between-session reliability of power, force, and rate of force development during the power clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1210–1214. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182679364>
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 173–177. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318291b8c7>
- Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., & Cronin, J. (2016). A comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyography amplitude for the barbell, band, and American hip thrust variations. *Journal of Applied Biomechanics*, 32(3), 254–260. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0091>
- Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., McMaster, D. T., Reyneke, J. H. T., & Cronin, J. B. (2017). Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 999–1008. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001510>
- Cormie, P., Mccauley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and Science in*

Sports and Exercise, 39(2), 340–349.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf>

Curry, G. (2021). The emergence of football: sport, culture and society in the nineteenth century. *Soccer & Society*, 22(7), 795–797. <https://doi.org/10.1080/14660970.2020.1846116>

Darrall-Jones, J. D., Jones, B., Roe, G., & Till, K. (2016). Reliability and usefulness of linear sprint testing in adolescent rugby union and league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1359–1364.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001233>

Darrall-Jones, J. D., Jones, B., & Till, K. (2015). Anthropometric and Physical Profiles of English Academy Rugby Union Players. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 29, Issue 8).
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000872>

Davids, K., Araújo, D., Hristovski, R., Passos, P., & Chow, J. Y. (2012). Ecological dynamics and motor learning design in sport. *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice*, January, 112–130.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2297.0089>

de Hoyo, M., Núñez, F. J., Sañudo, B., Gonzalo-Skok, O., Muñoz-López, A., Romero-Boza, S., Otero-Esquina, C., Sánchez, H., & Nimphius, S. (2021). Predicting Loading Intensity Measuring Velocity in Barbell Hip Thrust Exercise. *Journal of Strength*

and Conditioning Research, 35(8), 2075–2081.
<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003159>

De Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46–52.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0547>

de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., Del Ojo, J. J., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1380–1387.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1157624>

de Hoyo, M., & Suarez-Arrones, L. (2022). Programming and Periodisation for Team Sports. In A. Muñoz-López, B. Sañudo, & R. Talar (Eds.), *Resistance Training Methods: From Theory to Practise* (1st ed., pp. 237–258).

Delgado-Bordonau, J., & Méndez Villanueva, A. (2015). Tactical Periodization: Mourinho's best-kept secret? *Soccer Journal*.

Dello Iacono, A., Martone, D., Milić, M., & Padulo, J. (2017). Vertical- vs. Horizontal-Oriented Drop Jump Training. *Journal*

of Strength and Conditioning Research, 31(4), 921–931.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001555>

Diker, G., Zileli, R., Özkamçı, H., & Ön, S. (2021). Seasonal change of aerobic performance of young soccer players. *Pensar En Movimiento: Revista de Ciencias Del Ejercicio y La Salud*, 19(1), e44517.
<https://doi.org/10.15517/pensarmov.v19i1.44517>

Dos Santos, T., & Jones, P. (2023). *Multidirectional Speed in Sport* (T. Dos Santos & P. Jones, Eds.; 1st ed.). Routledge.

Dvorak, J., Junge, A., Graf-Baumann, T., & Peterson, L. (2004). Football is the most popular sport worldwide. In *The American journal of sports medicine* (Vol. 32, Issue 1 Suppl, pp. 3S-4S).
<https://doi.org/10.1177/0363546503262283>

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sport Sciences*, 30(7), 625–631.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>

Fernández-Valdés, B., Jones, B., Hendricks, S., Weaving, D., Ramirez-Lopez, C., Whitehead, S., González, J., Gisbert-Orozco, J., Trabucchi, M., & Moras, G. (2023). A novel application of entropy analysis for assessing changes in movement variability during cumulative tackles in young elite rugby league players. *Biology of Sport*, 40(1), 161–170.
<https://doi.org/10.5114/biol sport.2023.112965>

- Ferrete, C., Requena, B., Suarez-Arrones, L., & De Villarreal, E. S. (2014). Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 413–422. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829b2222>
- Filter, A., Olivares-Jabalera, J., Dos'Santos, T., Madruga, M., Lozano, J., Molina, A., Santalla, A., Requena, B., & Loturco, I. (2022). High-intensity Actions in Elite Soccer: Current Status and Future Perspectives. In *International Journal of Sports Medicine* (Vol. 44, Issue 8, pp. 535–544). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/a-2013-1661>
- Filter, A., Santos, T. Dos, Madruga, M., Molina, A., Santalla, A., Requena, B., Loturco, I., Education, S., Kingdom, U., Ireland, N., Ireland, N., Club, B. F., Sciences, H., Gallego, V. De, Paulo, S., Science, E., Ireland, N., & Verlag, G. T. (2023). *High-intensity Actions in Elite Soccer: Current Status and Future Perspectives What are High-intensity Actions ?* 1–10. <https://doi.org/10.1055/a-2013-1661>
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273–280. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Gabbett, T. J. (2020). Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and

recommendations for practitioners. *British Journal of Sports Medicine*, 54(1), 58–66. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099784>

Galiano, C., Pareja-Blanco, F., Hidalgo de Mora, J., & Sáez de Villarreal, E. (2020). Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003487>

Gazendam, M. G. J., & Hof, A. L. (2007). Averaged EMG profiles in jogging and running at different speeds. *Gait and Posture*, 25(4), 604–614. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.06.013>

Gómez-Piqueras, P., & Alcaraz, P. E. (2024). If You Want to Prevent Hamstring Injuries in Soccer, Run Fast: A Narrative Review about Practical Considerations of Sprint Training. In *Sports* (Vol. 12, Issue 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/sports12050134>

González-Badillo, J., Izquierdo, M., & Gorostiaga, E. (2006). Moderate Volume of High Relative Training Intensity Produces Greater Strength Gains Compared With Low and High Volumes in Competitive Weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20, 73–81. <https://doi.org/10.1519/R-16284.1>

- González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Abad-Herencia, J. L., Del Ojo-López, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2015). Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1329–1338. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000764>
- González-Badillo, J.J. y Ribas-Serna, J. (2019). *Fuerza, Velocidad y Rendimiento Físico y Deportivo*. ESM S.L.
- González-Badillo, J., Sánchez-Medina, L., & Kingdon, U. (2010). Movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *Medicine & Science in Sports*, 31(April), 346–352.
- González-frutos, P., Aguilar-navarro, M., Morencos, E., Mallo, J., & Veiga, S. (2022). Relationships between strength and step frequency with fatigue index in repeated sprint ability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010196>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the Test V-cut for Young Basketball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 893–899. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554635>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Single-Leg Power Output and Between-Limbs Imbalances in

Team-Sport Players: Unilateral Versus Bilateral Combined Resistance Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 106–114.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0743>

Grgic, J., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2021). Test–retest reliability of the 30–15 Intermittent Fitness Test: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 413–418.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.010>

Hamill, J., Palmer, C., & Emmerik, R. (2012). Coordinative variability and overuse injury. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology: SMARTT*, 4, 45.
<https://doi.org/10.1186/1758-2555-4-45>

Harper, D., Cervantes, C., Van Dyke, M., Evans, M., McBurnie, A., Dos' Santos, T., Eriksrud, O., Cohen, D., Rhodes, D., Carling, C., & Kiely, J. (2024). The Braking Performance Framework: Practical Recommendations and Guidelines to Enhance Horizontal Deceleration Ability in Multi-Directional Sports. *International Journal of Strength and Conditioning*, 4(1).
<https://doi.org/10.47206/ijsc.v4i1.351>

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925–1931.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00019>

- Hewit, J. K., Cronin, J. B., & Hume, P. A. (2012). Understanding change of direction performance: A technical analysis of a 180°ground-based turn and sprint task. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 7(3), 493–501. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.7.3.493>
- Hill, M., Scott, S., Malina, R. M., McGee, D., & Cumming, S. P. (2020). Relative age and maturation selection biases in academy football. *Journal of Sports Sciences*, 38(11–12), 1359–1367. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1649524>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 41, Issue 1, pp. 3–12). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Jiménez-Iglesias, J., & Campos-Vázquez, M. Á. (2024). *Periodización Integral un modelo holístico para el fútbol actual: De la sala al campo* (1st ed.). Amazon.
- Jimenez-Iglesias, J., Owen, A. L., Cruz-Leon, C., Campos-Vázquez, M. A., Sanchez-Parente, S., Gonzalo-Skok, O., Cuenca-Garcia, M., & Castro-Piñero, J. (2024). Improving change of direction in male football players through plyometric training: a systematic review. In *Sport Sciences for Health*. Springer-Verlag Italia s.r.l. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01230-8>

Karsten, B., Larumb-Zabala, E., Kandemir, G., Hazir, T., Klose, A., & Naclerio, F. (2016). The effects of a 6-week strength training on critical velocity, anaerobic running distance, 30-m sprint and Yo-Yo intermittent running test performances in male soccer players. *PLoS ONE*, 11(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151448>

Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). THE OPTIMAL TRAINING LOAD FOR THE DEVELOPMENT OF MUSCULAR POWER. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 18, Issue 3). <http://journals.lww.com/nsca-jscr>

Keiner, M., Kadlubowski, B., Sander, A., Hartmann, H., & Wirth, K. (2020). Effects of 10-months of Speed, Functional, and Traditional Strength Training on Strength, Linear Sprint, Change of Direction, and Jump Performance in Trained Adolescent Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003807>

Keiner, M., Kadlubowski, B., Sander, A., Hartmann, H., & Wirth, K. (2022). Effects of 10-months of Speed, Functional, and Traditional Strength Training on Strength, Linear Sprint, Change of Direction, and Jump Performance in Trained Adolescent Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(8), 2236–2246. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003807>

- Knapik, J. J. (2015). The importance of physical fitness for injury prevention: part 1. *Journal of Special Operations Medicine: A Peer Reviewed Journal for SOF Medical Professionals*, 15(1), 123—127. <http://europepmc.org/abstract/MED/25770810>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61–72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- López Chicharro, J., & Fernández Vaquero, A. (2001). *Fisiología del Ejercicio*. Panamericana.
- Loturco, I., Freitas, T. T., Alcaraz, P. E., Kobal, R., Hartmann Nunes, R. F., Weldon, A., & Pereira, L. A. (2022). Practices of strength and conditioning coaches in Brazilian elite soccer. *Biology of Sport*, 39(3), 779–791. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2022.108703>
- Lovell, R., Towlson, C., Parkin, G., Portas, M., Vaeyens, R., & Cobley, S. (2015). Soccer Player Characteristics in English Lower-League Development Programmes: The Relationships between Relative Age, Maturation, Anthropometry and

Physical Fitness. *PloS One*, 10(9), e0137238.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137238>

Lozano, F. J. M., & Carrasco Gallego, A. (2011). Deficits of accounting in the valuation of rights to exploit the performance of professional players in football clubs. A case study. *Journal of Management Control*, 22(3), 335–357.
<https://doi.org/10.1007/s00187-011-0135-6>

Lundbye-Jensen, J., Marstrand, P., & Nielsen, J. (2005). Motor skill training and strength training are associated with different plastic changes in the central nervous system. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 99, 1558–1568.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01408.2004>

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>

Mathisen, G., & Pettersen, S. A. (2015). Anthropometric factors related to sprint and agility performance in young male soccer players. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 337.
<https://doi.org/10.2147/oajsm.s91689>

McCaw, S. T., & Melrose, D. R. (1999). Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat.

Medicine and Science in Sports and Exercise, 31(3), 428–436.
<https://doi.org/10.1097/00005768-199903000-00012>

McCormick, B. T., Hannon, J. C., Newton, M., Shultz, B., Detling, N., & Young, W. B. (2016). The Effects of Frontal- and Sagittal-Plane Plyometrics on Change-of-Direction Speed and Power in Adolescent Female Basketball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 102–107. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0058>

McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(5), 273–277.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.012526>

Mendiguchia, J., Castaño, A., Jimenez-Reyes, P., Morin, J.-B., Edouard, P., Conceicao, F., Dodoo, J., & Colyer, S. (2021). Can We Modify Maximal Speed Running Posture? Implications for Performance and Hamstring Injury Management. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0107>

Mendiguchia, J., Martinez-Ruiz, E., Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., Alcaraz, P. E., Esparza-Ros, F., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scandinavian Journal of Medicine &*

Science in Sports, 25(6), e621-9.
<https://doi.org/10.1111/sms.12388>

Meylan, C., Cronin, J., Oliver, J., & Hughes, M. (2010). Talent identification in soccer: The role of maturity status on physical, physiological and technical characteristics. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 5(4), 571–592.
<https://doi.org/10.1260/1747-9541.5.4.571>

Meylan, C. M. P., Nosaka, K., Green, J. P., & Cronin, J. B. (2010). Variability and influence of eccentric kinematics on unilateral vertical, horizontal, and lateral countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 840–845.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ae7961>

Mirwald, R. L., G. BAXTER-JONES, A. D., BAILEY, D. A., & BEUNEN, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689–694.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>

Mohr, M; Krstrup, P; Bangsbo, J., Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J., & M. Mohr, P. Krstrup, J. B. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sport Science*, 21(7), 519–528.
<https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>

- Morin, J.-B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Frontiers in Physiology*, 6, 404. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00404>
- Nordin, A. D., & Dufek, J. S. (2019). Reviewing the Variability-Overuse Injury Hypothesis: Does Movement Variability Relate to Landing Injuries? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(2), 190–205. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1576837>
- Oliva-Lozano, J. M., & Ardigò, L. P. (2024). *Training Load in Professional Soccer: Guide to Monitoring Performance* (1st ed., Vol. 1). Springer.
- Otero-Esquina, C., de Hoyo Lora, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 17(10), 1241–1251. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1378372>
- Otte, F. W., Millar, S.-K., & Klatt, S. (2019). Skill Training Periodization in “Specialist” Sports Coaching—An Introduction of the “PoST” Framework for Skill Development. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1(November), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00061>

- Owen, A. (2019). *Preparación física en el fútbol desde una aproximación científica* (1ª). Soccer Tutor.
- Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., Zouhal, H., & Wong, D. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2100–2105. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1064155>
- Pallarés, J. G., Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., De La Cruz-Sánchez, E., & Mora-Rodriguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *Journal of Sports Sciences*, 32(12), 1165–1175. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.889844>
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 512–519. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0170>
- Pascual-Leone, A., Tarazona, F., & Catalá, M. D. (1999). Applications of transcranial magnetic stimulation in studies on motor learning. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. Supplement*, 51, 157–161.

- Pescatello, L., Arena, R., Riebe, D., & Thompson, P. D. (2006). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, 60–113.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2004). Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 377–382. <https://doi.org/10.1519/R-12842.1>
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221–230. <https://doi.org/10.1080/02640410500189371>
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 34(6), 1048–1054. <https://doi.org/10.1139/H09-111>
- Rebelo, A., Brito, J., Maia, J., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Bangsbo, J., Malina, R. M., & Seabra, A. (2013). Anthropometric characteristics, physical fitness and technical performance of under-19 soccer players by competitive level

and field position. *International Journal of Sports Medicine*, 34(4), 312–317. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1323729>

Rebello, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., & Krustup, P. (2014). Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity. *European Journal of Sport Science*, 14 Suppl 1, S148-56. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.664171>

Rodríguez-Osorio, D., Gonzalo-Skok, O., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Osorio, D., Gonzalo-Skok, O., & Pareja-Blanco, F. (2019). Effects of Resisted Sprints With Changes of Direction Through Several Relative Loads on Physical Performance in Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(8), 1022–1028. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0702>

Seiru-Lo, F. (2017). *El entrenamiento en los deportes de equipo* (1ª). Autor-Editor.

Shea, C. H., Lai, Q., Black, C., & Park, J.-H. (2000). Spacing practice sessions across days benefits the learning of motor skills. *Human Movement Science*, 19(5), 737–760. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(00\)00021-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-9457(00)00021-X)

Silva, J. R. (2022). The soccer season: performance variations and evolutionary trends. In *PeerJ* (Vol. 10). PeerJ Inc. <https://doi.org/10.7717/peerj.14082>

- Stanković, M., Gušić, M., Nikolić, S., Barišić, V., Krakan, I., Sporis, G., Mikulić, I., & Trajković, N. (2021). 30-15 Intermittent Fitness Test: A Systematic Review of Studies, Examining the VO2max Estimation and Training Programming. *Applied Sciences*, 11, 11792. <https://doi.org/10.3390/app112411792>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Suarez-Arrones, L., Nakamura, F. Y., Maldonado, R. A., Torreno, N., Di Salvo, V., & Mendez-Villanueva, A. (2021). Applying a holistic hamstring injury prevention approach in elite football: 12 seasons, single club study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 31(4), 861–874. <https://doi.org/10.1111/sms.13913>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Swinnen, B. (2016). *Strength training for soccer* (1^a). Routledge.
- Swinton, P. A., Lloyd, R., Keogh, J. W. L., Agouris, I., & Stewart, A. D. (2012). A biomechanical comparison of the traditional squat, powerlifting squat, and box squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1805–1816. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182577067>

- Swinton, P. A., Stewart, A. D., Lloyd, R., Agouris, I., & Keogh, J. W. L. (2012). Effect of load positioning on the kinematics and kinetics of weighted vertical jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 906–913. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e589e>
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 66–73. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0010>
- Van Mechelen, W. (1997). The Severity of Sports Injuries. In *Sports Med* (Vol. 24, Issue 3).
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135–2142. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0714-2>
- Verheijen, R. (2014). *The original guide to football periodisation (Part 1)*. World Football Academy.
- Verheul, J., Nedergaard, N. J., Vanrenterghem, J., & Robinson, M. A. (2020). Measuring biomechanical loads in team sports—from lab to field. *Science and Medicine in Football*, 4(3), 246–252. <https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1709654>

- Verkhoshansky, Y., & Siff, M. (2009). *Supertaining* (6th ed.). Verkhoshansky.
- Vincent-Smith, B., & Gibbons, P. (1999). Inter-examiner and intra-examiner reliability of the standing flexion test. *Manual Therapy*, 4(2), 87–93. <https://doi.org/10.1054/math.1999.0173>
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240. <https://doi.org/10.1519/15184.1>
- Weldon, A., Duncan, M. J., Turner, A., Sampaio, J., Noon, M., Wong, D. P., & Lai, V. W. (2021). Contemporary practices of strength and conditioning coaches in professional soccer. *Biology of Sport*, 38(3), 377–390. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2021.99328>
- Wild, J., Bezodis, N., Blagrove, R., & Bezodis, I. (2011). A Biomechanical Comparison of Accelerative and Maximum Velocity Sprinting: Specific Strength Training Considerations. *UK Strength & Conditioning Association*, 21, 23–36.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2002.002071>

Young, W. B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 74–83.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.1.2.74>

CV ABREVIADO

12. CURRICULUM ABREVIADO

Formación Académica:

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (Premio de excelencia, 1º de la promoción con media 9,25 y reconocimiento en TFG con Matrícula de Honor 10). - Universidad de Cádiz (UCA)

Finalizado 2018 – 2019

Máster universitario de “Rendimiento físico y Deportivo” de la Universidad Pablo de Olavide. Finalizado 2019-2020.

Master Universitario “Fsi Master in Football Strength and Conditioning” Football Science Institute.

Master “Exos Performance Specialist Course” EXOS. 2021.

“FSI Master En Readaptación De Lesiones” Football Science Institute. 2024.

Curriculum investigador, literario y docente

Docencia

Profesor en Master AC FOOTBALL CENTER: Rendimiento en el Futbolista.

Profesor en FSI Academy Master (aun no se ha lanzado oficialmente).

Grado en ciencias de la actividad Física Y el Deporte
Universidad de Cádiz.

Docencia en Master Actividad Física y Salud Universidad de Cádiz.

Ponente en VI FSI Conference on High Performance in Football (2024).

Seleccionado para participar como ponente con una investigación sobre fútbol en el “Congreso Americano de Medicina de Deporte (ACSM Congress)” San Diego (California, USA)

Publicaciones:

Como primer autor

LIBRO en co-autoría con Miguel Ángel Campos Vázquez:
“Periodización Integral: Un modelo holístico para el fútbol actual: de la sala al campo”.

“Improving Change of Direction in Male Soccer Players Through Plyometric Training: A Systematic Review”. **José Jiménez-Iglesias**, Adam L. Owen, Carolina Cruz-León, Miguel Ángel Campos-Vázquez, Sandra Sánchez-Parente,

Oliver Gonzalo-Skok, Magdalena Cuenca-García, José Castro-Piñero.

