

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

Universidad Miguel Hernández de Elche



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

## PROGRAMAS DE EJERCICIOS DE ESTABILIDAD DEL TRONCO PARA LA PREVENCIÓN DE LESIONES DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN FUTBOLISTAS DE CATEGORÍA INFANTIL

Alumno: Lázaro Medina Bellot.

Tutores académicos: Francisco José Vera García y Víctor Moreno Pérez.

Curso académico: 2023-2024.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>MÉTODO</b> .....	6
<b>Participantes</b> .....	6
<b>Diseño del estudio</b> .....	7
<b>Evaluación pre- y post-intervención</b> .....	8
<b>Intervención</b> .....	10
<b>Análisis estadístico</b> .....	13
<b>REFERENCIAS</b> .....	14



## **RESUMEN**

En el fútbol existe una alta incidencia de lesiones, siendo particularmente severas las relacionadas con el ligamento cruzado anterior (LCA). Aunque se recomienda utilizar programas de entrenamiento específicos para cada deporte con el fin de optimizar el rendimiento, los estudios que analizan los efectos del entrenamiento de la estabilidad del tronco con altos niveles de especificidad deportiva sobre el rendimiento atlético son insuficientes y poco claros. El objetivo de este Trabajo Fin de Máster fue comparar el efecto de un programa convencional de ejercicios de estabilidad del tronco realizados en suelo y un programa de ejercicios de estabilidad del tronco realizados en apoyo monopodal, para prevenir lesiones de LCA en jugadores de fútbol de categoría infantil. Participaron 32 jugadores infantiles, asignados aleatoriamente a tres grupos: i) grupo de estabilidad del tronco en apoyo monopodal (n=11), el cual realizó ejercicios basados en el ejercicio conocido como "el avión"; ii) grupo de estabilidad del tronco en suelo (n=12), el cual realizó ejercicios convencionales como las puentes y el bird-dog; y iii) grupo control (n=8), el cual realizó ejercicios convencionales de fuerza del tren inferior y superior. La intervención, de 5 semanas de duración, consistió en dos sesiones semanales de entrenamiento añadidas al entrenamiento habitual de fútbol. Antes y después de la intervención se evaluaron variables cinemáticas de la recepción del salto (Landing Error Scoring System) y la maniobrabilidad en cambios de dirección (Cutting Movement Assessment Scale) como parámetros asociados al riesgo de lesión de LCA, así como la estabilidad del tronco mediante dos test de control postural lumbopélvico, uno basado en la plancha frontal y otro en el bird-dog.

**Palabras clave:** Biomecánica, entrenamiento, core, mecanismo de lesión, miembro inferior, readaptación funcional, jóvenes, especificidad.

## **INTRODUCCIÓN**

El fútbol es ampliamente reconocido como el deporte más popular a nivel mundial, con una considerable base de aficionados que alcanza aproximadamente los 240 millones de personas, y alrededor de 200,000 deportistas que lo practican de manera profesional (Arliani et al., 2017). El fútbol se caracteriza por implicar movimientos rápidos y explosivos, como aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección y saltos, lo que conlleva un alto grado de contacto físico entre los jugadores y, por ende, un riesgo considerable de sufrir lesiones (Arliani et al., 2017). Según una investigación reciente que examinó las lesiones en el fútbol mediante un metaanálisis (López-Valenciano et al., 2020), este deporte presenta una elevada tasa de lesiones, con 8,1 lesiones por cada 1000 horas de exposición, siendo más frecuentes durante los partidos (36 lesiones por cada 1000 horas de exposición) que durante los entrenamientos (3,7 lesiones por cada 1000 horas de exposición). Este estudio también reveló que las lesiones más comunes suelen ser traumáticas y afectan principalmente a las extremidades inferiores (6,8 lesiones por cada 1000 horas de exposición), especialmente a los músculos y tendones (4,6 lesiones por cada 1000 horas de exposición), siendo en su mayoría de carácter leve (3,1 por cada 1000 horas de exposición), con una recuperación que oscila entre 1 y 3 días (López-Valenciano et al., 2020). Además, otros estudios han indicado que aproximadamente el 86% de las lesiones en el fútbol se producen como resultado del contacto con otro jugador, sugiriendo así que el contacto físico es un factor crucial en el riesgo de lesión (Junge et al., 2004), y que la probabilidad de sufrir lesiones tiende a aumentar en el tramo intermedio del partido (minutos 61-75) y a disminuir en los últimos 15 minutos (minutos 76-90) (Noya Salces et al., 2012).