Publicado en: Sport Sciences for Health.

“Improving Sprinting in Soccer Players Through Resisted Sprint Training (RST): A Systematic Review”. **José Jiménez-Iglesias**; Alejandro Perez-Bey; Pablo Expósito-Carrillo; Nuria Marín-Jiménez; Pedro Jiménez-Reyes; Magdalena Cuenca-García; José Castro-Piñero.

En revisión: “*Journal of Strenght and conditioning research*”.

“Physical Fitness of soccer players of a professional Spanish Academy”. **José Jimenez-Iglesias**; Alejandro Perez-Bey; Miguel Angel Campos-Vázquez; Enrique González-García; David Pajón-Moreno; Magdalena Cuenca-García; José Castro-Piñero.

En revisión: “*Journal of Sport Science and Medicine*”.

“Reliability of a field-based fitness test battery in young trained footballers: the role of biological age”. **José Jiménez-Iglesias**, Oliver Gonzalo-Skok, Mario Landi-Fernández, Alejandro Pérez-Bey, José Castro-Piñero

Publicado en: “*Life*”.

“Comparative effects of 9 month in season resistance training with a novel periodization approach (Integral Periodization) vs a traditional approach on high intensity actions in young-trained soccer players”. **José Jiménez-Iglesias**, Oliver Gonzalo-Skok, Mario Landi-Fernández, Alejandro Pérez-Bey, Eduardo de la Pascua-Roca, Pedro Gómez Piqueras, Miguel Ángel Campos-Vázquez, José Castro-Piñero.

En revisión: “*Biology of Sport*”.

“Comparative effects of two different frequencies of resistance training in an Integral Periodization approach on high intensity actions and non-contact injuries in young-trained soccer players”. **José Jiménez-Iglesias**, José Castro-Piñero, Mario Landi-Fernández, Alejandro Pérez-Bey, Eduardo de la Pascua-Roca, Oliver Gonzalo-Skok.

En revisión: “*International Journal of Physiology and Performance*”.

Como autor secundario.

“Time measurement validity and reliability of the 4 × 10-m shuttle run test in adult population: The ADULT-FIT Project”.

José Castro-Piñero, Pedro Aragón-Aragón, Carolina Cruz-León, **José Jiménez-Iglesias**, Daniel Camiletti-Moirón, Rocío Izquierdo-Gómez, Magdalena Cuenca-García.

Publicado en: *“Journal of Science and Medecine in Sport”*.

“Criterion-related validity and reliability of the 2-km walk test and the 20-m shuttle run test in adults: The role of sex, age and physical activity level”. Nuria Marín-Jiménez, Sandra Sánchez-Parente, Pablo Expósito-Carillo, **José Jiménez-Iglesias**, Inmaculada C Álvarez-Gallardo, Magdalena Cuenca-García, José Castro-Piñero.

Publicado en: *“Journal of Science and Medecine in Sport”*.

“Influence of Volume and Bouts of Sedentary Time and Physical Activity on School-Aged Youth's Physical Fitness: The UP & DOWN Longitudinal Study”. Alberto Grao-Cruces, Alejandro Pérez-Bey, **José Jiménez-Iglesias**. Verónica Cabana-Sánchez, Oscar L Veiga, José Castro-Piñero.

Publicado en: *“Journal of Physical Activity and Health”*.

“Fitness, body composition, and metabolic risk scores in children and adolescents: the UP&DOWN study”. Alejandro Sánchez-Delgado, Alejandro Pérez-Bey, Rocío Izquierdo-

Gómez, **José Jiménez-Iglesias**, Ascensión Marcos, Sonia Gómez-Martínez, María José Girela-Rejón, Oscar L Veiga, José Castro-Piñero.

Publicado en: *“European Journal of Pediatrics”*.

“Criterion-Related Validity of Field-Based Methods and Equations for Body Composition Estimation in Adults: A Systematic Review”. Nuria Marín-Jiménez, Carolina Cruz-León, David Sánchez-Oliva, **José Jiménez-Iglesias**, Carmen Padilla-Moledo, Cristina Cadenas-Sánchez, Magdalena Cuenca-García, José Castro-Piñero.

Publicado en: *“Current Obesity Reports”*.

Experiencia laboral:

Cádiz CF – Preparador físico/ Sport Scientist/ Head of Performance/Especialista de fuerza:

2017-2018: Juvenil B (U19), 1ª Andaluza

2018-2019: Juvenil B (U19), 1ª Andaluza

2019-2020: Juvenil A División (U19), División de Honor

2020-2021: Desarrollo de programas específicos de fuerza
Área condicional cantera Cádiz C.F.

Actualmente

Desde Marzo 2022: Responsable del Área de rendimiento de la Cantera y Sport Scientist del club.

Responsable de fuerza y control de la carga 1ª plantilla Cádiz C.F. 2025 (Liga Hypermotion, 2ª División).

Entrenador personal de futbolistas profesionales (Serie A, La liga, Premier League).

ANEXOS (MATERIAL SUPLEMENTARIO)

13. ANEXOS (MATERIAL SUPLEMENTARIO)



Article

Age-Related Differences and Reliability of a Field-Based Fitness Test Battery in Young Trained Footballers: The Role of Biological Age

Jose Jimenez-Iglesias ^{1,2}, Oliver Gonzalo-Skok ^{3,*}, Mario Landi-Fernández ^{1,2,4}, Alejandro Perez-Bey ⁴ and Jose Castro-Piñero ^{1,4}

¹ Galeno Research Group, Department of Physical Education, Faculty of Education Sciences, University of Cadiz, 11519 Puerto Real, Spain; joselele.jimenez@gmail.com (J.J.-I.); mariolandif04@gmail.com (M.L.-F.); jose.castro@uca.es (J.C.-P.)

² Sport Science Department Cádiz C.F., Cádiz C.F., 11519 Cádiz, Spain

³ Department of Communication and Education, Universidad Loyola Andalucía, 41014 Sevilla, Spain

⁴ Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INIBICA), 11009 Cádiz, Spain; alejandro.perezperez@uca.es

* Correspondence: oligons@hotmail.com

Abstract: Background: the purpose of this study was to analyze the reliability of a field-based fitness test battery in young trained football players, according to biological age. Methods: 197 young trained football players (12–19 years old) participated in the study. We measured anthropometric measurements (i.e., height, sitting height, length leg, and body mass), a bilateral vertical jumping test (CMJ), a progressive loading test of squats and hip thrust, acceleration and speed tests (10 m and 30 m sprint tests), a change-of-direction ability test (V-cut test), and a cardiorespiratory fitness test (30–15 intermittent fitness test). Statistical data are shown as the mean $\pm$ standard deviation by PHV group in tests and retests. Test reliability was assessed through the intraclass correlation coefficient (ICC), with an ICC above 0.9 being considered high. To evaluate accuracy and repeatability, standard error of measurement, coefficient of variation, and minimum detectable change at 90% were determined and Bland–Altman diagrams were used, establishing a statistical significance of $p < 0.05$. Results: All of the tests showed non-significant differences between the test and retest in the pooled sample ($p > 0.05$). Furthermore, all of them presented a trivial effect size (<0.2) and high intraclass correlation coefficients (>0.9), which indicates the high reproducibility of the tests, despite some of them presenting a significant difference between trials (i.e., the CMJ, 10 m sprint, V-cut, and squat tests). Low measurement errors were found for all tests (coefficient of variation [CV] = 4.39–9.39), except for the CMJ and the progressive loading test for squat and hip thrust exercises (CV = 12.2–21.11). Similar results were found irrespective of biological age group. Conclusions: All tests were reliable for the pooled sample as well as for the biological age groups.

Keywords: soccer; cardiorespiratory fitness; muscular strength; change-of-direction ability; peak height velocity; reproducibility



Citation: Jimenez-Iglesias, J.; Gonzalo-Skok, O.; Landi-Fernández, M.; Perez-Bey, A.; Castro-Piñero, J. Age-Related Differences and Reliability of a Field-Based Fitness Test Battery in Young Trained Footballers: The Role of Biological Age. *Life* **2024**, *14*, 1448. <https://doi.org/10.3390/life14111448>

Received: 30 September 2024

Revised: 4 November 2024

Accepted: 5 November 2024

Published: 8 November 2024



Copyright: © 2024 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

Football performance is influenced by multiple components such as the technical, tactical, and psychological, as well as fitness [1]. Fitness is especially important to achieve competitive success according to the trend in today's football [2]. There are numerous fitness components which have a direct relationship with increased performance in both adult and young football players [3], such as anthropometric variables [4], lower-body muscular strength [5], sprinting and change-of-direction (COD) ability [5,6], and/or cardiorespiratory fitness [7]. Thus, it seems interesting to assess the level of these components to know the fitness status of players at different ages for decision making related to the training process.

There are two variables to consider with respect to a player's physical performance as it is related to age: chronological and biological age [8]. Chronological age refers to the period from the date of birth to the current day, which makes the individual belong to a certain competitive age group (e.g., U-13, U-15) [9]. Despite what had been widely believed, the relative age effect does not seem to have an effect on the performance of soccer players. Even though in professional soccer there is a greater presence of players from the first quarter of the year, the players (strikers) with the highest market value today are mostly from the fourth quarter of the year, so the lack of players born later in the year in youth and professional soccer is not linked to a lower level of talent, but to physiological and socio-cultural factors [10]. On the other hand, biological age refers to the biological status of players, understood as the point of development towards adulthood [11]. It varies according to each biological system and in terms of status, timing, and tempo [11,12]. Biological age plays an important role in somatic development and the evolution of the variables that determine performance in young football players [12]. It has been shown that more mature football players appear to have higher performance in terms of anthropometric variables, jumping ability, lower-body and maximal muscular strength, cardiorespiratory fitness, and even technical skills [8]. In fact, a higher biological age seems to give a player a greater chance of being signed by a professional football academy in comparison to another player of the same chronological age but who is less mature [9]. It results in the premature discarding of players who could develop high performance levels when they reach their full biological development [13]. For these reasons, it is important to know the inter-individual differences in performance that may arise as a result of the maturity level of young football players [14]. It is also important to know an individual's performance relative to his/her peak height velocity (PHV), which is directly related to the development of a player's fitness [15]. Age at PHV is strongly associated with maturational age, providing an accurate benchmark of growth during puberty from the rate of growth of body dimensions [16]. If we really want to make good decisions with respect to the fitness of our players, it is crucial to place importance on biological maturation, which has a direct influence on the results of physical tests and, therefore, on the components that determine physical performance in football [17].

When selecting field-based fitness tests, it is important to ensure that they are reliable. A test is considered reliable when it is performed on two or more occasions under the same conditions and very together close in terms of time, and similar results are obtained [18]. Based on scientific evidence, the most widely used field-based fitness tests that assess the above-mentioned components of fitness have proven their reliability in general populations of athletes but not with male soccer players. The muscular strength of the lower-body, evaluated through the progressive loads test for the squat (SQ) and hip thrust (HT), has been widely used to assess these fitness components [19,20]. SQ tests have shown their reliability in general populations of athletes [21], but the HT tests have not. COD ability, evaluated through the V-cut test, and jumping ability, evaluated through the counter movement jump (CMJ) test, are reliable variables for basketball players [22] and for a general population of athletes [23], respectively. Only acceleration and speed through the 10 m sprint test [24,25] and 30 m sprint test [25], cardiorespiratory fitness through the 30-15 intermittent fitness test (30-15) [26], and anthropometric variables [24], have been proven their reliability with populations of young football players. However, despite the influence that biological age could have on physical performance [12], none of the selected tests took this variable into account to check their reliability, with the only exception being the anthropometric variables, jumping ability and acceleration [24], and jumping ability [23], with small samples of 80 and 30 players, respectively. In this study, we hypothesize that it is possible to develop a reliable test battery to assess the physical fitness of young trained soccer players without biological age influencing this reliability.

Therefore, the aim of the present study was to analyze the reliability of a field-based fitness test battery in young trained football players according to biological age.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

A total of 197 young male trained soccer players from U-13 to U-19 (14.74 ± 2.2 years) belonging to the Cadiz C.F. Academy (LaLiga Santander, the 1st Spanish division) volunteered to participate in this study (Supplementary Material Table S1). Participants trained an average of 4 days (75 min per training session) per week plus one official match (90 min), which amounts to an average of 390 min of football per week. All of the players had at least four years of previous experience in football and carried out training sessions at their club for the development of their soccer abilities. At the time of the study, all of the players were competing at regional level in their respective categories. Data collection took place during week 21 of the competitive season after two months of preseason.

The players and their legal guardians were informed in detail of the nature of the study, as well as its objectives, and any doubts that might have arisen were resolved. The present study was conducted in accordance with the Helsinki declaration for research involving human subjects (Declaration of Helsinki II) and was approved by the University of Zaragoza ethics committee, and written consent was obtained from the parents or legal guardians of those under 18 years old.

2.2. Experimental Design

We analyzed the reliability of a field-based fitness test battery in young male football players according to biological age. We collected data from anthropometric measurements (height, sitting height, length leg, and body mass) and administered a lower-body strength test (i.e., CMJ test, a test of SQs and HTs through progressive), acceleration and speed tests (i.e., 10 m and 30 m sprint tests), a COD ability test (i.e., the V-cut test), and a cardiorespiratory fitness test (i.e., the 30–15 IFT). Lower-body strength in SQs and HTs was only calculated from U-17 to U-19 because it is a usual part of the training routine at those ages. The 30–15 IFT was also not performed in the U-13 group, as literature says. We did not apply this test because this is not a sensitive stage for the development of this aspect of fitness and it is not a determinant of performance at this age [12]. Likewise, reviews that have been carried out on 30–15 IFT have not found studies where it was applied at these ages [26,27].

Due to the possible interference of fatigue, the field-based fitness tests were carried out on two different days, separated by at least 24 h. On the first day, we assessed the CMJ test and progressive loading test in the SQ and HT exercises, in that order. On the second day, the following tests were assessed as follows: anthropometric measurements, the 10 m and 30 m tests, the V-cut test, and the 30–15 IFT (Figure 1). They were scheduled so that the players had a recovery session on match day (MD+1) of the microcycle (i.e., low-load football tasks, mobility, manual and compressive therapy, and cryotherapy), followed by 24 h of passive recovery in MD+2. So, the evaluations took place on MD+4 after 72 h of recovery. All players had a similar workload that week. After this first evaluation, the same process was repeated one week later (retest reliability) at the same time of the day (4 p.m. to 8 p.m.) and under the same experimental conditions ($\sim 15^\circ\text{C}$ and $\sim 41\%$ humidity). Players were instructed to maintain their usual nutrition and hydration habits. Two weeks prior to the assessment, players carried out a familiarization session based on the execution of the tests at low–medium intensity, as has been performed in other similar studies [23] (with the exception of the 30–15 IFT), during their warm-up routine twice a week.

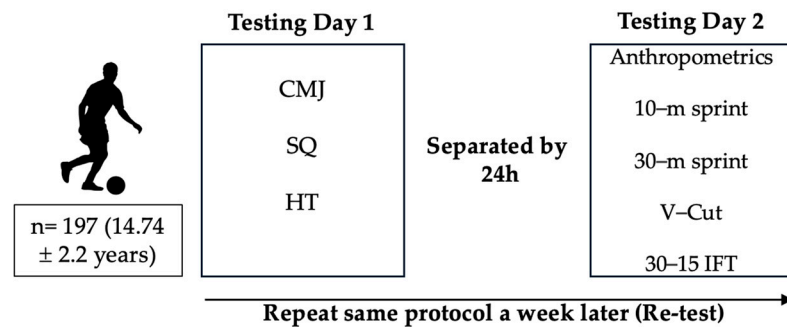


Figure 1. Experimental design diagram. CMJ, counter movement jump; HT, hip thrust; 30–15, 30–15 intermittent fitness test; SQ, squat, V-cut test.

2.3. Procedures

Prior to the tests, a warm-up of 15 min consisting of jogging (5 min), lower limb dynamic stretches (2–3 min), and lower limb horizontal and vertical explosive actions (4×20 m progressive accelerations, and 6 progressive CMJs) was performed with 3 min of passive recovery before starting the tests. All players recovered for 3 min between sets and for 5 min between trials, and the tests were supervised by technical staff and verbal encouragement was provided to players in all of the trials.

2.3.1. Anthropometric Measurements and PHV

We measured height barefoot with the players standing upright and the head in the Frankfurt plane [28] using a stadiometer (SECA 217, Hamburg, Germany) with an accuracy of 0.01 cm. Body mass (BM) was measured barefoot with the player in an anatomical position [28] using a bioimpedance scale (H-BIA, Omrom, model 306C, Hoffman Estates, IL) with an accuracy of 0.1 kg. In addition, the sitting height was obtained, with the players seated on a box with the back straight and the head in the Frankfurt plane [28,29] using a stadiometer (SECA 217, Hamburg, Germany) with a sensitivity of 0.01 cm [29]. Each measurement was taken twice, and the mean was recorded for analysis [3].

The leg length was calculated as the difference between the height and the sitting height, and PHV was calculated using the formula for men provided by Mirwald et al. (2002) [29]. Players were classified according to their PHV as pre < -1 (PHV0 group = -1.86 ± 1.06), circa $\leq \pm 1$ (PHV1 group = 0.51 ± 0.26), and post $> +1$ (PHV2 group = 1.95 ± 0.63) [30].

2.3.2. Lower-Body Muscular Strength Jumping Ability

CMJ: The test was performed with appropriate footwear on a technical floor in a gym. The test was performed by following the instructions of Darrall-Jones et al. (2015) [31] using a jumping platform (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, Spain). A total of 5 maximal CMJs were performed, the best and worst were discarded, and the mean of the selected three jumps was recorded for analysis [32].

Progressive loading test in SQ and HT: The test was performed with appropriate footwear on a technical floor in a gym. A Smith machine (Technogym S.p.A, Gambettola, Italy) was used to perform the SQ progressive load test [32]. The test was performed following the instructions of Galiano et al. (2020) [32] using a linear encoder (Vitruve, Madrid, Spain) to determine the bar velocity. Three repetitions were performed for light loads ($>1.14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), and two were performed for moderate loads ($<1.14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) [32].

The variable obtained was the estimation of the absolute load moved for the speed of $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ through the generation of a quadratic regression line by means of the loads used and the speed at which they were mobilized using Microsoft Excel 2019 (17.0) (Microsoft, Redmon, WA, USA) [33]. We analyzed the R^2 value to check the prediction accuracy. In all cases, values >0.9 were obtained, which could be considered as values with a high predictive power [34].

The HT protocol [20] was carried out with a player in supine position with his upper back on a bench, placing his feet shoulder width apart and facing slightly outward. The bar was placed on the hips and the player was asked to push the bar concentrically upwards at the maximum possible speed, keeping the pelvis and spine in a neutral position. The rest of the test was performed in the same way as the SQ test.

2.3.3. Acceleration and Speed

The test was performed with appropriate footwear on the artificial turf of a football pitch. Acceleration capacity was assessed through the 10 m sprint test with the start being from a standstill; while the maximum speed was assessed through the 30 m sprint test [35–37]. The assessment was carried out by placing 3 single-beam timing gate units (Witty, MICROGATE, Bolzano, Italy), at the start, 10 m, and 30 m, respectively; these were placed at a height of 0.75 m and facing each other at a distance of 1.5 m. Players started the tests 0.5 m from the starting timing gate. Three sprints were performed, recording for analysis the best value in seconds of each attempt, measured with an accuracy of 0.01 s each time [36].

2.3.4. Change-of-Direction Ability

The test was performed with appropriate footwear on the artificial turf of a football pitch. This test assesses the players' ability to change direction. The assessment was carried out on artificial turf using specific football shoes. The test was performed by following the instructions of Gonzalo-Skok et al. (2015) [22], using 2 single-beam timing gate units (Witty, MICROGATE, Bolzano, Italy). Two repetitions were performed, and the best time (in seconds) was used for subsequent analysis [22].

2.3.5. Cardiorespiratory Fitness

The test was performed with appropriate footwear on the artificial turf of a football pitch. The assessment of cardiorespiratory fitness was assessed with the 30–15 IFT [38], a test suitable for the assessment of team sports athletes [27]. All players on each team performed the protocol at the same time. The protocol was carried out according to the instructions given in the study by Buchheit (2008) [38]. The speed reached in the intermittent test (V_{IFT}) was recorded.

2.4. Statistical Analyses

Descriptive statistics are presented as the mean $\pm$ standard deviation by PHV groups at test and retest. A one-way ANOVA with Bonferroni correction was conducted to assess differences in demographic, anthropometric, and physical performance variables across groups of PHV.

The *t*-test and the intraclass correlation coefficient (ICC) were used to investigate the reliability of the tests evaluated, comparing the test and the retest scores. The ICC is commonly used to describe relative reliability (i.e., the consistency of measurements in individuals in one group relative to others). An ICC < 0.8 was considered insufficient, values between 0.8 and 0.9 moderate, and values > 0.9 were considered high [39].

To improve the accuracy of our statistical analysis, we use other error measures to assess the differences between test (T1) and retest (T2). It is understood that the smaller the error value the smaller the dispersion between measurements.

The sum of squared errors (SSE), mean sum of squared errors (MSE), root mean sum of squared errors (RMSE), and percentage error were calculated, and the standard error (SEE) of estimation was calculated as shown [40,41].

Absolute reliability (the consistency of repeated measurements for individuals) was analyzed through the calculation of the standard error of measurement (SEM) as a percentage of the mean value of the measurements. The SEM is used to quantify the precision of individual scores on a test, without being influenced by inter-individual variability. A value $\leq 15\%$ is considered acceptable [40]. We also use $\%SEM = \text{mean of the difference}$

scores between 2 trials $\times 100/\text{mean}$ of the first trial, and the coefficient of variation (CV) was also calculated.

We used the CV method, which provides useful information in the presence of heteroscedasticity. We consider the reliability to be acceptable when $CV \leq 10\%$ [41].

The minimum detectable change at 90% (MDC90) of the players was calculated to determine the smallest change that must be observed in the test to consider it a real change in performance. This was calculated as below.

Finally, Bland–Altman plots were used to assess the reproducibility of the tests [42], using an ANOVA test for repeated measures to calculate the difference. Similarly, Cohen's d was calculated to quantify the magnitude of the difference between T1 and T2 [43].

Heteroscedasticity was assessed using ANOVA. Initially, the mean value of both measurements for each test was calculated, and this variable was divided into performance quartiles. These quartiles were included as an independent variable. The absolute value (negative values multiplied by -1) of the difference between the two evaluations of each test (retest–test) was included as the dependent variable.

Statistical analyses were performed using version 25.0 of SPSS statistical software for MacOS (IBM, Armonk, NY, USA), setting the level of significance at $p < 0.05$.

3. Results

The final sample size was composed of 197 young trained football players (14.74 ± 2.2 years old). The descriptive characteristics of the players distributed by maturational age are shown in Table 1. Analysis revealed a statistically significant difference (all $p < 0.05$) between maturity groups in most of the tests regardless of the time of evaluation (test–retest), showing the higher performance of PHV2 in relation to PHV1 and PHV0, and PHV1 with respect to PHV0 (Table 1). The only non-significant differences were evident between the PHV1 and PHV2 groups in leg length, 30–15 IFT, and V-cut test (all $p > 0.05$) in both T1 and T2. Similarly, no significant differences between PHV0 and PHV1 were evident for 30–15 IFT ($p > 0.05$).

Table 1. Descriptive characteristics of the sample by PHV groups at test and retest.

	All	PHV0	PHV1	PHV2	PHV0 vs. PHV1	PHV0 vs. PHV2	PHV1 vs. PHV2
Test							
Age (y)	15 (2.2) (12–19)	12 (1.12) (12–13)	15 (0.76) (13–15)	16 (1.2) (16–19)	<0.001	<0.001	<0.001
Weight (kg)	59 (13.8) (34.5–84.4)	43.13 (7.57) (34.5–44.6)	60.28 (4.24) (46.7–69.6)	69.51 (7.24) (57.3–84.4)	<0.001	<0.001	<0.001
Height (cm)	166.88 (12.85) (139.1–195)	152.64 (9.05) (139.1–159.2)	168.62 (5.08) (153.5–176.3)	176.13 (6.23) (164.3–195)	<0.001	<0.001	<0.001
Sitting height (cm)	84.38 (6.77) (69.5–100.7)	76.87 (4.27) (69.5–82.1)	85.7 (2.69) (74.3–90.1)	89.05 (3.95) (76.1–100.7)	<0.001	<0.001	<0.001
Leg length (cm)	82.51 (11.49) (66.8–94)	76.9 (12.85) (66.8–82.5)	82.92 (3.76) (68.2–90.2)	87.07 (5.98) (74.4–94)	0.01	<0.001	0.174
CMJ (cm)	32.33 (5.61) (22.3–60.6)	27.66 (3.51) (22.3–31.5)	31.78 (5.29) (29.6–37.2)	35.73 (4.38) (31.9–60.6)	<0.001	<0.001	<0.001
10 m sprint (s)	1.97 (0.15) (1.64–2.44)	2.14 (0.12) (2.1–2.36)	1.95 (0.09) (1.71–2.3)	1.87 (0.08) (1.64–2.02)	<0.001	<0.001	0.012
30 m sprint (s)	4.74 (0.43) (3.91–6.09)	5.22 (0.34) (5.13–6.09)	4.62 (0.25) (4.13–4.65)	4.46 (0.17) (3.91–4.56)	<0.001	<0.001	<0.001
VCUT (s)	7.25 (0.55) (6.43–8.56)	7.73 (0.59) (7.39–8.56)	7.02 (0.37) (6.51–7.2)	7 (0.32) (6.43–7.18)	<0.001	<0.001	1.00
30–15 (km/h)	19.5 (1.08) (16.5–23)	19 (0.87) (16.5–20)	19.37 (1.04) (18.5–23)	19.75 (1.09) (18.5–23)	0.48	0.001	0.257

Table 1. Cont.

	All	PHV0	PHV1	PHV2	PHV0 vs. PHV1	PHV0 vs. PHV2	PHV1 vs. PHV2
SQ (kg)	75.11 (11.96) (30–90)	- (-)	69.61 (11.4) (45–85)	76.5 (11.68) (65–90)	<0.001	<0.001	0.02
HT (kg)	74.43 (15.8) (25–90)	- (-)	65.97 (14.43) (40–85)	76.33 (15.64) (55–90)	<0.001	<0.001	0.009
Retest							
Age (y)	15 (2.23) (12–19)	12 (1.13) (12–13)	15 (0.76) (13–15)	17 (1.24) (16–19)	<0.001	<0.001	<0.001
Weight (kg)	59.01 (13.85) (34.2–85)	43.17 (7.6) (34.2–44.7)	60.16 (4.33) (46.3–69)	69.54 (7.22) (57.5–84.4)	<0.001	<0.001	<0.001
Height (cm)	166.92 (12.9) (139.4–195)	152.64 (9.05) (139.4–159.4)	168.6 (5.06) (153.2–176.5)	176.22 (6.31) (164.3–195)	<0.001	<0.001	<0.001
Sitting height (cm)	84.37 (6.77) (69.5–100.7)	76.9 (4.28) (69.5–82.56)	85.68 (2.69) (74.2–90.1)	89.04 (3.95) (76.1–100.7)	<0.001	<0.001	<0.001
Leg length (cm)	82.56 (11.5) (66.6–94)	76.9 (12.84) (66.6–82.1)	82.92 (3.75) (68.2–90.3)	87.17 (6.09) (74.5–94)	0.006	<0.001	0.066
CMJ (cm)	32.46 (5.71) (22.5–60.5)	27.66 (3.54) (22.5–31.4)	31.79 (5.36) (29.8–37)	35.97 (4.42) (31.6–60.5)	<0.001	<0.001	<0.001
10 m sprint (s)	1.96 (0.16) (1.64–2.4)	2.12 (0.13) (2.1–2.4)	1.94 (0.92) (1.7–2.3)	1.86 (0.09) (1.64–2)	0.002	<0.001	<0.001
30 m sprint (s)	4.47 (0.43) (3.9–6.1)	5.23 (0.39) (5.14–6.1)	4.61 (0.24) (4.12–4.68)	4.44 (0.21) (3.92–4.51)	0.003	<0.001	0.023
VCUT (s)	7.23 (0.55) (6.41–8.51)	7.71 (0.58) (7.42–8.51)	7.01 (0.37) (6.57–7.25)	6.98 (0.33) (6.41–7.05)	<0.004	<0.001	1.00
30–15 (km/h)	19.55 (1.07) (16.5–23)	18.97 (0.84) (16.5–20)	19.46 (1.01) (18.5–23)	19.78 (1.09) (18.5–23)	0.186	<0.001	0.437
SQ (kg)	74.45 (11.75) (30–90)	- (-)	69.02 (10.91) (45–85)	75.81 (11.54) (65–90)	-	-	0.02
HT (kg)	74.32 (15.48) (25–90)	- (-)	66.79 (13.78) (40–85)	76.06 (15.39) (55–90)	-	-	0.016

Values are presented as means (standard deviation). CMJ, counter movement jump; HT, hip thrust; 30–15, 30–15 intermittent fitness test; SQ, squat; VCUT, V-cut test. Players were classified according to their PHV as pre < -1 (PHV0 group), mid from -1 to 1 (PHV1 group), and post > 1 (PHV2 group) [29].

The test–retest reliability of all the field-based fitness test are shown in Table 2. In the total sample, significant differences were found between T1 and T2 in the CMJ (-0.014 ± 0.6 cm, $p = 0.001$), 10 m sprint test (-0.01 ± 0.04 s, $p < 0.001$), and V-cut test (-0.02 ± 0.07 s, $p < 0.001$) and in the progressive loading test for SQs (-0.66 ± 2.71 kg, $p = 0.009$). The effect sizes (Cohen d) of the mean differences were 0.03, 0.09, 0.04, and 0.06, respectively. In the rest of the evaluated tests, non-significance differences were found between T1 and T2 ($p > 0.05$). The ICCs reported a high reproducibility, ranging from 0.97 to 0.99 (all $p < 0.01$) in all tests.

All the field-based fitness tests showed small error rates (%error = 1.82–10.69; %SEM = 1.82–7.73; %CV = 4.39–9.39), except for the values obtained in the CMJ, SQ, and HT (%CV = 15.2–21.11). All the field-based fitness tests showed an MDC90 close to 0, indicating that there was no real change between T1 and T2.

According to biological age, the reliability of the PHV0 group was similar to the total sample, with the exception that there was a non-significant difference between T1 and T2 in the CMJ ($p > 0.05$, CV = 12.7%). Regarding the PHV1 group, there was only a significant difference between T1 and T2 in the 10 m sprint test (-0.01 ± 0.03 s, $p = 0.033$; ES = 0.125; ICC = 0.97). In the case of the PHV2 group, the reliability analysis followed the same trend as the total sample.

Table 2. The test–retest reliability of the field-based fitness tests by PHV group at retest.

	n	Intertrial Difference (Retest–Test)	p- Value	Cohen's d	ICC (95% CI)	SSE	MSE	RMSE	% Error	%SEM	MDC90	% CV	SEE
All													
CMJ (cm)	197	0.14 ± 0.60	0.001	0.025	0.997	74.203	0.377	0.614	1.821	0.433	0.010	17.469	0.597
10 m sprint (s)	197	−0.01 ± 0.04	<0.001	0.088	0.979	0.409	0.002	0.046	6.418	0.467	0.011	8.085	0.044
30 m sprint (s)	197	−0.01 ± 0.12	0.521	-	0.981	2.965	0.015	0.123	6.196	0.119	0.003	9.396	0.123
VCUT (s)	197	−0.02 ± 0.07	<0.001	0.036	0.996	1.035	0.005	0.072	2.681	0.274	0.006	7.676	0.070
30–15 (km/h)	162	0.03 ± 0.26	0.181	-	0.985	11.250	0.069	0.264	4.054	0.142	0.003	5.519	0.262
SQ (kg)	118	−0.66 ± 2.71	0.009	0.055	0.986	915.356	7.757	2.785	4.262	0.864	0.020	15.693	2.680
HT (kg)	118	−0.10 ± 2.73	0.687	-	0.989	874.839	7.414	2.723	2.443	0.113	0.003	21.113	2.671
PHV 0													
CMJ (cm)	68	0.05 ± 0.32	0.248	-	0.998	7.113	0.105	0.323	1.965	0.165	0.004	12.716	0.324
10 m sprint (s)	68	−0.01 ± 0.06	0.037	0.116	0.944	0.218	0.003	0.057	10.690	0.666	0.016	5.741	0.056
30 m sprint (s)	68	0.01 ± 0.14	0.742	-	0.961	1.376	0.020	0.142	9.482	0.110	0.003	6.977	0.143
VCUT (s)	68	−0.03 ± 0.07	0.001	0.048	0.996	0.352	0.005	0.072	3.126	0.361	0.008	7.530	0.067
30–15 (km/h)	35	−0.03 ± 0.21	0.422	-	0.985	1.500	0.043	0.207	5.175	0.150	0.004	4.505	0.205
PHV 1													
CMJ (cm)	30	0.01 ± 0.90	0.937	-	0.993	23.354	0.778	0.882	3.834	0.041	0.001	16.620	0.913
10 m sprint (s)	30	−0.01 ± 0.03	0.033	0.125	0.973	0.028	0.001	0.030	7.996	0.595	0.014	4.752	0.029
30 m sprint (s)	30	0.00 ± 0.04	0.440	-	0.993	0.047	0.002	0.039	3.860	0.123	0.003	5.239	0.039
VCUT (s)	30	−0.01 ± 0.08	0.462	-	0.990	0.168	0.006	0.075	4.436	0.146	0.003	5.264	0.077
30–15 (km/h)	28	0.09 ± 0.39	0.232	-	0.963	4.250	0.152	0.390	7.792	0.461	0.011	5.260	0.381
SQ (kg)	19	−0.59 ± 3.41	0.462	-	0.977	216.536	11.397	3.376	6.816	0.846	0.020	15.928	3.351
HT (kg)	19	0.83 ± 2.91	0.232	-	0.989	165.019	9.168	3.028	5.533	1.251	0.029	20.979	2.834
PHV 2													
CMJ (cm)	99	0.24 ± 0.62	<0.001	0.055	0.994	43.736	0.442	0.665	2.329	0.681	0.016	12.271	0.625
10 m sprint (s)	99	−0.01 ± 0.04	<0.001	0.170	0.942	0.163	0.002	0.041	9.020	0.783	0.018	4.627	0.038
30 m sprint (s)	99	−0.01 ± 0.12	0.287	-	0.887	1.543	0.016	0.125	13.871	0.301	0.007	4.393	0.125
VCUT (s)	99	−0.02 ± 0.07	0.016	0.053	0.988	0.515	0.005	0.072	3.913	0.247	0.006	4.664	0.071
30–15 (km/h)	99	0.03 ± 0.23	0.202	-	0.988	5.500	0.056	0.236	4.285	0.153	0.004	5.521	0.235
SQ (kg)	99	−0.69 ± 2.59	0.010	0.057	0.987	698.821	7.059	2.657	4.066	0.867	0.020	15.274	2.561
HT (kg)	99	−0.27 ± 2.69	0.315	-	0.992	709.820	7.170	2.678	2.403	0.340	0.008	20.532	2.647

ICC, intraclass correlation coefficient; CI, confident interval; SSE, sum of squared errors; MSE, mean sum of squared errors; RMSE, root mean sum of squared errors; % error, percentage error; %SEM, standard error of measurement; % CV, percentage coefficient of variation; SEE, standard error of estimate. CMJ, counter movement jump; HT, hip thrust; 30–15, 30–15 intermittent fitness test; SQ, squat; VCUT, V-cut test.

Finally, Bland–Altman plots supported the reliability of all field-based fitness tests, with differences of nearly 0 and narrow limits of agreement (LoA). Except for CMJ ($p = 0.037$), heteroscedasticity was not observed in any of the assessed tests, based on the absence of differences between performance quartiles (all $p > 0.05$) within each test. The linear regression model showed proportional bias in CMJ ($r = 0.161$, $R^2 = 0.026$, $p = 0.024$) and the 30 m sprint ($r = 0.227$, $R^2 = 0.052$, $p = 0.001$) tests, indicating that the better the performance, the larger the difference between trials.

4. Discussion

The aim of this study was to analyze the reliability of a field-based fitness test battery in young trained football players (11–18 years) according to biological age. The main finding was that all the field-based fitness tests were reliable for the general sample as well as for the biological age groups, meaning that this variable does not influence the reliability of the field-based fitness tests assessed.

All the field-based fitness tests seemed to be reliable, although the CMJ, 10 m sprint, V-cut test, and the progressive loading test for SQ showed significant differences between T1 and T2. However, these tests presented a trivial effect size (<0.2) [44] and a high ICC ranging from 0.97 to 0.99, which indicates the high reproducibility of these tests. In addition,

all the field-based fitness tests presented low measurement errors [39], except for the CMJ test and the progressive loading test for SQ and HT, which reported a %CV > 10.

No significant differences were found for any of the age groups between T1 and T2 in the 30 m sprint test, and a reproducibility between groups of different biological age with no significance between T1 and T2 and with very good ICC (PHV0 = 0.94; PHV1 = 0.97; PHV2 = 0.94) it was observed, as was the case with other authors who, in their studies, arrived at an ICC between 0.77 and 0.98 [25] for adult football players. Moreover, no such significant inter-day differences were obtained in the 30–15 IFT, again finding a high test reliability independent of biological age as shown by the ICCs (PHV0 = 0.98; PHV1 = 0.96; PHV2 = 0.98). These results are in line with those obtained in other studies, with ICCs ranging from 0.80 to 0.99 for adult athletes [26]. Similarly, no significant differences were obtained in the progressive loading test for HT, independent of biological age, presenting CCIs that confirmed the high reproducibility of the test (PHV1 = 0.98; PHV2 = 0.99). Inter-day reliability has never been assessed for this test before, so comparisons are not possible. However, other tests, such as the power clean in a rugby league player population [45], have been shown to be reliable for assessing lower-body strength showing no significant differences in their inter-day assessment. Therefore, it seems that 30 m sprint test, the 30–15 IFT, and the progressive loading test for HT are reliable in a similar way to what has been observed in the literature, with biological age having no influence on the reliability of the tests.

The rest of the tests (i.e., the CMJ, 10 m sprint, V-cut test, and the progressive loading test for SQ) showed significant differences between T1 and T2 in all three biological age groups, with the sole exception of the V-cut test in the PHV1 group ($p = 0.462$). Significant differences in the inter-day assessment ($p < 0.001$ and $p < 0.01$, respectively) were showed for the CMJ, but with a 0.99 ICC in the three groups. These results are in line with those obtained in other studies [23,24] of young trained football players. As in our case, those studies presented an ICC between 0.96 and 0.99, a CV between 4.79% and 6.76% [23], and an ICC of 0.87 and a CV of 2.2% [24], showing a high reproducibility. Similarly, the reliability of the progressive loading test for SQ was tested in a single study in resistance-trained men (age 25.0 ± 3.9 years) [21], showing, significant differences between T1 and T2, but with an ICC ranging from 0.61 to 0.97 and a CV of 2.9%, a sign of good reproducibility, following a similar trend to our results, where we found very good ICCs regardless of biological age (PHV1 = 0.97; PHV2 = 0.98). On the other hand, the V-cut test in basketball players aged 12–20 years [22] and the 10 m sprint test in adult football players aged 17–25 years [25], reported no significant differences between T1 and T2 (both $p > 0.01$). However, in another study with young trained football players [24], significant differences were found between T1 and T2 ($p < 0.1$), showing an ICC of 0.87 and a CV of 2.2%, thus demonstrating the high reproducibility of the 10 m sprint test. The fact that no significant differences were found between these studies (except in the last one) and our, it could be due to the fact that these samples had greater sporting experience as well as a greater chronological age, with our sample being younger and more inexperienced. Also, in our study, significant differences may be due to type I errors, because the sample is larger than previous studies and the mean changes between T1 and T2 are quite small. Moreover, it should be noted that, those tests in which there were significant differences between T1 and T2, also presented statistical variables that reinforce the good reproducibility of the tests themselves (i.e., ICC and error measures). The differences in the measures recorded between T1 and T2 did not exceed 0 cm for PHV0, 0.01 cm for PHV1, and 0.2 cm for PHV2 in the CMJ test; 0.01 s for PHV0, 0.02 s for PHV1, and 0.01 s for PHV2 in the 10 m sprint test; more than 0.02 s for PHV0 and 0.02 s for PHV2 in the V-cut tests; and 0.58 kg for PHV1 and 0.69 kg for PHV2 in the progressive loading test for SQ. This is minimal in terms of performance and the interpretation of the data. In addition, except for CMJ, heteroscedasticity analyses indicated that the tests' reliability was independent of the performance level in the three groups, thereby justifying its applicability across athletes of varying expertise levels. For all these

reasons, we could confirm that there was good test–retest reliability and we were able to rule out the learning effect on the retest measurements.