Las lesiones en el fútbol tienen una variedad de factores causales, que incluyen tanto elementos internos como externos. Entre los factores intrínsecos se encuentran la edad, el peso, la altura, la composición corporal, el estado físico, lesiones previas y una readaptación inadecuada (Alentorn-Geli et al., 2009; Llana Belloch et al., 2010). Los factores extrínsecos, por otro lado, están relacionados con aspectos como la metodología de entrenamiento, el equipamiento utilizado, las condiciones del partido, el momento de la temporada, la superficie del campo y las condiciones climáticas (Llana Belloch et al., 2010; Noya Salces et al., 2012). Entre los aspectos de la condición física que pueden contribuir a las lesiones en futbolistas se encuentran los déficits en la estabilidad del

tronco ante las fuerzas internas y externas a las que son sometidos (ej.: durante un cambio de dirección, al desacelerar bruscamente, al chocar con un contrario, etc.) (Vera-García et al., 2015; Zazulak et al., 2007). Asimismo, Hughes et al. (2014) consideran que la falta de fuerza de los músculos isquiotibiales e inclinadores del tronco son factores de riesgo asociados a la aparición de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA). Dado que la parte superior del cuerpo representa la mayor parte del peso corporal, un control deficiente de los movimientos y la postura del tronco durante acciones como giros o cambios de dirección puede aumentar el riesgo de lesiones en la rodilla (Zazulak et al., 2008). En este sentido, algunos estudios han vinculado el desplazamiento incontrolado del tronco hacia la pierna de apoyo con lesiones del LCA (Figura 1), debido al aumento repentino de movimiento en la rodilla en los planos frontal y transversal (Zazulak et al., 2007). La estabilidad del tronco se ha identificado como crucial para optimizar la producción de fuerza y reducir el estrés articular en gestos deportivos, lo que parece estar relacionado tanto con la prevención de lesiones como con el rendimiento deportivo (Kibler et al., 2006; Vera-García et al., 2015).



**Figura 1.** Imagen de elaboración propia para mostrar algunos de los mecanismos de lesión de ligamento cruzado anterior más habituales.

Dada la relación de la estabilidad del tronco con la prevención de lesiones y el rendimiento deportivo, los programas de entrenamiento de futbolistas suelen incluir ejercicios para mejorar esta cualidad (Akif Afyon, 2014; Amateur Athletic Foundation of Los Angeles et al., 1995; Cometti, 2019; Doganay et al., 2020; Hoshikawa et al., 2013; Imai et al., 2014; Price, 2012; Prieske et al., 2016). Entre los ejercicios más utilizados destacan las *planchas* o *puentes* y el *bird-dog* (Akif Afyon, 2014; Amateur Athletic Foundation of Los Angeles et al., 1995; Cometti, 2019; Doganay et al., 2020; Hoshikawa et al., 2013; Imai et al., 2014; Price, 2012; Prieske et al., 2016), ejercicios habituales en programas genéricos de fitness y en otros deportes (Sasaki et al., 2019) que retan la capacidad de los deportistas para mantener la columna en posición neutra mientras mantienen la pelvis elevada del suelo, mueven alguna extremidad, se apoyan en superficies inestables (ej.: balones suizos, balones hemiesféricos, etc.), etc. (De Los Ríos-Calonge et al., 2024; Heredia-Elvar et al., 2021, 2023). A pesar de que el trabajo genérico de suelo puede tener efectos positivos en el futbolista, los ejercicios referidos retan la estabilidad del tronco en situaciones poco ecológicas, es decir, en decúbito prono, supino y lateral y en cuadrupedia, principalmente. Este tipo de trabajo no refleja las demandas de estabilidad del tronco de los futbolistas, los cuales deben estabilizar el tronco al realizar cambios de dirección, caer tras un salto, chocar con un rival o un compañero, etc., tareas que están muy alejadas de las realizadas en los programas de entrenamiento de tronco convencionales. En este sentido, considerando la especificidad de los test y del entrenamiento de la estabilidad del tronco (Barbado et al., 2016; De Los Ríos-Calonge et al., 2024), el desarrollo de esta cualidad en ejercicios de suelo podría producir mejoras en este tipo de tareas, pero quizá no en las acciones propias del futbolista.