However, the CMJ test and progressive loading tests for SQ and HT showed a CV greater than 10% for the three groups (CMJ: PHV0 = 12.7; PHV1 = 16.6; PHV2 = 12.3; SQ: PHV1 = 15.9; PHV2 = 15.2, HT: PHV1 = 20.9; PHV2 = 20.5), which could indicate that the reliability of these tests was questionable [41]. This could be due to the fact that the three tests are the most complex in terms of technique. The literature has shown how, in jumps such as the CMJ, kinematic variables related to technique, such as the degree of joint flexion (i.e., ankle, knee, and hip flexion), may influence the force production capacity and performance [46]. Similarly, other authors have shown how technical aspects also influence performance by varying even the muscle activation in SQ and HT tests [46,47]. Slight variations in the technique of these three tests could explain those values obtained in the CV. Nevertheless, the test's responsiveness could help us to understand the common changes developed in the above-mentioned tests (greater than the CV) to know whether they can be used to monitor player's progression throughout the season and their development [22]. We also could add that, during adolescence, experiencing repeated growth changes alters the length of the segments in an unexpected way, which causes in subjects a process of motor re-calibration to adapt their "new body" to the demands of the movement patterns [48], a situation that could alter the technical capacities of people in periods of biological development and close to this moment, as is the case with our sample.

In reference to the PHV, despite its proven relationship with performance in different aspects of a footballer's physical fitness [15], its action as a conditioning variable in the reliability of the tests had no effect. Therefore, the tests evaluated are reliable regardless of the biological age of the football players. One study [23] observed an upward gradient in the reliability of the CMJ assessment as biological age increased, something that may have developed with the maturity and sporting experience of the players. However, despite this trend, reliability was acceptable regardless of whether pre-, circa-, or post-PHV. Similarly, other authors [17] observed that, in braking variables during the CMJ assessment, there was very little variation between ages from 11 to 16 years. The results obtained by Buchheit and Mendez-Villanueva (2013) in anthropometric variables, the CMJ, and 10 m sprint tests reinforce this idea, reporting a high reliability in the tests regardless of chronological and biological age. Although there are hypotheses that could lead us to think that the assessments with pre-PHV players could present poor reliability due to the phenomenon of "adolescent awkwardness" [16], regular and correctly structured training (i.e., such as that undertaken by the pre-PHV players in our sample as a consequence of the correct training content) [12] could stabilize locomotor functions and mitigate possible differences in reliability between the maturational age groups.

The results of the present study not only provide valuable information on the reliability of the proposed field-based fitness test battery, but also provide reference values that could be useful for talent identification. There is a deficit in the literature regarding reference values for the level of physical fitness of young soccer players; however, it has been shown that parameters such as lower-body explosive strength [5,6,49], COD ability [6], or cardiorespiratory fitness [7,50] seem to be determinants of performance and indicators for early detection of talent [51], so this study provides reference values for this purpose.

The main strength of this work was the fact that it presented a large sample, which is often difficult to achieve with a sports population. The evaluation of a large number of tests that give a complete picture of the physical fitness of the players was also a strength. Furthermore, the field-based test battery proved its reliability in taking into account the biological age of the players, something that has not previously been achieved in the literature to this extent. In this sense, another strength of this study that gives more value to the results was that it demonstrated the reliability of a test as accessible and simple to perform as the CMJ, which is a great indicator of fatigue during the microcycle and has a direct relationship with other performance variables such as repeat sprint capacity [52]. Finally, although the ICC, Bland–Altman, SEM, and CV are the most commonly used

statistics to report reliability in sport performance, we added other statistical variables such as errors to provide a more complete analysis of reliability. The main limitation of our study is that the familiarity with strength training and the tests developed by our sample was low; perhaps it would be interesting to assess a population with a higher degree of experience. Another limitation was not extrapolating the results to include a population of female soccer players.

5. Conclusions

This study was designed to analyze the reliability of the current field-based tests battery for assessing physical fitness in young trained football players (11–18 years), according to biological age. The results of this study indicate that all the field-based fitness tests (i.e., anthropometric measurements, the CMJ test, the progressive loading test for SQ and HT, the 10 m and 30 m sprint tests, the V-cut test, and the 30–15 IFT) are reliable in terms of estimating physical fitness in young trained football players (11–18 years), without being influenced by biological age. Soccer professionals could benefit from this field-based fitness test battery to longitudinally assess the performance development of their players and make decisions regarding their training process over time. However, more research is needed to investigate this topic with other tests and in other populations like female and senior male soccer players.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/life14111448/s1>, Table S1: Sample characteristics.

Author Contributions: J.J.-I.: investigation, conceptualization, methodology, formal analysis, writing—original draft, and writing—review and editing. M.L.-F.: investigation, formal analysis, writing—original draft, and writing—review and editing. A.P.-B.: methodology, writing—original draft, and writing—review and editing. O.G.-S.: writing—original draft and writing—review and editing. J.C.-P.: conceptualization, methodology, formal analysis, investigation, supervision, writing—original draft, and writing—review and editing. 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 present study was conducted in accordance with the Helsinki declaration for research involving human (Declaration of Helsinki II). The study was approved by the local ethics committee (University of Zaragoza—blinded for peer-review) (protocol code 17/2014 and data of approval 29 October 2014).

Informed Consent Statement: Written consent was obtained from the participants or the parents or legal guardians of those under 18 years old.

Data Availability Statement: The data supporting these findings can be obtained from the lead author, J.J.-I., upon request.

Acknowledgments: We would like to thank all the participating players and the staff of Cádiz C.F. for their participation.

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Ivarsson, A.; Johnson, U. Psychological factors as predictors of injuries among senior soccer players: A prospective study. *J. Sports Sci. Med.* **2010**, *9*, 347–352. [[PubMed](#)]
2. Bradley, P.S. ‘Setting the Benchmark’ Part 2: Contextualising the Physical Demands of Teams in the FIFA World Cup Qatar 2022. *Biol. Sport* **2024**, *41*, 271–278. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. 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](#)] [[PubMed](#)]
4. Malina, R.M.; Eisenmann, J.C.; Cumming, S.P.; Ribeiro, B.; Aroso, J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2004**, *91*, 555–562. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

5. 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. [\[CrossRef\]](#)
6. Brughelli, M.; Cronin, J.; Levin, G.; Chaouachi, A. Understanding Change of Direction Ability in Sport A Review of Resistance Training Studies. *Sports Med.* **2008**, *38*, 1045–1063. [\[CrossRef\]](#)
7. McMillan, K.; Helgerud, J.; Macdonald, R.; Hoff, J. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br. J. Sports Med.* **2005**, *39*, 273–277. [\[CrossRef\]](#)
8. Meylan, C.; Cronin, J.; Oliver, J.; Hughes, M. Talent identification in soccer: The role of maturity status on physical, physiological and technical characteristics. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2010**, *5*, 571–592. [\[CrossRef\]](#)
9. Hill, M.; Scott, S.; Malina, R.M.; McGee, D.; Cumming, S.P. Relative age and maturation selection biases in academy football. *J. Sports Sci.* **2020**, *38*, 1359–1367. [\[CrossRef\]](#)
10. Bezuglov, E.; Morgans, R.; Butovskiy, M.; Emanov, A.; Shagiakhmetova, L.; Pirmakhanov, B.; Waśkiewicz, Z.; Lazarev, A. The relative age effect is widespread among European adult professional soccer players but does not affect their market value. *PLoS ONE* **2023**, *18*, e0283390. [\[CrossRef\]](#)
11. Malina, R.M.; Rogol, A.D.; Cumming, S.P.; Coelho e Silva, M.J.; Figueiredo, A.J. Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *Br. J. Sports Med.* **2015**, *49*, 852–859. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Lloyd, R.S.; Oliver, J.L. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond. J.* **2012**, *34*, 61–72. [\[CrossRef\]](#)
13. Lovell, R.; Towlson, C.; Parkin, G.; Portas, M.; Vaeyens, R.; Cogley, S. Soccer Player Characteristics in English Lower-League Development Programmes: The Relationships between Relative Age, Maturation, Anthropometry and Physical Fitness. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0137238. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Lefevre, J.; Beunen, G.; Steens, G.; Claessens, A.; Renson, R. Motor performance during adolescence and age thirty as related to age at peak height velocity. *Ann. Hum. Biol.* **1990**, *17*, 423–435. [\[CrossRef\]](#)
15. Mathisen, G.; Pettersen, S.A. Anthropometric factors related to sprint and agility performance in young male soccer players. *Open Access J. Sports Med.* **2015**, *6*, 337–342. [\[CrossRef\]](#)
16. Philippaerts, R.M.; Vaeyens, R.; Janssens, M.; Van Renterghem, B.; Matthys, D.; Craen, R.; Bourgois, J.; Vrijens, J.; Beunen, G.; Malina, R.M. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J. Sports Sci.* **2006**, *24*, 221–230. [\[CrossRef\]](#)
17. Meylan, C.M.P.; Nosaka, K.; Green, J.P.; Cronin, J.B. Variability and influence of eccentric kinematics on unilateral vertical, horizontal, and lateral countermovement jump performance. *J. Strength Cond. Res.* **2010**, *24*, 840–845. [\[CrossRef\]](#)
18. Currell, K.; Jeukendrup, A.E. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med.* **2008**, *38*, 297–316. [\[CrossRef\]](#)
19. Alcazar, J.; Pareja-Blanco, F.; Rodriguez-Lopez, C.; Navarro-Cruz, R.; Cornejo-Daza, P.J.; Ara, I.; Alegre, L.M. Comparison of linear, hyperbolic and double-hyperbolic models to assess the force–velocity relationship in multi-joint exercises. *Eur. J. Sport. Sci.* **2021**, *21*, 359–369. [\[CrossRef\]](#)
20. de Hoyo, M.; Núñez, F.J.; Sañudo, B.; Gonzalo-Skok, O.; Muñoz-López, A.; Romero-Boza, S.; Otero-Esquina, C.; Sánchez, H.; Nimphius, S. Predicting Loading Intensity Measuring Velocity in Barbell Hip Thrust Exercise. *J. Strength Cond. Res.* **2021**, *35*, 2075–2081. [\[CrossRef\]](#)
21. Pallarés, J.G.; Sánchez-Medina, L.; Pérez, C.E.; De La Cruz-Sánchez, E.; Mora-Rodriguez, R. Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *J. Sports Sci.* **2014**, *32*, 1165–1175. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Gonzalo-Skok, O.; Tous-Fajardo, J.; Suarez-Arrones, L.; Arjol-Serrano, J.L.; Casajús, J.A.; Mendez-Villanueva, A. Validity of the V-cut Test for Young Basketball Players. *Int. J. Sports Med.* **2015**, *36*, 893–899. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Bright, T.; Handford, M.J.; Hughes, J.D.; Mundy, P.D.; Lake, J.P.; Doggart, L. Development and Reliability of Countermovement Jump Performance in Youth Athletes at Pre-, Circa- and Post-Peak Height Velocity. *Int. J. Strength Cond.* **2023**, *3*, 1–14. [\[CrossRef\]](#)
24. Buchheit, M.; Mendez-Villanueva, A. Reliability and stability of anthropometric and performance measures in highly-trained young soccer players: Effect of age and maturation. *J. Sports Sci.* **2013**, *31*, 1332–1343. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
25. Altmann, S.; Ringhof, S.; Neumann, R.; Woll, A.; Rumpf, M.C. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0220982. [\[CrossRef\]](#)
26. Grgic, J.; Lazinica, B.; Pedisic, Z. Test–retest reliability of the 30–15 Intermittent Fitness Test: A systematic review. *J. Sport Health Sci.* **2021**, *10*, 413–418. [\[CrossRef\]](#)
27. Stanković, M.; Gušić, M.; Nikolić, S.; Barišić, V.; Krakan, I.; Sporiš, G.; Mikulić, I.; Trajković, N. 30–15 Intermittent Fitness Test: A Systematic Review of Studies, Examining the VO₂max Estimation and Training Programming. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 11792. [\[CrossRef\]](#)
28. Pescatello, L.; Arena, R.; Riebe, D.; Thompson, P.D. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*; Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, PA, USA, 2006; pp. 60–113.
29. Mirwald, R.L.; Baxter-Jones, A.D.G.; Bailey, D.A.; Beunen, G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2002**, *34*, 689–694. [\[CrossRef\]](#)

30. Morris, R.; Jones, B.; Myers, T.; Lake, J.; Emmonds, S.; Clarke, N.D.; Singleton, D.; Ellis, M.; Till, K. Isometric Midthigh Pull Characteristics in Elite Youth Male Soccer Players: Comparisons by Age and Maturity Offset. *J. Strength Cond. Res.* **2018**, *34*, 2947–2955. [\[CrossRef\]](#)
31. Darrall-Jones, J.D.; Jones, B.; Till, K. Anthropometric and Physical Profiles of English Academy Rugby Union Players. *J. Strength Cond. Res.* **2015**, *29*, 2086–2096. [\[CrossRef\]](#)
32. Galiano, C.; Pareja-Blanco, F.; Hidalgo de Mora, J.; Sáez de Villarreal, E. Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *J. Strength Cond. Res.* **2020**, *36*, 340–345. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
33. González-Badillo, J.J.; Ribas-Serna, J. *Fuerza, Velocidad y Rendimiento Físico y Deportivo*; ESM: San Sebastian, Spain, 2019.
34. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed.; Lawrence Erlbaum Associates, Publishers: Mahwah, NJ, USA, 1988.
35. Alcaraz, P.E.; Carlos-Vivas, J.; Oponjuru, B.O.; Martínez-Rodríguez, A. The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* **2018**, *48*, 2143–2165. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
36. Darrall-Jones, J.D.; Jones, B.; Roe, G.; Till, K. Reliability and usefulness of linear sprint testing in adolescent rugby union and league players. *J. Strength Cond. Res.* **2016**, *30*, 1359–1364. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
37. Barr, M.J.; Sheppard, J.M.; Gabbett, T.J.; Newton, R.U. Long-term training-induced changes in sprinting speed and sprint momentum in elite rugby union players. *J. Strength Cond. Res.* **2014**, *28*, 2724–2731. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
38. Buchheit, M. The 30–15 intermittent fitness test: Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J. Strength Cond. Res.* **2008**, *22*, 365–374. [\[CrossRef\]](#)
39. Vincent-Smith, B.; Gibbons, P. Inter-examiner and intra-examiner reliability of the standing flexion test. *Man. Ther.* **1999**, *4*, 87–93. [\[CrossRef\]](#)
40. Weir, J.P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J. Strength Cond. Res.* **2005**, *19*, 231–240. [\[CrossRef\]](#)
41. Atkinson, G.; Nevill, A.M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* **1998**, *26*, 217–238. [\[CrossRef\]](#)
42. Bland, J.M.; Altman, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* **1986**, *1*, 307–310. [\[CrossRef\]](#)
43. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Routledge: London, UK, 2013.
44. 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*, 3–12. [\[CrossRef\]](#)
45. Comfort, P. Within- and between-session reliability of power, force, and rate of force development during the power clean. *J. Strength Cond. Res.* **2013**, *27*, 1210–1214. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
46. Swinton, P.A.; Stewart, A.D.; Lloyd, R.; Agouris, I.; Keogh, J.W.L. Effect of load positioning on the kinematics and kinetics of weighted vertical jumps. *J. Strength Cond. Res.* **2012**, *26*, 906–913. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
47. Collazo García, C.L.; Rueda, J.; Suárez Luginick, B.; Navarro, E. Differences in the Electromyographic Activity of Lower-Body Muscles in Hip Thrust Variations. *J. Strength Cond. Res.* **2020**, *34*, 2449–2455. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
48. Davids, K.; Araújo, D.; Hristovski, R.; Passos, P.; Chow, J.Y. Ecological dynamics and motor learning design in sport. In *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice*; Routledge: London, UK, 2012; pp. 112–130. [\[CrossRef\]](#)
49. 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. *Br. J. Sports Med.* **2004**, *38*, 285–288. [\[CrossRef\]](#)
50. Helgerud, J.; Engen, L.C.; Wisløff, U.; Hoff, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2001**, *33*, 1925–1931. [\[CrossRef\]](#)
51. Lozano, F.J.M.; Carrasco Gallego, A. Deficits of accounting in the valuation of rights to exploit the performance of professional players in football clubs. A case study. *J. Manag. Control.* **2011**, *22*, 335–357. [\[CrossRef\]](#)
52. González-frutos, P.; Aguilar-navarro, M.; Morencos, E.; Mallo, J.; Veiga, S. Relationships between strength and step frequency with fatigue index in repeated sprint ability. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 196. [\[CrossRef\]](#)

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



Comparative effects of two different frequencies of resistance training in an Integral Periodization approach on high intensity actions and non-contact injuries in young-trained soccer players

Journal:	<i>International Journal of Sports Physiology and Performance</i>
Manuscript ID	IJSPP.2024-0518
Manuscript Type:	Original Investigation
Date Submitted by the Author:	27-Nov-2024
Complete List of Authors:	Jiménez-Iglesias, José Castro-Piñero, José; University of Cádiz Landi-Fernández, Mario Pérez-Bey, Alejandro de la Pascua-Roca, Eduardo Gonzalo-Skok, Oliver; Universidad Loyola Andalucía, Communication and Education
Keywords:	strength training, team sports, conditioning, high intensity actions, football.

SCHOLARONE™
Manuscripts

Comparative effects of two different frequencies of resistance training in an Integral Periodization approach on high intensity actions and non-contact injuries in young-trained soccer players

Original investigation

Jose Jimenez-Iglesias^{1,2}, Jose Castro-Piñero^{1,3}, Mario Landi-Fernández^{1,2}, Alejandro Perez-Bey^{1,3}, Eduardo de la Pascua-Roca^{2,4}, Oliver Gonzalo-Skok^{5*}.

¹GALENO research group, Department of Physical Education, Faculty of Education Sciences, University of Cadiz, Puerto Real, Spain.

²Sport Science Department Cádiz C.F., Cádiz C.F., Cádiz, Spain.

³Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Cádiz, Spain.

⁴Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), University of Lleida, Spain.

⁵Universidad Loyola Andalucía, Department of Communication and Education, Sevilla, Spain.

***Corresponding author information:** Oliver Gonzalo-Skok, Universidad Loyola Andalucía, Department of Communication and Education, Sevilla, Spain; (+34) 955 64 16 00; oligons@hotmail.com/ ORCID: 000-0002-7679-2062.

Preferred running head: Resistance training frequency and injuries

Text-only word count: 3048 words

Abstract word count: 201

Number of figures: 1

Number of tables: 4

Supplementary files: 4

Abstract

Purpose: This study aimed to compare the effect of two different frequencies of an Integral Periodization (IP) resistance training (RT) program on high-intensity actions (HIA) performance and non-contact injury incidence in young-trained soccer players during an entire season.

Methods: Forty young-trained soccer players (16.6 ± 0.69 years) were randomly divided into training frequency one (F1G) (n=18) or frequency two (F2G) (n=22) groups. We evaluated HIA through counter Movement Jump (CMJ), squat (SQ), and hip-thrust (HT) progressive loading tests, 10-m and 30-m sprint tests, V-Cut test, and 30-15 Intermittent Fitness test, and non-contact injuries were also recorded. In RT sessions, both groups employed workouts to offset the load based on what was encountered on the pitch. F1G only performed one session per week, while F2G carried out two.

Results: Results showed significant improvements in all tests (ES: 0.4 to 4.35, $p < 0.01$) in F2G, while only in the CMJ, SQ, HT, and V-Cut tests (ES: 0.54-2.79, $p < 0.01$) in F1G. Between-group analysis showed significantly ($p < 0.01$) better results in favor of F1G in the SQ, HT, 10-m, 30-m sprint tests, and non-contact injury severity.

Conclusions: In conclusion, F2G showed greater HIA improvements than F1G and reduced the severity of non-contact injuries in young-trained soccer players.

Key words: strength training, team sports, conditioning, high intensity actions, football.

30 **Introduction**

31
32 Soccer is characterized by frequent high-intensity actions (HIA) such as sprints, changes
33 of direction (COD), decelerations, and jumps, which are critical for success during key
34 match moments like scoring, assists, and defensive actions.² These actions impose a
35 significant physiological demand, closely linked to lower body strength, multidirectional
36 force application, and cardiorespiratory fitness.¹ Over recent years, the increasing
37 intensity of HIA has transformed soccer into a more explosive sport, emphasizing the
38 need to optimize player performance in these actions.³

39
40 Optimal HIA performance requires high fitness levels, with resistance training (RT) being
41 game-related drills (GRD) one of the most effective methods.¹ However, traditional
42 periodization models often fail to integrate RT with GRD, potentially leading to
43 inadequate load management and increased injury risk.⁴ Recent models, such as integral
44 periodization (IP), address this gap by optimizing HIA performance and reducing overuse
45 injuries through diversified movement patterns.¹

46
47 Despite the importance of RT in improving HIA, frequency remains a critical
48 consideration. While most teams implement one to two RT sessions weekly during the
49 season and up to three in the preseason, evidence suggests that two sessions may yield
50 superior explosive performance compared to one.⁵ However, meta-analyses indicate
51 minimal performance differences between two and three weekly session days in favor of
52 two days.⁶ This debate has yet to be explored within a model like IP that aligns external
53 load and RT dynamics.

54
55 It might be interesting to determine if a single RT session per week is enough or better to
56 optimize performance and decrease non-contact injury incidence and severity compared
57 to two days of RT. Therefore, this study aimed to compare the effect of two different
58 frequencies (one vs. two sessions per week) of an IP-based RT on HIA performance and
59 non-contact injury incidence in young-trained soccer players.

60
61
62 **Methods**

63
64 **Subjects**

65
66 The study involved a total of 45 young (post-puberty, U-19), trained soccer players (16.6
67 $\pm$ 0.69 years, post-puberty) with previous RT experience (i.e., at least 2 years) belonging
68 to a professional soccer Academy (LaLiga EASports, Spanish 1st division). During the
69 intervention, players competed in their respective categories at the regional-autonomic
70 level. Data collection was conducted during the 2022/2023 season, specifically in weeks
71 3 (pretest) after two weeks of load adaptation following the off-season period and week
72 45 (posttest) of the competitive season.

73
74 Written informed consent was obtained from the players or the parents or legal guardians
75 of those under 18 years of age who were previously informed in detail about the
76 characteristics and objectives of the study. This study followed the guidelines established
77 in the Declaration of Helsinki for research on human subjects (Declaration of Helsinki
78 II). The local ethics committee approved the study (blinded for peer review).

Design

The study was conducted using a two-group quasi-experimental design. Players from two different teams (U-19 “B” and U-19 “C”) were assigned randomly to an RT frequency of two sessions per week (F2) training group (F2G, n=23) and a frequency of one session per week (F1) RT training group (F1G, n=25), both involved in an IP model. Although the initial sample was larger at the first evaluation, some participants (n=5) were excluded from the final sample for clinical and club continuity reasons. As such, the final sample was smaller (F1G, n=18, F2G, n=22). No significant differences within- or between-group were found at pre- and -post-intervention in anthropometric variables and age (supplementary material 1). All participants completed 45 microcycles throughout the season. Each microcycle included an average of 4 training days (75 minutes per session), one competitive match (90 minutes), and one (in the case of F1G) or two (in the case of F2G) weekly RT sessions (30 minutes) completing a total of 43 and 87 RT sessions, respectively, totaling 450 minutes of weekly activity in the case of F2G and 420 minutes in F1G.

To assess HIA, all participants underwent a field-based fitness testing battery. Anthropometric data were collected (height and body mass (BM)), lower body strength testing via the countermovement jump (CMJ), and progressive loading tests in squat (SQ) and hip thrust (HT) exercises. In addition, acceleration and speed tests (10-m and 30-m sprints), COD ability test (V-Cut test), and cardiorespiratory fitness test (30-15 IFT) were assessed. The number and severity of non-contact injuries were also recorded during the intervention period.

To mitigate the adverse effects of fatigue on test performance, tests were carried out on two different days, separated by a 24-hour interval. In that order, the CMJ and the progressive loading test on squat (SQ) and hip thrust (HT) exercises were performed on the first day. After the first day of testing, participants did not perform any additional activity. On the second day, anthropometric measurements, 10-m and 30-m sprint tests, the V-Cut, and the intermittent 30-15 IFT were assessed. Tests from the previous match were performed on match day (MD) -4 and MD-3, after 72 and 96 hours of recovery, respectively. Before testing, participants received a recovery session on MD+1 that included low-intensity soccer activities, nutritional strategies, physiotherapy treatment, and cryotherapy, followed by 24 hours of passive recovery on MD+2. Before testing, participants maintained their usual nutrition and hydration habits. Four familiarization sessions were conducted during the two weeks before testing (except for IFT 30-15), which consisted of performing the specific tests at low to medium intensity during the warm-up routine twice a week.

Methodology

The evaluations faced by the players followed the indications of the field-based fitness battery proposed by Jimenez-Iglesias et al.⁷ (supplementary material 2), in addition to the evaluation of non-contact injuries

Non-contact injuries control

The club's medical staff recorded all non-contact injuries during the intervention and their duration. Injuries were classified according to severity into "mild" (<7 days), "moderately severe" (8-21 days) and "severe" (>21 days).⁸ A player was considered fully recovered when he could participate in training fully and matches.⁹

Training protocol

Participants completed a four-week, 75–90 minute soccer-specific training program based on IP principles.¹ Using GRD to achieve desired results; the intervention consisted of seven six-week cycles divided into two-week blocks concentrating on a concrete fitness feature (supplementary material 3). The program avoided sudden changes and prioritized moderate load modifications throughout the competitive time, maintaining load stability, and a gradual transition from high volume and moderate intensity to lower volume and higher intensity was used.

Resistance Training Program

Participants followed the guidelines of the RT program for IP.¹ This program included two weekly sessions for the F2G and one for the F1G, performed on MD-4 and MD-3 or exclusively on MD-4, respectively. As shown in Table 1. The main characteristics of the program in accordance with training frequency are described in Table 2.

Insert table 1. about here.

Insert table 2. about here.

Statistical Analysis

Histograms were used to visually evaluate the data's normality to determine the distribution's overall shape and symmetry. After ocular confirmation of normalcy, parametric analyses were employed. Descriptive statistics are presented as percentages or mean $\pm$ standard deviation (SD). Training frequency effects (two vs. one session) were examined using paired t-tests. Pooled pre-intervention SD was used to compute effect sizes (Cohen's d), with criteria for modest (>0.2), moderate (>0.6), and large (>1.2) effects.¹⁰ Using the formula $((\text{POST} - \text{PRE}) * 100)$, performance variable changes (% Δ) between intervention groups were calculated.¹¹

An ANCOVA was used to compare % Δ across groups, controlling for baseline differences by including pre-intervention values as covariates. Within-group performance changes were analyzed using paired t-tests to compare post- and pre-intervention values. Injury frequency differences between groups were evaluated with a chi-square test, and injury severity differences were assessed using a t-test, considering days lost due to injury among affected players. Analyses were conducted using IBM SPSS Statistics version 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA), with a significance level 0.1 for all comparisons.

Results

Within-group analyses

Within-group analyses are presented in Table 3. The F1G group showed significant pre-post differences in CMJ, SQ, HT, and V-cut (ES: 0.59 to 2.79), but no significant differences were found in the rest of the tests. The F2G showed significant pre-post differences in the performance of all tests (ES: 0.4 to 4.35).

Insert table 3. about here.

Between-group analyses

Significant differences between groups in the baseline values were found only for the 30-15 IFT (supplementary material 4).

Results from the between-group analyses are displayed in Figure 1. There were significant differences between F1G and F2G in SQ, HT, 10-m, and 30-m in favor of F2G. Conversely, no significant between-group differences were observed for CMJ, V-Cut, and 30-15IFT. The between-group analysis of injury incidence and severity can be seen in Table 4., significant differences were found in favor of F2G regarding less severe injuries. In contrast, no differences were observed for injury incidence.

Insert figure 1. about here.

Insert table 4. about here.

Discussion

The main objective of the present study was to compare the effects of employing RT with one session/week versus two sessions/week on HIA and non-contact injuries in young-trained soccer players in an IP model during an entire season (45 microcycles). The main findings showed that after one season of intervention, a single RT session improved lower-body muscular strength through CMJ and SQ and HT progressive loading tests, and COD ability (V-Cut test), without significant improvements in linear velocity assessed through 10-m and 30-m sprint, and CRF (30-15 IFT). On the other hand, two weekly RT sessions significantly improved in all the tests evaluated. The between-group comparison showed significantly better results in SQ, HT, 10-m, and 30-m sprints in favor of the F2G. Furthermore, injury severity was significantly lower in the two RT sessions/week, showing the importance of developing a more resilient player through greater training volume.

Both groups significantly improved lower-body strength through CMJ (F1G: Δ : 8.78%, F2G: Δ : 7.79%) with small ES (0.4-0.54), SQ (F1G: Δ : 17.52%, F2G: Δ : 23.82%) and HT (F1G: Δ : 32.87%, F2G: Δ : 35.68%) with large ES (2.56-4.35). Other studies that evaluated CMJ and SQ in young-trained soccer players obtained similar results using training frequency two (CMJ, Δ : 7.2%, ES: 0.58),⁹ (SQ, Δ : 22.5%, ES:1.31).¹² On the other hand, no previous studies evaluated HT in similar samples to compare results. In addition to neural and hypertrophic factors derived from participating in an RT program,¹³ improvements in these tests may have been due to optimizing the execution technique.¹⁴ The presence in the RT program of exercises with a similar dynamic correspondence to CMJ, SQ, and HT might be a key factor, in addition to having benefited from training with loads that maximize power in the same vector as the test exercises.^{5,9} Although both groups improved, the between-group analysis showed significantly greater improvements in SQ (F1G: Δ :17.52% vs. F2G: Δ : 23.82%) and HT (F1G: Δ :32.87% vs. F2G: Δ : 35.68%) in favor of F2G. It seems that in trained subjects, a progression to higher intensities and volumes is necessary to experience a maximal increase in strength, which is difficult to achieve with only one RT session/week⁶ due to neural and tissue factors.¹³ However, no significant between-group differences were found in CMJ, maybe because a reduced volume, as occurs in the F1G, was enough to improve this test, as other studies with low volumes have shown (Δ : 8.5%, ES:0.44).¹⁵ It could be justified due to the existence of an inverted U-shaped relationship between training volume and performance increase in explosive exercises with low loads,¹⁶ possibly because lower volumes induce a lower fatigue state that allows increasing the capacity of force application per unit of time, improving performance in this type of actions.¹⁵

Only the F2G significantly improved linear velocity (10-m, Δ : -3.91s%, 30-m, Δ : -2.75s%,) with a large ES (1.25-1.86) in both tests. Our results were greater to those obtained in studies that used RT programs with F2 in similar samples (10-m, Δ : -1.25s%, ES: 0.15)⁹ (30-m, Δ : -2.4s%, ES: 0.80).¹⁷ This could be explained by the fact that we used an RT program with numerous exercises that varied horizontal and vertical planes and a bilateral and unilateral execution, in addition to presenting a highly dynamic correspondence.¹⁸ Moreover, most proposed exercises emphasize triple extension, which is directly related to linear speed performance.¹⁹ However, these studies mostly used bilateral exercises and were conducted in a single plane, which could represent a deficit in improving performance in actions such as sprinting due to a need for more specificity

in the movements.²⁰ On the other hand, only the F2G achieved significant improvements, suggesting that 2 sessions/week is optimal for strength development in trained subjects, superior to 1 and 3 sessions/week, respectively.⁶ F2, in comparison to F1, seems to be better for obtaining tissue adaptations like an increase in the proportion of myosin IIa heavy chain, which implies a direct improvement in strength levels and a consequent superior rate of force development, which is crucial for sprinting performance.^{15,19}

COD ability was improved by both groups (F1G: Δ :-3.03s%, F2G: Δ :-3.03s%) with a moderate ES (0.89-1.09). Other studies with similar samples improved more than those obtained in our study, even with F2 (COD, Δ : -5%, ES:0.52)⁵ and F1(COD, Δ : -5,7%, ES:1.22).²¹ Results obtained by Otero-Esquina et al.,⁵ could have been greater for reasons related to the timing of the intervention (post-evaluation in-season vs. post-evaluation at the end of the season) or testing at a time of the season when accumulated load is so high could explain how fatigue could have influenced the current results. On the other hand, Tous et al. (2016),²¹ used a sample, despite being the same age, were novices in RT, conversely to our players, so the improvement's magnitude in this type of program is assumed to be wider.¹³ Non-significant differences were found between groups, although other studies that compared RT F1 and F2 in similar samples significantly improved COD ability in favor of F2.⁵ It could be explained because COD is an action to which soccer players are largely exposed in competition and training³, being highly adapted to these motor patterns. It is known that when a subject is highly familiar with a gesture, his margin of motor learning and improvement concerning it is much smaller.²² As such, a greater volume would not have to induce superior improvements. Additionally, studies that focused on specific COD drills in soccer players showed that even some specific drills may fail to improve this ability, suggesting that the trainability of COD might be lower than other abilities in soccer players.²³

The F2G significantly improved CRF (Δ : 3.02km/h%) with a small ES (0.46), but not the F1G. Other studies that evaluated CRF in a soccer players population after RT programs with F2 through the 30-15 IFT (Δ : 49,6 km/h%, ES:1.39)²⁴ or other tests that evaluate this variable, such as Yo-Yo Intermittent running test (Δ : 9.54m%, ES:0.47),²⁵ obtained greater improvements than our study. This may be due to the sample characteristics. In the first study,²⁴ soccer players were 8-9 years old without experience in RT programs or high-intensity training. Hence, the margin for improvement was very high due to training experience and age.²⁶ In the second study,²⁵ soccer players evaluated were of a recreational level, so the margin of improvement of their CRF is also assumed to be higher than players of greater level.²⁶ Thus, CRF improvements may not be easy to develop when soccer players have a required level. No significant differences were observed between groups (F1G vs F2G) in this test, which is not surprising since the improvement of this variable is much more dependent on high-intensity intermittent training and GRD than on RT.²⁶ Both contents were part of pitch soccer training and remained identical.

Finally, no significant differences were observed between groups regarding the incidence of non-contact injuries. However, F1G presented significantly more severe injuries regarding days off than the F2G. Several reasons could explain this: 1) being exposed to higher training volumes can induce prophylaxis in the face of muscle injuries compared to being exposed to lower volumes;²⁷ 2) during the intervention, the F2G showed superior fitness levels compared to the F1G, likely due to the specific features of its RT program. These higher fitness levels, particularly in strength, protect against damage and non-contact muscle injuries.²⁸ These factors may have mitigated the injuries' severity, and 3)

higher training frequency can lead to better motor learning rates,²⁹ allowing the player to avoid overuse injuries through increasing functional movement variability.³⁰

Some limitations are presented in the current study. The most important is the absence of a control group to compare with the intervention groups and the need for objective external load monitoring using GPS or comparable devices. Positively, the study's primary strength is its thorough design, which covers 45 microcycles, an entire season, in a professional soccer training setting.

Practical applications

The results of this study may be useful for sports scientists and strength and conditioning coaches to organize RT to improve HIA and reduce the number and severity of non-contact injuries. Based on our results, it seems logical to be respectful with the design of RT sessions about the mechanical load that the soccer player experiences in his work on the pitch through GRD, avoiding an iatrogenic effect when applying a load on specific structures using IP. In this model, the F2 seems superior in improving HIA and reducing the severity of injuries, so it could be interesting to implement this frequency of RT in the microcycle.

Conclusions

In conclusion, a full season (45 microcycles) of IP with an F2 RT program appeared to have beneficial impacts on HIA improvements, such as lower-body strength, acceleration and maximum speed, COD ability, and endurance performance. Furthermore, the results of this study suggest that the IP with two RT sessions per week seems to be much superior in improving HIA and reducing the severity of non-contact injuries than an F1 in young-trained soccer players. These results might affect how training plans are run to improve soccer players' performance and lower their risk of non-contact injuries.

Acknowledgments

We want to thank all the participating players and the staff of Cádiz C.F. for their participation. Also, thank the club leaders for allowing us to access the sample and the use of its sports facilities.

References

1. Jiménez-Iglesias J, Campos-Vázquez MÁ. *Periodización Integral Un Modelo Holístico Para El Fútbol Actual: De La Sala al Campo*. 1st ed. Amazon; 2024.
2. Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sport Sciences*. 2012;30(7):625-631. doi:10.1080/02640414.2012.665940
3. Filter A, Santos T Dos, Madruga M, et al. High-intensity Actions in Elite Soccer : Current Status and Future Perspectives What are High-intensity Actions ? Published online 2023:1-10. doi:10.1055/a-2013-1661
4. Buchheit M, Douchet T, Settembre M, Mchugh D, Hader K, Verheijen R. Microcycle Periodization in Elite Football The 11 Evidence-Informed and Inferred Principles of Microcycle Periodization in Elite Football. Published online March 2024.
5. Otero-Esquina C, de Hoyo Lora M, Gonzalo-Skok Ó, Domínguez-Cobo S, Sánchez H. Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *Eur J Sport Sci*. 2017;17(10):1241-1251. doi:10.1080/17461391.2017.1378372
6. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res*. 2004;18(2):377-382. doi:10.1519/R-12842.1
7. Jimenez-Iglesias J, Gonzalo-Skok O, Landi-Fernández M, Perez-Bey A, Castro-Piñero J. Age-Related Differences and Reliability of a Field-Based Fitness Test Battery in Young Trained Footballers: The Role of Biological Age. *Life*. 2024;14(11):1448. doi:10.3390/life14111448
8. Van Mechelen W. *The Severity of Sports Injuries*. Vol 24.; 1997.
9. de Hoyo M, Sañudo B, Carrasco L, et al. Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *J Sports Sci*. 2016;34(14):1380-1387. doi:10.1080/02640414.2016.1157624
10. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3-12. doi:10.1249/MSS.0b013e31818cb278
11. Ghasemi A, Zahediasl S. Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. *Int J Endocrinol Metab*. 2012;10(2):486-489. doi:10.5812/ijem.3505
12. González-Badillo JJ, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Abad-Herencia JL, Del Ojo-López JJ, Sánchez-Medina L. Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *J Strength Cond Res*. 2015;29(5):1329-1338. doi:10.1519/JSC.0000000000000764
13. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*. 2018;48(4):765-785. doi:10.1007/s40279-018-0862-z
14. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(8):1566-1581. doi:10.1249/MSS.0b013e3181cf818d
15. Galiano C, Pareja-Blanco F, Hidalgo de Mora J, Sáez de Villarreal E. Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *J Strength Cond Res*. Published online January 2020. doi:10.1519/JSC.00000000000003487
16. González-Badillo J, Izquierdo M, Gorostiaga E. Moderate Volume of High Relative Training Intensity Produces Greater Strength Gains Compared With Low