Considerando todo lo comentado en el párrafo anterior, Brull-Muria y Beltran-Garrido (2021) realizaron un estudio experimental en futbolistas donde compararon los efectos de un programa convencional de ejercicios de tronco y un programa de ejercicios más funcionales (i.e., ejecutados en posición de pie, con patrones específicos de movimiento realizados en los tres planos, a máxima velocidad, con componente antirrotacional y principalmente unilaterales). Según los resultados del estudio, el programa de ejercicios funcionales no produjo efectos significativamente diferentes al programa de ejercicios convencionales en una prueba de velocidad y otra de cambio de dirección. Para nuestro conocimiento, este es el único trabajo de estas características que existe en la literatura científica y, además, presenta importantes limitaciones metodológicas, como la ausencia de un grupo control. Por todo ello, es necesario realizar

nuevos estudios que comparen los efectos de la realización tanto de ejercicios convencionales como de ejercicios funcionales de estabilidad del tronco en futbolistas, lo que permitirá el desarrollo de criterios para el diseño de ejercicios y programas de estabilidad de tronco específicos para esta población.

Partiendo del estado actual de la literatura científica, el objetivo de este Trabajo Fin de Máster fue comparar el efecto de un programa convencional de ejercicios de estabilidad del tronco realizados en suelo y un programa de ejercicios de estabilidad del tronco realizados en apoyo monopodal [basados en el ejercicio conocido como *avión* o *aeroplano* (Cochrane et al., 2017; Medina, 2023)] en jugadores de fútbol de categoría infantil. Antes y después del periodo de intervención, se midió: i) la estabilidad del tronco, mediante dos test de control postural lumbopélvico, uno basado en la plancha frontal y otro en el bird-dog (De Los Ríos-Calonge et al., 2024; Heredia-Elvar et al., 2023), y ii) el riesgo de lesión de LCA utilizando variables cinemáticas y de rendimiento obtenidas en un test de salto [Landing Error Scoring System (LESS)] y otro de cambio de dirección [Cutting Movement Assessment Scale (CMAS)] (Dos'Santos et al., 2019; Padua et al., 2009, 2015).

## **MÉTODO**

### **Participantes**

En el estudio participó una muestra voluntaria de 31 futbolistas masculinos (edad:  $12,8 \pm 0,7$  años, masa:  $46,7 \pm 10,1$  kg, altura:  $156 \pm 9,4$  cm). Los futbolistas pertenecían a dos equipos de la liga infantil de segunda regional de Alicante (España). Se recogió el historial médico auto-reportado por los participantes en el último año, siendo el esguince de tobillo la lesión más frecuente entre los jugadores. Los jugadores fueron informados previamente sobre los riesgos y beneficios del estudio antes de proporcionar su consentimiento informado. Los criterios de inclusión fueron: i) tener entre 12 y 14 años; ii) no participar en un entrenamiento regular de ejercicios focalizados en tronco; iii) no tener ninguna lesión que pudiera impedir la intervención; iv) asistir a un mínimo de 8 sesiones de entrenamiento; y v) estar presentes en las evaluaciones pre- y post-intervención.