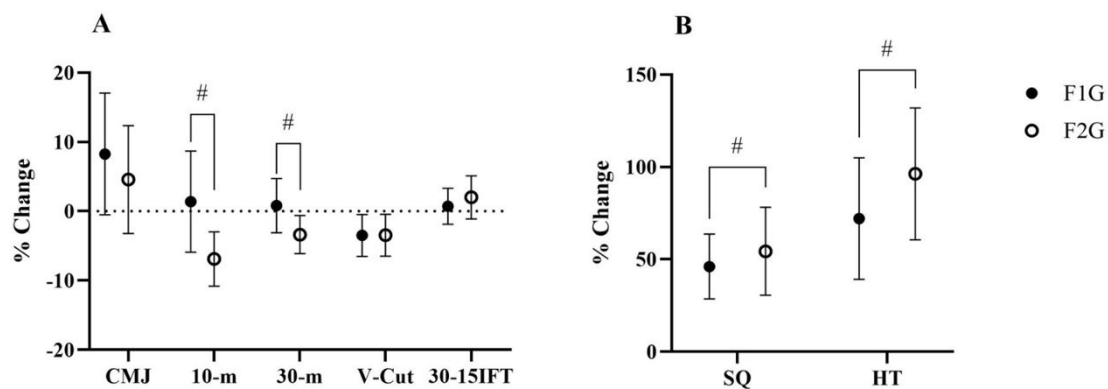
- and High Volumes in Competitive Weightlifters. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2006;20:73-81. doi:10.1519/R-16284.1
17. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13:244-250. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x
18. Verkhoshansky Y, Siff M. *Supertaining*. 6th ed. Verkhoshansky; 2009.
19. Dos Santos T, Jones P. *Multidirectional Speed in Sport*. 1st ed. (Dos Santos T, Jones P, eds.). Routledge; 2023.
20. Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(2):74-83. doi:10.1123/ijsp.1.2.74
21. Tous-Fajardo J, Gonzalo-Skok O, Arjol-Serrano JL, Tesch P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(1):66-73. doi:10.1123/ijsp.2015-0010
22. Fernández-Valdés B, Jones B, Hendricks S, et al. A novel application of entropy analysis for assessing changes in movement variability during cumulative tackles in young elite rugby league players. *Biol Sport*. 2023;40(1):161-170. doi:10.5114/biol.2023.112965
23. Rodríguez-Osorio D, Gonzalo-Skok O, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Osorio D, Gonzalo-Skok O, Pareja-Blanco F. Effects of Resisted Sprints With Changes of Direction Through Several Relative Loads on Physical Performance in Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(8):1022-1028. doi:10.1123/ijsp.2018-0702
24. Ferrete C, Requena B, Suarez-Arrones L, De Villarreal ES. Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(2):413-422. doi:10.1519/JSC.0b013e31829b2222
25. Karsten B, Larumb-Zabala E, Kandemir G, Hazir T, Klose A, Naclerio F. The effects of a 6-week strength training on critical velocity, anaerobic running distance, 30-M sprint and Yo-Yo intermittent running test performances in male soccer players. *PLoS One*. 2016;11(3). doi:10.1371/journal.pone.0151448
26. Buchheit M, Laursen PB. *Science and Application of High-Intensity Interval Training: Solutions to Programming the Puzzle*. (Buchheit M, Laursen PB, eds.). Human Kinetics; 2019.
27. Gabbett TJ. Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners. *Br J Sports Med*. 2020;54(1):58-66. doi:10.1136/bjsports-2018-099784
28. Knapik JJ. The importance of physical fitness for injury prevention: part 1. *J Spec Oper Med*. 2015;15(1):123—127. <http://europepmc.org/abstract/MED/25770810>
29. Shea CH, Lai Q, Black C, Park JH. Spacing practice sessions across days benefits the learning of motor skills. *Hum Mov Sci*. 2000;19(5):737-760. doi:https://doi.org/10.1016/S0167-9457(00)00021-X
30. Nordin AD, Dufek JS. Reviewing the Variability-Overuse Injury Hypothesis: Does Movement Variability Relate to Landing Injuries? *Res Q Exerc Sport*. 2019;90(2):190-205. doi:10.1080/02701367.2019.1576837

Figure Legends.

Figure 1. Percentage of change in test performance Pre-Post between groups. A: percentage of change, between-group analyses in CMJ, 10-m, 30-m sprint test, V-Cut and 30-15 IFT; B: percentage of change, between-group analyses in progressive loading test in SQ and HT.

For Peer Review

Figure 1. Percentage of change in test performance Pre-Post between groups. A: percentage of change, between-group analyses in CMJ, 10-m, 30-m sprint test, V-Cut and 30-15 IFT; B: percentage of change, between-group analyses in progressive loading test in SQ and HT.



CMJ: countermovement jump; **HT:** hip thrust; **IPG:** Integral Periodization Group; **SQ:** squat; **TPG:** Traditional Periodization Group; **V-Cut:** change of direction test; **10-m:** sprint test for 10 m; **30-m:** sprint test for 30 m; **30-15IFT:** 30-15 intermittent fitness test.

Table 1. Compensatory features between Game-related drills and resistance training sessions (2024).

	W1.	W2.	W3.	W4.	W5.	W6.
	<i>Two sessions model</i>					
	LGRD-MA		MGRD-LA		SGRD-SA	
Predominant GRD	PM: without priority movements LF: balanced load		PM: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings		PM: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf	
RTS	S1: high-speed acceleration (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings		S1: mixed-multidirectional (MD-4) TE: changes of direction of different angles LF: balanced load		S1: high-speed acceleration (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings	
	S2: accelerative-decelerative (MD-3) TE: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf		S2: accelerative-decelerative (MD-3) TE: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf		S2: mixed-multidirectional (MD-3) TE: changes of direction of different angles LF: balanced load	
	W1.	W2.	W3.	W4.	W5.	W6.
	<i>One session (mixed) model</i>					
	LGRD-MA		MGRD-LA		SGRD-SA	
Predominant GRD	PM: without priority movements LF: balanced load		PM: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings		PM: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf	
RTS	S1: high-speed acceleration+ accelerative-decelerative (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations), top speed mechanics, accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: hamstrings, gluteus, quadriceps and calf		S1: mixed-multidirectional+ accelerative-decelerative (MD-4) TE: changes of direction of different angles, accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations. LF: gluteus, quadriceps and calf		S1: high-speed acceleration+ mixed-multidirectional (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations), top speed mechanics and changes of direction of different angles LF: hamstrings	

GRD: Game-Related Drills; **LA:** Large Areas; **LF:** Load Focus; **LGRD:** Large Game-Related Drills; **MA:** Medium Areas; **MGRD:** Medium Game-Related Drills; **RTS:** Resistance-Training Sessions; **SA:** Small Areas; **SGRD:** Small Game-Related Drills; **S1:** Session 1; **S2:** Session 2; **TE:** Type of Exercises; **PM:** Priority Movement; **W:** Week.

Table 2. Characteristics of resistance training program in accordance to training frequency.

	exercises	series	repetition s	rest	intensity	total sessions
RTS-F2G	Executed in an explosive manner, the program includes two fundamental exercises (Squat and Hip-Thrust with individualized optimal power load*) along with 3-4 main exercises . These exercises are selected based on the movements required for the specific soccer training cycle, which allows for great motor variability between sessions.	2-3	4-10	3 min between sets	Moderate-light level of effort	90
RTS-F1G	Executed in an explosive manner, the program includes two fundamental exercises (Squat and Hip-Thrust with individualized optimal power load*) along with 4-5 main exercises . These exercises are selected based on the movements required for the specific soccer training cycle, which allows for great motor variability between sessions.	2-3	4-10	3 min between sets	Moderate-light level of effort	45
Increase of intensity	Exercises complexity, including unilateral progressions, perturbations and cognitive distractions, progressively increased during the intervention. Every 8 weeks, the loads of basic exercises, such as the Squat and Hip-Thrust, were reprogrammed. Loads were increased between sessions as long as the player showed good technique and explosiveness in their performance.					

RTS: Resistance-Training Sessions

*Bar velocity of 1m/s

Table 3. Within-group differences in the frequency one (F1G) and two (F2G) training groups.

	Variable	Pre-test	Post-test	Difference (90% CI)	p-value	D-cohen ^a	
F1G (n=18)	CMJ (cm)	37.11 ± 5.29	39.99 ± 5.23	2.88 (1.74; 4.03)	<0.001	0.54	Small
	SQ (kg)	55.12 ± 9.5	79.61 ± 9.29	24.29 (21.17; 27.42)	<0.001	2.56	Large
	HT (kg)	50.12 ± 12.02	83 ± 13.92	33.53 (28.55; 38.5)	<0.001	2.79	Large
	10-m (s)	1.83 ± 0.12	1.85 ± 0.09	0.02 (-0.04; 0.07)	0.265	-	-
	30-m (s)	4.37 ± 0.16	4.4 ± 0.15	0.03 (-0.04; 0.1)	0.221	-	-
	V-Cut (s)	7.03 ± 0.28	6.78 ± 0.26	-0.25 (-0.34; -0.16)	<0.001	0.89	Moderate
	30-15IFT (km/h)	19.47 ± 0.81	19.61 ± 0.93	0.14 (-0.07; 0.35)	0.131	-	-
F2G (n=22)	CMJ (cm)	37.13 ± 4.03	38.75 ± 4.52	1.62 (0.5; 2.73)	0.011	0.4	Small
	SQ (kg)	57.73 ± 8.83	87.86 ± 9.94	30.14 (26.2; 34.07)	<0.001	3.41	Large
	HT (kg)	49.77 ± 10.41	95.09 ± 12.78	45.32 (40.74; 49.9)	<0.001	4.35	Large
	10-m (s)	1.85 ± 0.07	1.72 ± 0.07	-0.13 (-0.16; -0.10)	<0.001	1.86	Large
	30-m (s)	4.4 ± 0.12	4.25 ± 0.15	-0.15 (-0.19; -0.1)	<0.001	1.25	Large
	V-Cut (s)	6.96 ± 0.22	6.72 ± 0.21	-0.24 (-0.32; -0.17)	<0.001	1.09	Moderate
	30-15IFT (km/h)	20.48 ± 0.89	20.89 ± 1.07	0.41(0.18; 0.64)	0.003	0.46	Small

CMJ: countermovement jump; **F1G:** Frequency Group 1; **F2G:** Frequency Group 2; **HT:** hip thrust; **SQ:** squat; **V-Cut:** change of direction test; **10-m:** sprint test for 10-m; **30-m:** sprint test for 30-m; **30-15IFT:** 30-15 intermittent fitness test
 Results are expressed as mean (standard deviation).
 P-value ≤ 0.1 denote differences statistically significant.
 (mean ± SD)

Table 4. Incidence and severity of injuries comparing Frequency 1 Group and Frequency 2 Group.

	Total players (n)	Injuries (n)	p-value	Severity of injury (days)	p-value
F1G	18	6	0.436*	21.50 ± 8.78	0.049#
F2G	22	10		14.5 ± 6.91	

F1G: Frequency 1 Group; **F2G:** Frequency 2 Group.
P-value ≤ 0.05 denote differences statistically significant.
*Values obtained from chi-square analysis.
#Values obtained from t-test.

Supplementary material 1. Comparison of -pre and -post intervention descriptive variables within and between groups.

Variable		F1G	F2G	p-value#
Age (y)	Pre-test	16.76 ± 0.92	16.5 ± 0.4	0.139
	Post-test	17.47 ± 0.92	17.17 ± 0.4	0.109
	p-value*	0.004	<0.001	
Height (cm)	Pre-test	178.45 ± 7.5	173.5 ± 6.9	0.018
	Post-test	179.14 ± 7.2	173.69 ± 6.84	0.01
	p-value*	<0.001	0.035	
Weight (kg)	Pre-test	72.06 ± 6.41	65.35 ± 7.51	0.002
	Post-test	72.26 ± 6.03	68.54 ± 7.41	0.048
	p-value*	0.338	<0.001	

F1G: Frequency 1 Group, **F2G:** Frequency 2 Group,
 Results are expressed as mean (standard deviation).
 P-value ≤ 0.1 denote differences statistically significant
 *Denote within-group analyses
 #Denote between-group analyses
 (mean ± SD).

Supplementary material 2. Methodology.

Participants completed a 15-minute warm-up routine before testing, consisting of a 5-minute low-intensity run, followed by dynamic stretching of the lower extremities for 2-3 minutes and explosive actions in different vectors, including four progressive 20-m accelerations and six progressive CMJ. Subsequently, three minutes of passive recovery were given before testing.

Participants had a 5-minute recovery period between each test, while between repetitions, they were given 3 minutes of rest. The technical staff monitored the correct development of tests by providing standardized [2] verbal encouragement to participants during the execution of the tests.

Anthropometric measurements and PHV

The height of the players was measured using a stadiometer (SECA 217, Hamburg, Germany) with an accuracy of 0.01 cm. Participants were barefoot, standing, and their heads aligned on the Frankfurt plane [3]. Body mass was determined using a bioimpedance scale (H-BIA, Omrom, model 306C, Hoffman Estates, IL, USA) with an accuracy of 0.1 kg. Measurements were performed with participants barefoot and in anatomical position [3]. Each measurement was taken twice, and the mean was retained for analysis [4].

Lower body strength

CMJ: Players started upright, with feet hip-width apart and hands at the waist to avoid using the arms as momentum on the jumping platform (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, Spain). Following a countdown of 3-2-1, the player had to descend to an individually selected depth and then perform a jump as high as possible, landing with both feet vertically on the platform. In case of becoming unbalanced upon landing, the jump was considered void [5]. A total of 5 maximum jumps were performed, discarding both the best and the worst, and the average of the remaining three jumps was calculated in cm for the analysis [6].

Progressive loading test in SQ and HT: The test was performed using a Smith machine (Technogym S.p.A, Italy) to perform SQ with progressive loading [6]. The player descended until the thigh was below the horizontal and ascended as fast as possible without jumping, allowing plantar flexion. The eccentric phase was performed at a controlled speed ($\approx 0.50\text{--}0.70$ m/s), and the concentric phase was performed as fast as possible, without pauses in between.

The warm-up included a set of 8 repetitions with 20 kg, starting with 40 kg and increasing 10 kg in each set until completing four loads. Three repetitions were performed for light loads (>1.14 m/s) and two for moderate loads (<1.14 m/s), with breaks of 3 to 4 minutes. A linear encoder (Vitruve, Madrid, Spain) measured the bar velocity [7], and the load at a speed of $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ was estimated by quadratic regression [8] using Microsoft Excel (Microsoft, Redmon, WA, USA), obtaining R^2 values greater than 0.9, which indicate high precision [9].

The HT protocol [10] was performed with the player resting his upper back on a bench, feet shoulder-width apart and slightly turned outward. The bar was placed over the hips, and the player was instructed to push it upward in the concentric phase as fast as possible, keeping the pelvis and spine aligned in a neutral position. This test was performed similarly to the SQ protocol in the other aspects of the test.

These three tests were performed with appropriate footwear on the technical floor in a gym.

Acceleration and speed

The test was conducted using appropriate footwear on a soccer field with artificial turf. Acceleration capacity was assessed by a 10-m sprint from a static position, and maximum velocity was measured with a 30-m sprint [11–13]. For the measurement, three single-beam timing gate units (Witty, MICROGATE, Bolzano, Italy) were placed at 0.75 m high and facing each other at 1.5 m, at the starting line, at 10 m, and at 30-m. Players started the race 0.5 m from the first single-beam timing gate unit. Two repetitions of sprints were performed, and the best time of each leg was recorded for analysis, with an accuracy of 0.01 s for each measurement [12].

Change of direction Ability

Using appropriate footwear, the test was performed on a soccer field with artificial turf. Its objective was to evaluate the players' ability to COD. For the test, two single-beam timing systems (Witty System, MICROGATE, Bolzano, Italy) were positioned at the start and end of the course, 0.75 m high and spaced 1.5-m apart. The players began the test 0.5 m behind the starting gate. Following the guidelines of Gonzalo-Skok et al. (2015), players completed a 25 sprint that included four 45° turns every 5 m. The attempt was valid when one of the feet had to pass entirely over the line between the cones, separated by 0.7 m at each turn; otherwise, the attempt was discarded. Each player made two attempts, and the best time recorded (0.01s accuracy) was used for subsequent analysis.

Cardiorespiratory fitness

The test was performed on a soccer field with artificial turf, and the players wore appropriate footwear. CRF was assessed using the 30-15IFT [15]. All players on each team performed the test at the same time. The protocol consisted of back-and-forth sprints for 30 s, followed by 15 s of recovery. The initial speed was 8 km/h, increasing 0.5 km/h every 30 s. Players ran between two lines 40 m apart, guided by an audio cue, while the test area was marked with cones and a tape measure. The audio track from the 30-15IFT App (Paris, France) was played through a loudspeaker, which helped players adjust their speed within the 3-m zone at the center and end of the test area. During the 15 s recovery period, players walked to the nearest line, either the center or the ends, and prepared for the next phase. The test ended when the player failed to maintain the required pace or failed to reach the 3-m zone on three consecutive occasions. The maximum velocity attained (VIFT) at the end of the test was recorded.

Supplementary material 3. Main characteristics of football specific training cycle according to Integral Periodization. Adapted from Jiménez and Campos (2024).

Game-Related Drills (GRD) formats	W 1.	W 2.	W 3.	W 4.	W 5.	W 6.
	<i>GRD presence in the cycle</i>					
Large-GRD in Medium Areas Groups*: 8x8-10x10 RA:100-200m ² LF: pace (neutral)	Priority dominance (50%)		Minority dominance (15%)		Medium dominance (35%)	
Medium-GRD in Big Areas Groups*: 5x5-7x7 RA:150-250m ² LF: HSR and Sprint	Medium dominance (35%)		Priority dominance (50%)		Minority dominance (15%)	
Small-GRD in Small Areas Groups*: 3x3-4x4 RA:40-80m ² LF: acc and dec	Minority dominance (15%)		Medium dominance (35%)		Priority dominance (50%)	

Acc: Accelerations; **Dec:** Decelerations; **HSR:** High Sprint running; **LF:** Load Focus; **RA:** Relative Area; **W:** Week.

*Excluding goalkeepers.

Supplementary material 4. Comparison of test performance baseline values between Frequency 1 Group and Frequency 2 Group.

Variable	F1G	F2G	p-value
	(N=18)	(N=22)	
CMJ (cm)	37.11 ± 5.29	37.13 ± 4.03	0.494
SQ (kg)	55.12 ± 9.5	57.73 ± 8.83	0.191
HT (kg)	50.12 ± 12.02	49.77 ± 10.41	0.462
10-m (s)	1.83 ± 0.12	1.85 ± 0.07	0.229
30-m (s)	4.37 ± 0.16	4.4 ± 0.12	0.26
V-cut (s)	7.03 ± 0.28	6.96 ± 0.22	0.19
30-15IFT (km/h)	19.47 ± 0.81	20.48 ± 0.89	<0.001

CMJ: countermovement jump; **F1G:** Frequency 1 Group ; **F2G:** Frequency 2 Group; **HT:** hip thrust; **SQ:** squat; **V-Cut:** change of direction test; **10-m:** sprint test for 10-m; **30-m:** sprint test for 30-m; **30-15IFT:** 30-15 intermittent fitness test

Results are expressed as mean (standard deviation).

P-value ≤ 0.1 denote differences statistically significant (mean ± SD).



Comparative effects of two different frequencies of resistance training in an Integral Periodization approach on high intensity actions and non-contact injuries in young-trained soccer players

Journal:	<i>International Journal of Sports Physiology and Performance</i>
Manuscript ID	IJSPP.2024-0518
Manuscript Type:	Original Investigation
Date Submitted by the Author:	27-Nov-2024
Complete List of Authors:	Jiménez-Iglesias, José Castro-Piñero, José; University of Cádiz Landi-Fernández, Mario Pérez-Bey, Alejandro de la Pascua-Roca, Eduardo Gonzalo-Skok, Oliver; Universidad Loyola Andalucía, Communication and Education
Keywords:	strength training, team sports, conditioning, high intensity actions, football.

SCHOLARONE™
Manuscripts

Comparative effects of two different frequencies of resistance training in an Integral Periodization approach on high intensity actions and non-contact injuries in young-trained soccer players

Original investigation

Jose Jimenez-Iglesias^{1,2}, Jose Castro-Piñero^{1,3}, Mario Landi-Fernández^{1,2}, Alejandro Perez-Bey^{1,3}, Eduardo de la Pascua-Roca^{2,4}, Oliver Gonzalo-Skok^{5*}.

¹GALENO research group, Department of Physical Education, Faculty of Education Sciences, University of Cadiz, Puerto Real, Spain.

²Sport Science Department Cádiz C.F., Cádiz C.F., Cádiz, Spain.

³Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Cádiz, Spain.

⁴Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), University of Lleida, Spain.

⁵Universidad Loyola Andalucía, Department of Communication and Education, Sevilla, Spain.