El estudio se llevó a cabo siguiendo estrictamente las directrices de la Declaración de Helsinki y el comité de ética de la universidad (code: DCD.CJR.230630), para asegurar el cumplimiento de los principios éticos en la investigación con seres humanos. Estas directrices proporcionan un marco ético que garantiza la protección de los participantes en la investigación médica. Dado que los jugadores eran menores de edad, se obtuvo el consentimiento informado de sus padres o tutores legales, asegurando que comprendieran plenamente los riesgos y beneficios potenciales del estudio. Además, se obtuvo el asentimiento de los propios jugadores, garantizando así su comprensión y compromiso con los procedimientos y objetivos del estudio. Este enfoque dual de consentimiento y asentimiento asegura que tanto los participantes como sus familias estaban completamente informados y de acuerdo con su participación en la investigación.

### **Diseño del estudio**

Este estudio adoptó un diseño experimental con el objetivo de determinar los efectos de dos programas de ejercicios de estabilidad del tronco en futbolistas, uno basado en ejercicios de suelo y otro en ejercicios realizados en apoyo monopodal. La muestra de futbolistas se dividió en 3 grupos de forma aleatoria (Tabla 1): *grupo de ejercicios específicos* (Grupo E), compuesto por 11 futbolistas que realizaron ejercicios de estabilidad del tronco realizados en apoyo monopodal; *grupo de ejercicios en suelo* (Grupo S), compuesto por 12 futbolistas que realizaron ejercicios convencionales de estabilidad del tronco realizados en suelo; y *grupo control* (Grupo C), compuesto por 8 futbolistas que no realizaron ejercicios de tronco durante el estudio, si no ejercicios de fuerza general.

**Tabla 1.** Características de los participantes

<b>Características</b>	<b>Grupo E (n = 11)</b>	<b>Grupo S (n = 12)</b>	<b>Grupo C (n = 8)</b>
Edad (años)	12,4 ± 0,5	12,8 ± 0,7	13,4 ± 0,7
Masa (kg)	45,2 ± 10,9	46,8 ± 10,4	48,9 ± 9,2
Altura (cm)	153 ± 9,5	156,3 ± 10	158 ± 8,6

Grupo E: grupo de ejercicios específicos en apoyo monopodal; Grupo S: grupo de ejercicios en suelo; Grupo C: grupo control.



### **Evaluación pre- y post-intervención**

Antes y después del periodo de intervención, se llevaron a cabo diversas pruebas para evaluar los efectos de los programas de entrenamiento. Durante los test previos a la intervención se realizaron 2 intentos donde se cogió la media de ambos. En la medidas post-intervención se analizó un solo intento válido de cada uno de los mismos. Estas pruebas incluyeron variables cinemáticas, utilizando la prueba LESS y la prueba CMAS para evaluar la calidad del movimiento en el aterrizaje de un salto, la desaceleración y el cambio de dirección de un sprint (Dos'Santos et al., 2019; Padua et al., 2009, 2015). También se midieron variables de rendimiento, como el tiempo de rendimiento de la prueba durante el cambio de dirección. Además, se utilizaron dos test de control postural lumbopélvico, uno basado en el ejercicio de puente frontal y otro en el ejercicio de bird-dog, para medir la estabilidad del tronco mediante acelerometría integrada en un dispositivo móvil (Heredia- Elvar et al., 2023).

- *Landing Error Scoring System (LESS)*: Esta prueba permite valorar el riesgo de lesión de LCA (Fox et al., 2016; Hanzlíková & Hébert-Losier, 2020; Lu et al., 2020; Padua et al., 2009). Para su realización, el participante se colocaba encima de un cajón de 30 cm y debía saltar dentro de una zona de 80 cm<sup>2</sup> habilitada para el aterrizaje y situada a la mitad de su altura (Padua et al., 2009, 2015). Una vez caía dentro de la misma, el participante debía realizar un salto vertical máximo y volver a caer dentro de la plataforma, manteniendo las manos en las crestas iliacas durante toda la prueba. La prueba se consideraba no válida cuando el futbolista despegaba las manos de su cresta iliaca, no caía dentro de la zona habilitada para el aterrizaje o la pisaba. Para registrar los resultados se colocó una cámara frontal a una distancia de 3,45 m desde el centro de la zona habilitada para el aterrizaje. Además, se situó otra cámara lateral a la misma distancia que la frontal (Padua et al., 2009, 2015). La grabación se realizó mediante 2 dispositivos móviles (Iphone 15 Pro 2023; 256 GB y Iphone 13 2022; 128 GB), grabando a 240 Hz. Posteriormente a la realización del test se llevó a cabo un análisis cualitativo donde se consideró una puntuación de 5 o más como alto riesgo de lesión de LCA (Padua et al., 2009, 2015).