***Corresponding author information:** Oliver Gonzalo-Skok, Universidad Loyola Andalucía, Department of Communication and Education, Sevilla, Spain; (+34) 955 64 16 00; oligons@hotmail.com/ ORCID: 000-0002-7679-2062.

Preferred running head: Resistance training frequency and injuries

Text-only word count: 3048 words

Abstract word count: 201

Number of figures: 1

Number of tables: 4

Supplementary files: 4

Abstract

Purpose: This study aimed to compare the effect of two different frequencies of an Integral Periodization (IP) resistance training (RT) program on high-intensity actions (HIA) performance and non-contact injury incidence in young-trained soccer players during an entire season.

Methods: Forty young-trained soccer players (16.6 ± 0.69 years) were randomly divided into training frequency one (F1G) (n=18) or frequency two (F2G) (n=22) groups. We evaluated HIA through counter Movement Jump (CMJ), squat (SQ), and hip-thrust (HT) progressive loading tests, 10-m and 30-m sprint tests, V-Cut test, and 30-15 Intermittent Fitness test, and non-contact injuries were also recorded. In RT sessions, both groups employed workouts to offset the load based on what was encountered on the pitch. F1G only performed one session per week, while F2G carried out two.

Results: Results showed significant improvements in all tests (ES: 0.4 to 4.35, $p < 0.01$) in F2G, while only in the CMJ, SQ, HT, and V-Cut tests (ES: 0.54-2.79, $p < 0.01$) in F1G. Between-group analysis showed significantly ($p < 0.01$) better results in favor of F1G in the SQ, HT, 10-m, 30-m sprint tests, and non-contact injury severity.

Conclusions: In conclusion, F2G showed greater HIA improvements than F1G and reduced the severity of non-contact injuries in young-trained soccer players.

Key words: strength training, team sports, conditioning, high intensity actions, football.

30 **Introduction**

31
32 Soccer is characterized by frequent high-intensity actions (HIA) such as sprints, changes
33 of direction (COD), decelerations, and jumps, which are critical for success during key
34 match moments like scoring, assists, and defensive actions.² These actions impose a
35 significant physiological demand, closely linked to lower body strength, multidirectional
36 force application, and cardiorespiratory fitness.¹ Over recent years, the increasing
37 intensity of HIA has transformed soccer into a more explosive sport, emphasizing the
38 need to optimize player performance in these actions.³

39
40 Optimal HIA performance requires high fitness levels, with resistance training (RT) being
41 game-related drills (GRD) one of the most effective methods.¹ However, traditional
42 periodization models often fail to integrate RT with GRD, potentially leading to
43 inadequate load management and increased injury risk.⁴ Recent models, such as integral
44 periodization (IP), address this gap by optimizing HIA performance and reducing overuse
45 injuries through diversified movement patterns.¹

46
47 Despite the importance of RT in improving HIA, frequency remains a critical
48 consideration. While most teams implement one to two RT sessions weekly during the
49 season and up to three in the preseason, evidence suggests that two sessions may yield
50 superior explosive performance compared to one.⁵ However, meta-analyses indicate
51 minimal performance differences between two and three weekly session days in favor of
52 two days.⁶ This debate has yet to be explored within a model like IP that aligns external
53 load and RT dynamics.

54
55 It might be interesting to determine if a single RT session per week is enough or better to
56 optimize performance and decrease non-contact injury incidence and severity compared
57 to two days of RT. Therefore, this study aimed to compare the effect of two different
58 frequencies (one vs. two sessions per week) of an IP-based RT on HIA performance and
59 non-contact injury incidence in young-trained soccer players.

60
61
62 **Methods**

63
64 **Subjects**

65
66 The study involved a total of 45 young (post-puberty, U-19), trained soccer players (16.6
67 ± 0.69 years, post-puberty) with previous RT experience (i.e., at least 2 years) belonging
68 to a professional soccer Academy (LaLiga EASports, Spanish 1st division). During the
69 intervention, players competed in their respective categories at the regional-autonomic
70 level. Data collection was conducted during the 2022/2023 season, specifically in weeks
71 3 (pretest) after two weeks of load adaptation following the off-season period and week
72 45 (posttest) of the competitive season.

73
74 Written informed consent was obtained from the players or the parents or legal guardians
75 of those under 18 years of age who were previously informed in detail about the
76 characteristics and objectives of the study. This study followed the guidelines established
77 in the Declaration of Helsinki for research on human subjects (Declaration of Helsinki
78 II). The local ethics committee approved the study (blinded for peer review).

Design

The study was conducted using a two-group quasi-experimental design. Players from two different teams (U-19 “B” and U-19 “C”) were assigned randomly to an RT frequency of two sessions per week (F2) training group (F2G, n=23) and a frequency of one session per week (F1) RT training group (F1G, n=25), both involved in an IP model. Although the initial sample was larger at the first evaluation, some participants (n=5) were excluded from the final sample for clinical and club continuity reasons. As such, the final sample was smaller (F1G, n=18, F2G, n=22). No significant differences within- or between-group were found at pre- and -post-intervention in anthropometric variables and age (supplementary material 1). All participants completed 45 microcycles throughout the season. Each microcycle included an average of 4 training days (75 minutes per session), one competitive match (90 minutes), and one (in the case of F1G) or two (in the case of F2G) weekly RT sessions (30 minutes) completing a total of 43 and 87 RT sessions, respectively, totaling 450 minutes of weekly activity in the case of F2G and 420 minutes in F1G.

To assess HIA, all participants underwent a field-based fitness testing battery. Anthropometric data were collected (height and body mass (BM)), lower body strength testing via the countermovement jump (CMJ), and progressive loading tests in squat (SQ) and hip thrust (HT) exercises. In addition, acceleration and speed tests (10-m and 30-m sprints), COD ability test (V-Cut test), and cardiorespiratory fitness test (30-15 IFT) were assessed. The number and severity of non-contact injuries were also recorded during the intervention period.

To mitigate the adverse effects of fatigue on test performance, tests were carried out on two different days, separated by a 24-hour interval. In that order, the CMJ and the progressive loading test on squat (SQ) and hip thrust (HT) exercises were performed on the first day. After the first day of testing, participants did not perform any additional activity. On the second day, anthropometric measurements, 10-m and 30-m sprint tests, the V-Cut, and the intermittent 30-15 IFT were assessed. Tests from the previous match were performed on match day (MD) -4 and MD-3, after 72 and 96 hours of recovery, respectively. Before testing, participants received a recovery session on MD+1 that included low-intensity soccer activities, nutritional strategies, physiotherapy treatment, and cryotherapy, followed by 24 hours of passive recovery on MD+2. Before testing, participants maintained their usual nutrition and hydration habits. Four familiarization sessions were conducted during the two weeks before testing (except for IFT 30-15), which consisted of performing the specific tests at low to medium intensity during the warm-up routine twice a week.

Methodology

The evaluations faced by the players followed the indications of the field-based fitness battery proposed by Jimenez-Iglesias et al.⁷ (supplementary material 2), in addition to the evaluation of non-contact injuries

Non-contact injuries control

The club's medical staff recorded all non-contact injuries during the intervention and their duration. Injuries were classified according to severity into "mild" (<7 days), "moderately severe" (8-21 days) and "severe" (>21 days).⁸ A player was considered fully recovered when he could participate in training fully and matches.⁹

Training protocol

Participants completed a four-week, 75–90 minute soccer-specific training program based on IP principles.¹ Using GRD to achieve desired results; the intervention consisted of seven six-week cycles divided into two-week blocks concentrating on a concrete fitness feature (supplementary material 3). The program avoided sudden changes and prioritized moderate load modifications throughout the competitive time, maintaining load stability, and a gradual transition from high volume and moderate intensity to lower volume and higher intensity was used.

Resistance Training Program

Participants followed the guidelines of the RT program for IP.¹ This program included two weekly sessions for the F2G and one for the F1G, performed on MD-4 and MD-3 or exclusively on MD-4, respectively. As shown in Table 1. The main characteristics of the program in accordance with training frequency are described in Table 2.

Insert table 1. about here.

Insert table 2. about here.

Statistical Analysis

Histograms were used to visually evaluate the data's normality to determine the distribution's overall shape and symmetry. After ocular confirmation of normalcy, parametric analyses were employed. Descriptive statistics are presented as percentages or mean ± standard deviation (SD). Training frequency effects (two vs. one session) were examined using paired t-tests. Pooled pre-intervention SD was used to compute effect sizes (Cohen's d), with criteria for modest (>0.2), moderate (>0.6), and large (>1.2) effects.¹⁰ Using the formula ((POST – PRE) * 100), performance variable changes (%Δ) between intervention groups were calculated.¹¹

An ANCOVA was used to compare %Δ across groups, controlling for baseline differences by including pre-intervention values as covariates. Within-group performance changes were analyzed using paired t-tests to compare post- and pre-intervention values. Injury frequency differences between groups were evaluated with a chi-square test, and injury severity differences were assessed using a t-test, considering days lost due to injury among affected players. Analyses were conducted using IBM SPSS Statistics version 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA), with a significance level 0.1 for all comparisons.

Results

Within-group analyses

Within-group analyses are presented in Table 3. The F1G group showed significant pre-post differences in CMJ, SQ, HT, and V-cut (ES: 0.59 to 2.79), but no significant differences were found in the rest of the tests. The F2G showed significant pre-post differences in the performance of all tests (ES: 0.4 to 4.35).

Insert table 3. about here.

Between-group analyses

Significant differences between groups in the baseline values were found only for the 30-15 IFT (supplementary material 4).

Results from the between-group analyses are displayed in Figure 1. There were significant differences between F1G and F2G in SQ, HT, 10-m, and 30-m in favor of F2G. Conversely, no significant between-group differences were observed for CMJ, V-Cut, and 30-15IFT. The between-group analysis of injury incidence and severity can be seen in Table 4., significant differences were found in favor of F2G regarding less severe injuries. In contrast, no differences were observed for injury incidence.

Insert figure 1. about here.

Insert table 4. about here.

Discussion

The main objective of the present study was to compare the effects of employing RT with one session/week versus two sessions/week on HIA and non-contact injuries in young-trained soccer players in an IP model during an entire season (45 microcycles). The main findings showed that after one season of intervention, a single RT session improved lower-body muscular strength through CMJ and SQ and HT progressive loading tests, and COD ability (V-Cut test), without significant improvements in linear velocity assessed through 10-m and 30-m sprint, and CRF (30-15 IFT). On the other hand, two weekly RT sessions significantly improved in all the tests evaluated. The between-group comparison showed significantly better results in SQ, HT, 10-m, and 30-m sprints in favor of the F2G. Furthermore, injury severity was significantly lower in the two RT sessions/week, showing the importance of developing a more resilient player through greater training volume.

Both groups significantly improved lower-body strength through CMJ (F1G: Δ : 8.78%, F2G: Δ : 7.79%) with small ES (0.4-0.54), SQ (F1G: Δ : 17.52%, F2G: Δ : 23.82%) and HT (F1G: Δ : 32.87%, F2G: Δ : 35.68%) with large ES (2.56-4.35). Other studies that evaluated CMJ and SQ in young-trained soccer players obtained similar results using training frequency two (CMJ, Δ : 7.2%, ES: 0.58),⁹ (SQ, Δ : 22.5%, ES:1.31).¹² On the other hand, no previous studies evaluated HT in similar samples to compare results. In addition to neural and hypertrophic factors derived from participating in an RT program,¹³ improvements in these tests may have been due to optimizing the execution technique.¹⁴ The presence in the RT program of exercises with a similar dynamic correspondence to CMJ, SQ, and HT might be a key factor, in addition to having benefited from training with loads that maximize power in the same vector as the test exercises.^{5,9} Although both groups improved, the between-group analysis showed significantly greater improvements in SQ (F1G: Δ :17.52% vs. F2G: Δ : 23.82%) and HT (F1G: Δ :32.87% vs. F2G: Δ : 35.68%) in favor of F2G. It seems that in trained subjects, a progression to higher intensities and volumes is necessary to experience a maximal increase in strength, which is difficult to achieve with only one RT session/week⁶ due to neural and tissue factors.¹³ However, no significant between-group differences were found in CMJ, maybe because a reduced volume, as occurs in the F1G, was enough to improve this test, as other studies with low volumes have shown (Δ : 8.5%, ES:0.44).¹⁵ It could be justified due to the existence of an inverted U-shaped relationship between training volume and performance increase in explosive exercises with low loads,¹⁶ possibly because lower volumes induce a lower fatigue state that allows increasing the capacity of force application per unit of time, improving performance in this type of actions.¹⁵

Only the F2G significantly improved linear velocity (10-m, Δ : -3.91s%, 30-m, Δ : -2.75s%,) with a large ES (1.25-1.86) in both tests. Our results were greater to those obtained in studies that used RT programs with F2 in similar samples (10-m, Δ : -1.25s%, ES: 0.15)⁹ (30-m, Δ : -2.4s%, ES: 0.80).¹⁷ This could be explained by the fact that we used an RT program with numerous exercises that varied horizontal and vertical planes and a bilateral and unilateral execution, in addition to presenting a highly dynamic correspondence.¹⁸ Moreover, most proposed exercises emphasize triple extension, which is directly related to linear speed performance.¹⁹ However, these studies mostly used bilateral exercises and were conducted in a single plane, which could represent a deficit in improving performance in actions such as sprinting due to a need for more specificity

in the movements.²⁰ On the other hand, only the F2G achieved significant improvements, suggesting that 2 sessions/week is optimal for strength development in trained subjects, superior to 1 and 3 sessions/week, respectively.⁶ F2, in comparison to F1, seems to be better for obtaining tissue adaptations like an increase in the proportion of myosin IIa heavy chain, which implies a direct improvement in strength levels and a consequent superior rate of force development, which is crucial for sprinting performance.^{15,19}

COD ability was improved by both groups (F1G: Δ :-3.03s%, F2G: Δ :-3.03s%) with a moderate ES (0.89-1.09). Other studies with similar samples improved more than those obtained in our study, even with F2 (COD, Δ : -5%, ES:0.52)⁵ and F1(COD, Δ : -5,7%, ES:1.22).²¹ Results obtained by Otero-Esquina et al.,⁵ could have been greater for reasons related to the timing of the intervention (post-evaluation in-season vs. post-evaluation at the end of the season) or testing at a time of the season when accumulated load is so high could explain how fatigue could have influenced the current results. On the other hand, Tous et al. (2016),²¹ used a sample, despite being the same age, were novices in RT, conversely to our players, so the improvement's magnitude in this type of program is assumed to be wider.¹³ Non-significant differences were found between groups, although other studies that compared RT F1 and F2 in similar samples significantly improved COD ability in favor of F2.⁵ It could be explained because COD is an action to which soccer players are largely exposed in competition and training³, being highly adapted to these motor patterns. It is known that when a subject is highly familiar with a gesture, his margin of motor learning and improvement concerning it is much smaller.²² As such, a greater volume would not have to induce superior improvements. Additionally, studies that focused on specific COD drills in soccer players showed that even some specific drills may fail to improve this ability, suggesting that the trainability of COD might be lower than other abilities in soccer players.²³

The F2G significantly improved CRF (Δ : 3.02km/h%) with a small ES (0.46), but not the F1G. Other studies that evaluated CRF in a soccer players population after RT programs with F2 through the 30-15 IFT (Δ : 49,6 km/h%, ES:1.39)²⁴ or other tests that evaluate this variable, such as Yo-Yo Intermittent running test (Δ : 9.54m%, ES:0.47),²⁵ obtained greater improvements than our study. This may be due to the sample characteristics. In the first study,²⁴ soccer players were 8-9 years old without experience in RT programs or high-intensity training. Hence, the margin for improvement was very high due to training experience and age.²⁶ In the second study,²⁵ soccer players evaluated were of a recreational level, so the margin of improvement of their CRF is also assumed to be higher than players of greater level.²⁶ Thus, CRF improvements may not be easy to develop when soccer players have a required level. No significant differences were observed between groups (F1G vs F2G) in this test, which is not surprising since the improvement of this variable is much more dependent on high-intensity intermittent training and GRD than on RT.²⁶ Both contents were part of pitch soccer training and remained identical.

Finally, no significant differences were observed between groups regarding the incidence of non-contact injuries. However, F1G presented significantly more severe injuries regarding days off than the F2G. Several reasons could explain this: 1) being exposed to higher training volumes can induce prophylaxis in the face of muscle injuries compared to being exposed to lower volumes;²⁷ 2) during the intervention, the F2G showed superior fitness levels compared to the F1G, likely due to the specific features of its RT program. These higher fitness levels, particularly in strength, protect against damage and non-contact muscle injuries.²⁸ These factors may have mitigated the injuries' severity, and 3)

higher training frequency can lead to better motor learning rates,²⁹ allowing the player to avoid overuse injuries through increasing functional movement variability.³⁰

Some limitations are presented in the current study. The most important is the absence of a control group to compare with the intervention groups and the need for objective external load monitoring using GPS or comparable devices. Positively, the study's primary strength is its thorough design, which covers 45 microcycles, an entire season, in a professional soccer training setting.

Practical applications

The results of this study may be useful for sports scientists and strength and conditioning coaches to organize RT to improve HIA and reduce the number and severity of non-contact injuries. Based on our results, it seems logical to be respectful with the design of RT sessions about the mechanical load that the soccer player experiences in his work on the pitch through GRD, avoiding an iatrogenic effect when applying a load on specific structures using IP. In this model, the F2 seems superior in improving HIA and reducing the severity of injuries, so it could be interesting to implement this frequency of RT in the microcycle.

Conclusions

In conclusion, a full season (45 microcycles) of IP with an F2 RT program appeared to have beneficial impacts on HIA improvements, such as lower-body strength, acceleration and maximum speed, COD ability, and endurance performance. Furthermore, the results of this study suggest that the IP with two RT sessions per week seems to be much superior in improving HIA and reducing the severity of non-contact injuries than an F1 in young-trained soccer players. These results might affect how training plans are run to improve soccer players' performance and lower their risk of non-contact injuries.

Acknowledgments

We want to thank all the participating players and the staff of Cádiz C.F. for their participation. Also, thank the club leaders for allowing us to access the sample and the use of its sports facilities.

References

1. Jiménez-Iglesias J, Campos-Vázquez MÁ. *Periodización Integral Un Modelo Holístico Para El Fútbol Actual: De La Sala al Campo*. 1st ed. Amazon; 2024.
2. Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sport Sciences*. 2012;30(7):625-631. doi:10.1080/02640414.2012.665940
3. Filter A, Santos T Dos, Madruga M, et al. High-intensity Actions in Elite Soccer : Current Status and Future Perspectives What are High-intensity Actions ? Published online 2023:1-10. doi:10.1055/a-2013-1661
4. Buchheit M, Douchet T, Settembre M, Mchugh D, Hader K, Verheijen R. Microcycle Periodization in Elite Football The 11 Evidence-Informed and Inferred Principles of Microcycle Periodization in Elite Football. Published online March 2024.
5. Otero-Esquina C, de Hoyo Lora M, Gonzalo-Skok Ó, Domínguez-Cobo S, Sánchez H. Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *Eur J Sport Sci*. 2017;17(10):1241-1251. doi:10.1080/17461391.2017.1378372
6. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res*. 2004;18(2):377-382. doi:10.1519/R-12842.1
7. Jimenez-Iglesias J, Gonzalo-Skok O, Landi-Fernández M, Perez-Bey A, Castro-Piñero J. Age-Related Differences and Reliability of a Field-Based Fitness Test Battery in Young Trained Footballers: The Role of Biological Age. *Life*. 2024;14(11):1448. doi:10.3390/life14111448
8. Van Mechelen W. *The Severity of Sports Injuries*. Vol 24.; 1997.
9. de Hoyo M, Sañudo B, Carrasco L, et al. Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *J Sports Sci*. 2016;34(14):1380-1387. doi:10.1080/02640414.2016.1157624
10. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3-12. doi:10.1249/MSS.0b013e31818cb278
11. Ghasemi A, Zahediasl S. Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. *Int J Endocrinol Metab*. 2012;10(2):486-489. doi:10.5812/ijem.3505
12. González-Badillo JJ, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Abad-Herencia JL, Del Ojo-López JJ, Sánchez-Medina L. Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *J Strength Cond Res*. 2015;29(5):1329-1338. doi:10.1519/JSC.0000000000000764
13. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*. 2018;48(4):765-785. doi:10.1007/s40279-018-0862-z
14. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(8):1566-1581. doi:10.1249/MSS.0b013e3181cf818d
15. Galiano C, Pareja-Blanco F, Hidalgo de Mora J, Sáez de Villarreal E. Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *J Strength Cond Res*. Published online January 2020. doi:10.1519/JSC.00000000000003487
16. González-Badillo J, Izquierdo M, Gorostiaga E. Moderate Volume of High Relative Training Intensity Produces Greater Strength Gains Compared With Low

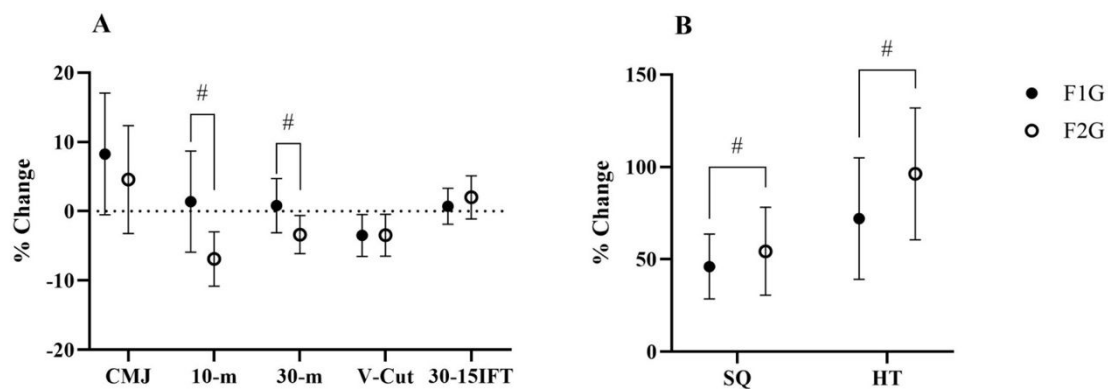
- and High Volumes in Competitive Weightlifters. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2006;20:73-81. doi:10.1519/R-16284.1
17. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13:244-250. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x
18. Verkhoshansky Y, Siff M. *Supertaining*. 6th ed. Verkhoshansky; 2009.
19. Dos Santos T, Jones P. *Multidirectional Speed in Sport*. 1st ed. (Dos Santos T, Jones P, eds.). Routledge; 2023.
20. Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(2):74-83. doi:10.1123/ijsp.1.2.74
21. Tous-Fajardo J, Gonzalo-Skok O, Arjol-Serrano JL, Tesch P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(1):66-73. doi:10.1123/ijsp.2015-0010
22. Fernández-Valdés B, Jones B, Hendricks S, et al. A novel application of entropy analysis for assessing changes in movement variability during cumulative tackles in young elite rugby league players. *Biol Sport*. 2023;40(1):161-170. doi:10.5114/biol sport.2023.112965
23. Rodríguez-Osorio D, Gonzalo-Skok O, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Osorio D, Gonzalo-Skok O, Pareja-Blanco F. Effects of Resisted Sprints With Changes of Direction Through Several Relative Loads on Physical Performance in Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(8):1022-1028. doi:10.1123/ijsp.2018-0702
24. Ferrete C, Requena B, Suarez-Arrones L, De Villarreal ES. Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(2):413-422. doi:10.1519/JSC.0b013e31829b2222
25. Karsten B, Larumb-Zabala E, Kandemir G, Hazir T, Klose A, Naclerio F. The effects of a 6-week strength training on critical velocity, anaerobic running distance, 30-M sprint and Yo-Yo intermittent running test performances in male soccer players. *PLoS One*. 2016;11(3). doi:10.1371/journal.pone.0151448
26. Buchheit M, Laursen PB. *Science and Application of High-Intensity Interval Training: Solutions to Programming the Puzzle*. (Buchheit M, Laursen PB, eds.). Human Kinetics; 2019.
27. Gabbett TJ. Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners. *Br J Sports Med*. 2020;54(1):58-66. doi:10.1136/bjsports-2018-099784
28. Knapik JJ. The importance of physical fitness for injury prevention: part 1. *J Spec Oper Med*. 2015;15(1):123—127. <http://europepmc.org/abstract/MED/25770810>
29. Shea CH, Lai Q, Black C, Park JH. Spacing practice sessions across days benefits the learning of motor skills. *Hum Mov Sci*. 2000;19(5):737-760. doi:https://doi.org/10.1016/S0167-9457(00)00021-X
30. Nordin AD, Dufek JS. Reviewing the Variability-Overuse Injury Hypothesis: Does Movement Variability Relate to Landing Injuries? *Res Q Exerc Sport*. 2019;90(2):190-205. doi:10.1080/02701367.2019.1576837

Figure Legends.

Figure 1. Percentage of change in test performance Pre-Post between groups. A: percentage of change, between-group analyses in CMJ, 10-m, 30-m sprint test, V-Cut and 30-15 IFT; B: percentage of change, between-group analyses in progressive loading test in SQ and HT.

For Peer Review

Figure 1. Percentage of change in test performance Pre-Post between groups. A: percentage of change, between-group analyses in CMJ, 10-m, 30-m sprint test, V-Cut and 30-15 IFT; B: percentage of change, between-group analyses in progressive loading test in SQ and HT.



CMJ: countermovement jump; **HT:** hip thrust; **IPG:** Integral Periodization Group; **SQ:** squat; **TPG:** Traditional Periodization Group; **V-Cut:** change of direction test; **10-m:** sprint test for 10 m; **30-m:** sprint test for 30 m; **30-15IFT:** 30-15 intermittent fitness test.

Table 1. Compensatory features between Game-related drills and resistance training sessions (2024).

	W1.	W2.	W3.	W4.	W5.	W6.
	<i>Two sessions model</i>					
	LGRD-MA		MGRD-LA		SGRD-SA	
Predominant GRD	PM: without priority movements LF: balanced load		PM: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings		PM: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf	
RTS	S1: high-speed acceleration (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings		S1: mixed-multidirectional (MD-4) TE: changes of direction of different angles LF: balanced load		S1: high-speed acceleration (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings	
	S2: accelerative-decelerative (MD-3) TE: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf		S2: accelerative-decelerative (MD-3) TE: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf		S2: mixed-multidirectional (MD-3) TE: changes of direction of different angles LF: balanced load	
	W1.	W2.	W3.	W4.	W5.	W6.
	<i>One session (mixed) model</i>					
	LGRD-MA		MGRD-LA		SGRD-SA	
Predominant GRD	PM: without priority movements LF: balanced load		PM: accelerations with high pelvis (rolling accelerations) and top speed mechanics LF: hamstrings		PM: accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: gluteus, quadriceps and calf	
RTS	S1: high-speed acceleration+ accelerative-decelerative (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations), top speed mechanics, accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations LF: hamstrings, gluteus, quadriceps and calf		S1: mixed-multidirectional+ accelerative-decelerative (MD-4) TE: changes of direction of different angles, accelerations with low pelvis (explosive accelerations) and decelerations. LF: gluteus, quadriceps and calf		S1: high-speed acceleration+ mixed-multidirectional (MD-4) TE: accelerations with high pelvis (rolling accelerations), top speed mechanics and changes of direction of different angles LF: hamstrings	

GRD: Game-Related Drills; **LA:** Large Areas; **LF:** Load Focus; **LGRD:** Large Game-Related Drills; **MA:** Medium Areas; **MGRD:** Medium Game-Related Drills; **RTS:** Resistance-Training Sessions; **SA:** Small Areas; **SGRD:** Small Game-Related Drills; **S1:** Session 1; **S2:** Session 2; **TE:** Type of Exercises; **PM:** Priority Movement; **W:** Week.

Table 2. Characteristics of resistance training program in accordance to training frequency.

	exercises	series	repetition s	rest	intensity	total sessions
RTS-F2G	Executed in an explosive manner, the program includes two fundamental exercises (Squat and Hip-Thrust with individualized optimal power load*) along with 3-4 main exercises . These exercises are selected based on the movements required for the specific soccer training cycle, which allows for great motor variability between sessions.	2-3	4-10	3 min between sets	Moderate-light level of effort	90
RTS-F1G	Executed in an explosive manner, the program includes two fundamental exercises (Squat and Hip-Thrust with individualized optimal power load*) along with 4-5 main exercises . These exercises are selected based on the movements required for the specific soccer training cycle, which allows for great motor variability between sessions.	2-3	4-10	3 min between sets	Moderate-light level of effort	45
Increase of intensity	Exercises complexity, including unilateral progressions, perturbations and cognitive distractions, progressively increased during the intervention. Every 8 weeks, the loads of basic exercises, such as the Squat and Hip-Thrust, were reprogrammed. Loads were increased between sessions as long as the player showed good technique and explosiveness in their performance.					

RTS: Resistance-Training Sessions

*Bar velocity of 1m/s

Table 3. Within-group differences in the frequency one (F1G) and two (F2G) training groups.

	Variable	Pre-test	Post-test	Difference (90% CI)	p-value	D-cohen ^a	
F1G (n=18)	CMJ (cm)	37.11 ± 5.29	39.99 ± 5.23	2.88 (1.74; 4.03)	<0.001	0.54	Small
	SQ (kg)	55.12 ± 9.5	79.61 ± 9.29	24.29 (21.17; 27.42)	<0.001	2.56	Large
	HT (kg)	50.12 ± 12.02	83 ± 13.92	33.53 (28.55; 38.5)	<0.001	2.79	Large
	10-m (s)	1.83 ± 0.12	1.85 ± 0.09	0.02 (-0.04; 0.07)	0.265	-	-
	30-m (s)	4.37 ± 0.16	4.4 ± 0.15	0.03 (-0.04; 0.1)	0.221	-	-
	V-Cut (s)	7.03 ± 0.28	6.78 ± 0.26	-0.25 (-0.34; -0.16)	<0.001	0.89	Moderate
	30-15IFT (km/h)	19.47 ± 0.81	19.61 ± 0.93	0.14 (-0.07; 0.35)	0.131	-	-
F2G (n=22)	CMJ (cm)	37.13 ± 4.03	38.75 ± 4.52	1.62 (0.5; 2.73)	0.011	0.4	Small
	SQ (kg)	57.73 ± 8.83	87.86 ± 9.94	30.14 (26.2; 34.07)	<0.001	3.41	Large
	HT (kg)	49.77 ± 10.41	95.09 ± 12.78	45.32 (40.74; 49.9)	<0.001	4.35	Large
	10-m (s)	1.85 ± 0.07	1.72 ± 0.07	-0.13 (-0.16; -0.10)	<0.001	1.86	Large
	30-m (s)	4.4 ± 0.12	4.25 ± 0.15	-0.15 (-0.19; -0.1)	<0.001	1.25	Large
	V-Cut (s)	6.96 ± 0.22	6.72 ± 0.21	-0.24 (-0.32; -0.17)	<0.001	1.09	Moderate
	30-15IFT (km/h)	20.48 ± 0.89	20.89 ± 1.07	0.41(0.18; 0.64)	0.003	0.46	Small

CMJ: countermovement jump; **F1G:** Frequency Group 1; **F2G:** Frequency Group 2; **HT:** hip thrust; **SQ:** squat; **V-Cut:** change of direction test; **10-m:** sprint test for 10-m; **30-m:** sprint test for 30-m; **30-15IFT:** 30-15 intermittent fitness test
 Results are expressed as mean (standard deviation).
 P-value ≤ 0.1 denote differences statistically significant.
 (mean ± SD)

Table 4. Incidence and severity of injuries comparing Frequency 1 Group and Frequency 2 Group.

	Total players (n)	Injuries (n)	p-value	Severity of injury (days)	p-value
F1G	18	6	0.436*	21.50 ± 8.78	0.049#
F2G	22	10		14.5 ± 6.91	

F1G: Frequency 1 Group; **F2G:** Frequency 2 Group.
P-value ≤ 0.05 denote differences statistically significant.
*Values obtained from chi-square analysis.
#Values obtained from t-test.

Supplementary material 1. Comparison of -pre and -post intervention descriptive variables within and between groups.

Variable		F1G	F2G	p-value#
Age (y)	Pre-test	16.76 ± 0.92	16.5 ± 0.4	0.139
	Post-test	17.47 ± 0.92	17.17 ± 0.4	0.109
	p-value*	0.004	<0.001	
Height (cm)	Pre-test	178.45 ± 7.5	173.5 ± 6.9	0.018
	Post-test	179.14 ± 7.2	173.69 ± 6.84	0.01
	p-value*	<0.001	0.035	
Weight (kg)	Pre-test	72.06 ± 6.41	65.35 ± 7.51	0.002
	Post-test	72.26 ± 6.03	68.54 ± 7.41	0.048
	p-value*	0.338	<0.001	

F1G: Frequency 1 Group, **F2G:** Frequency 2 Group,
 Results are expressed as mean (standard deviation).
 P-value ≤ 0.1 denote differences statistically significant
 *Denote within-group analyses
 #Denote between-group analyses
 (mean ± SD).

Supplementary material 2. Methodology.

Participants completed a 15-minute warm-up routine before testing, consisting of a 5-minute low-intensity run, followed by dynamic stretching of the lower extremities for 2-3 minutes and explosive actions in different vectors, including four progressive 20-m accelerations and six progressive CMJ. Subsequently, three minutes of passive recovery were given before testing.

Participants had a 5-minute recovery period between each test, while between repetitions, they were given 3 minutes of rest. The technical staff monitored the correct development of tests by providing standardized [2] verbal encouragement to participants during the execution of the tests.

Anthropometric measurements and PHV

The height of the players was measured using a stadiometer (SECA 217, Hamburg, Germany) with an accuracy of 0.01 cm. Participants were barefoot, standing, and their heads aligned on the Frankfurt plane [3]. Body mass was determined using a bioimpedance scale (H-BIA, Omrom, model 306C, Hoffman Estates, IL, USA) with an accuracy of 0.1 kg. Measurements were performed with participants barefoot and in anatomical position [3]. Each measurement was taken twice, and the mean was retained for analysis [4].

Lower body strength

CMJ: Players started upright, with feet hip-width apart and hands at the waist to avoid using the arms as momentum on the jumping platform (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, Spain). Following a countdown of 3-2-1, the player had to descend to an individually selected depth and then perform a jump as high as possible, landing with both feet vertically on the platform. In case of becoming unbalanced upon landing, the jump was considered void [5]. A total of 5 maximum jumps were performed, discarding both the best and the worst, and the average of the remaining three jumps was calculated in cm for the analysis [6].

Progressive loading test in SQ and HT: The test was performed using a Smith machine (Technogym S.p.A, Italy) to perform SQ with progressive loading [6]. The player descended until the thigh was below the horizontal and ascended as fast as possible without jumping, allowing plantar flexion. The eccentric phase was performed at a controlled speed ($\approx 0.50\text{--}0.70$ m/s), and the concentric phase was performed as fast as possible, without pauses in between.

The warm-up included a set of 8 repetitions with 20 kg, starting with 40 kg and increasing 10 kg in each set until completing four loads. Three repetitions were performed for light loads (>1.14 m/s) and two for moderate loads (<1.14 m/s), with breaks of 3 to 4 minutes. A linear encoder (Vitruve, Madrid, Spain) measured the bar velocity [7], and the load at a speed of $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ was estimated by quadratic regression [8] using Microsoft Excel (Microsoft, Redmon, WA, USA), obtaining R^2 values greater than 0.9, which indicate high precision [9].

The HT protocol [10] was performed with the player resting his upper back on a bench, feet shoulder-width apart and slightly turned outward. The bar was placed over the hips, and the player was instructed to push it upward in the concentric phase as fast as possible, keeping the pelvis and spine aligned in a neutral position. This test was performed similarly to the SQ protocol in the other aspects of the test.

These three tests were performed with appropriate footwear on the technical floor in a gym.

Acceleration and speed

The test was conducted using appropriate footwear on a soccer field with artificial turf. Acceleration capacity was assessed by a 10-m sprint from a static position, and maximum velocity was measured with a 30-m sprint [11–13]. For the measurement, three single-beam timing gate units (Witty, MICROGATE, Bolzano, Italy) were placed at 0.75 m high and facing each other at 1.5 m, at the starting line, at 10 m, and at 30-m. Players started the race 0.5 m from the first single-beam timing gate unit. Two repetitions of sprints were performed, and the best time of each leg was recorded for analysis, with an accuracy of 0.01 s for each measurement [12].

Change of direction Ability

Using appropriate footwear, the test was performed on a soccer field with artificial turf. Its objective was to evaluate the players' ability to COD. For the test, two single-beam timing systems (Witty System, MICROGATE, Bolzano, Italy) were positioned at the start and end of the course, 0.75 m high and spaced 1.5-m apart. The players began the test 0.5 m behind the starting gate. Following the guidelines of Gonzalo-Skok et al. (2015), players completed a 25 sprint that included four 45° turns every 5 m. The attempt was valid when one of the feet had to pass entirely over the line between the cones, separated by 0.7 m at each turn; otherwise, the attempt was discarded. Each player made two attempts, and the best time recorded (0.01s accuracy) was used for subsequent analysis.

Cardiorespiratory fitness

The test was performed on a soccer field with artificial turf, and the players wore appropriate footwear. CRF was assessed using the 30-15IFT [15]. All players on each team performed the test at the same time. The protocol consisted of back-and-forth sprints for 30 s, followed by 15 s of recovery. The initial speed was 8 km/h, increasing 0.5 km/h every 30 s. Players ran between two lines 40 m apart, guided by an audio cue, while the test area was marked with cones and a tape measure. The audio track from the 30-15IFT App (Paris, France) was played through a loudspeaker, which helped players adjust their speed within the 3-m zone at the center and end of the test area. During the 15 s recovery period, players walked to the nearest line, either the center or the ends, and prepared for the next phase. The test ended when the player failed to maintain the required pace or failed to reach the 3-m zone on three consecutive occasions. The maximum velocity attained (VIFT) at the end of the test was recorded.

Supplementary material 3. Main characteristics of football specific training cycle according to Integral Periodization. Adapted from Jiménez and Campos (2024).

Game-Related Drills (GRD) formats	W 1.	W 2.	W 3.	W 4.	W 5.	W 6.
	<i>GRD presence in the cycle</i>					
Large-GRD in Medium Areas Groups*: 8x8-10x10 RA:100-200m ² LF: pace (neutral)	Priority dominance (50%)		Minority dominance (15%)		Medium dominance (35%)	
Medium-GRD in Big Areas Groups*: 5x5-7x7 RA:150-250m ² LF: HSR and Sprint	Medium dominance (35%)		Priority dominance (50%)		Minority dominance (15%)	
Small-GRD in Small Areas Groups*: 3x3-4x4 RA:40-80m ² LF: acc and dec	Minority dominance (15%)		Medium dominance (35%)		Priority dominance (50%)	

Acc: Accelerations; **Dec:** Decelerations; **HSR:** High Sprint running; **LF:** Load Focus; **RA:** Relative Area; **W:** Week.

*Excluding goalkeepers.

Supplementary material 4. Comparison of test performance baseline values between Frequency 1 Group and Frequency 2 Group.

Variable	F1G	F2G	p-value
	(N=18)	(N=22)	
CMJ (cm)	37.11 ± 5.29	37.13 ± 4.03	0.494
SQ (kg)	55.12 ± 9.5	57.73 ± 8.83	0.191
HT (kg)	50.12 ± 12.02	49.77 ± 10.41	0.462
10-m (s)	1.83 ± 0.12	1.85 ± 0.07	0.229
30-m (s)	4.37 ± 0.16	4.4 ± 0.12	0.26
V-cut (s)	7.03 ± 0.28	6.96 ± 0.22	0.19
30-15IFT (km/h)	19.47 ± 0.81	20.48 ± 0.89	<0.001

CMJ: countermovement jump; **F1G:** Frequency 1 Group ; **F2G:** Frequency 2 Group; **HT:** hip thrust; **SQ:** squat; **V-Cut:** change of direction test; **10-m:** sprint test for 10-m; **30-m:** sprint test for 30-m; **30-15IFT:** 30-15 intermittent fitness test

Results are expressed as mean (standard deviation).

P-value ≤ 0.1 denote differences statistically significant (mean ± SD).

Departamento de Didáctica de la Educación Física, Plástica y Musical

Facultad de Ciencias de la Educación Universidad de Cádiz