- *Cutting Movement Assessment Scale (CMAS)*: Para valorar la calidad del cambio de dirección (COD) se utilizó el test CMAS (Donelon et al., 2020; Dos'Santos et al., 2019, 2021), el cual consiste en realizar un sprint lineal máximo de 5 m y seguidamente un COD de 90°, acabando con un sprint de 3 m (Dos'Santos et al., 2019). El primer COD se realizó hacia la derecha y el segundo hacia la izquierda. Se utilizaron 2 pares de fotocélulas situadas a 50 cm de la salida y a 3 m del COD, donde se medía el tiempo en segundos. El participante partía desde una posición de parado para evitar otras variables que contaminaran el test. Se colocó una cámara frontal a 5 m del COD y una cámara lateral a 5 m del mismo, donde se utilizaron los mismos móviles que en el test anterior. Cabe destacar que la cámara lateral grababa en la misma dirección a la que se ejecutaba el giro. Se consideraba no válido cuando el futbolista no cortaba las fotocélulas, no realizaba el COD o partía desde una carrera curvilínea.
- *Test de control postural lumbopélvico*: Para medir la estabilidad del tronco se utilizaron dos test de control postural lumbopélvico con acelerometría integrada en un dispositivo móvil (iPhone SE 2021; 64 GB), un *test de puente frontal* con apoyo monopodal (pierna dominante) y un *test de bird-dog* apoyando la pierna dominante y el brazo no dominante. En cada prueba, el participante debía mantener durante 15 s una correcta alineación de los segmentos y la región lumbopélvica en posición neutra, oscilando lo menos posible. Se midió la aceleración lineal media de la pelvis (200 Hz) con la aplicación móvil "coremaker", calculando la magnitud media del vector en los 3 ejes (Heredia-Elvar et al., 2023). Para el desarrollo de los test, se utilizó un cinturón con velcro en el que se posicionaba el dispositivo móvil a la altura de la pelvis (Heredia-Elvar et al., 2023). Se consideró la dominancia podal en relación con la pierna usada preferentemente durante el golpeo con el pie.

Antes de realizar las pruebas LESS y CMAS, los futbolistas llevaron a cabo la primera parte del programa FIFA 11+ y posteriormente pruebas submáximas de cada test. Para la visualización y análisis de los vídeos, se utilizó el programa Tracker en la versión 6.1.6, facilitando la identificación precisa de los fotogramas con alta precisión. Previamente a los test de control postural lumbopélvico, se llevó a cabo un protocolo de movilidad y control lumbopélvico haciendo énfasis en la postura neutra del raquis.

## **Intervención**

Las sesiones de entrenamiento se planificaron y ejecutaron en consenso con el personal técnico del equipo, añadiéndose al entrenamiento habitual de los jugadores durante la temporada competitiva y siguiendo las recomendaciones de estudios previos para maximizar el impacto de la intervención en el rendimiento deportivo (Jamison et al., 2012; Lago-Fuentes et al., 2018). El periodo de intervención tuvo una duración total de cinco semanas, programando las sesiones de entrenamiento en el match day -4 (i.e., 4 días antes del partido) y en el match day -2 (i.e., 2 días antes del partido). Estas sesiones tuvieron una duración 15 min, donde los primeros 2-3 min consistían en un periodo de calentamiento de la musculatura del tronco, haciendo énfasis en la posición neutra del raquis, y en los restantes, se implementaron los ejercicios específicos de cada programa. Durante la primera semana, la duración del calentamiento de los Grupos E y S fue mayor con el objeto de que los participantes mejoraran su capacidad para colocar la pelvis y el raquis lumbar en posición neutra, es decir, la posición base para el correcto desarrollo de los ejercicios de estabilidad en ambos grupos de entrenamiento (Heredia-Elvar et al., 2021, 2023). Las intervenciones se realizaron en el campo de entrenamiento habitual de los jugadores, siempre a la misma hora y siguiendo el mismo orden de protocolos para los tres grupos. Este método aseguró la consistencia en la aplicación del programa y facilitó la organización logística del equipo. El entrenamiento de tronco fue supervisado por un graduado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, ya que la correcta ejecución técnica de los ejercicios multiplanares es fundamental para la eficacia de la intervención. La supervisión en grupos reducidos garantizó que los jugadores realizaran los ejercicios con la técnica adecuada.

- *El programa de ejercicios de estabilidad del tronco realizados en apoyo monopodal constaba de cuatro ejercicios basados en el ejercicio del avión o el aeroplano (Figura 2). En la primera semana solamente se realizó la variante convencional del ejercicio (Figura 2a). Durante las semanas 2 y 3, se practicó la postura neutra y la variante convencional del avión (Figura 2a) en el calentamiento y el ejercicio del avión con salto vertical (Figura 2b) y con una banda elástica alrededor de la pelvis (Figura 2c) en la parte principal de la sesión. La tracción de la banda elástica genera fuerzas que retan al participante a oponerse al valgo dinámico de rodilla y a la inclinación homolateral del tronco, movimientos similares a los observados en lesiones de LCA (Della Villa et al., 2020; Parsons et al., 2021; Vera-García et al., 2015; Zazulak et al., 2007). En las semanas 4 y 5, se repitió el calentamiento de las semanas anteriores,*

pero se modificó la dificultad de los ejercicios de la parte principal, utilizando tanto el avión con banda elástica alrededor de la pelvis (Figura 2c), como una variante de este ejercicio realizando saltos multiplanares con la banda en la misma posición (Figura 2d). En todos los ejercicios de este programa se realizaron 3 series de 10 repeticiones por pierna y por ejercicio.



**Figura 2.** Progresión de ejercicios de estabilidad del tronco utilizada a lo largo del programa de ejercicios de estabilidad del tronco realizados en apoyo monopodal.

- *El programa de entrenamiento convencional en suelo* constaba de una progresión de cuatro variantes de los ejercicios puente dorsal, puente lateral, puente frontal y bird-dog, incrementando la dificultad a lo largo del programa de entrenamiento (Figura 3). Durante la primera semana se llevaron a cabo las variantes 1 y 2 de cada ejercicio, las 2 semanas posteriores se realizaron las variantes 2 y 3, finalmente en las 2 últimas semanas se ejecutaron las variantes 3 y 4 de cada ejercicio.



**Figura 3.** Progresión de ejercicios de estabilidad del tronco utilizada a lo largo del programa de entrenamiento convencional en suelo: *punte dorsal* (PD): (PD1) puente dorsal monopodal con brazos en el suelo, (PD2) puente dorsal monopodal con brazos en el suelo y cambio de pierna de apoyo cada 5 s [5 s], (PD3) puente dorsal monopodal con brazos en cuadro y cambio de pierna de apoyo cada 5 s [5 s], (PD4) puente dorsal monopodal con brazos en cuadro, cambio de pierna de apoyo cada 5 s [5 s] y haciendo círculos con la pierna elevada; *punte lateral* (PL): (PL1) puente lateral corto, (PL2) puente lateral corto monopodal, (PL3) puente lateral largo, (PL4) puente lateral largo monopodal; *punte frontal* (PF): (PF1) puente frontal corto con cambio de pierna de apoyo cada 5 s [5 s], (PF2) puente frontal largo, (PF3) puente frontal largo monopodal, (PF4) puente frontal largo monopodal con cambio de pierna de apoyo cada 5 s [5 s] y haciendo círculos con la pierna elevada; *bird-dog* (BD): (BD1) bird-dog monopodal, (BD2) bird-dog monopodal con cambio de pierna de apoyo cada 5 s [5 s], (BD3) bird-dog con brazo y pierna contraria elevados y cambio de apoyo cada 5 s [5 s], (BD4) bird-dog con brazo y pierna contraria elevados, flexión de la rodilla de la pierna apoyada y cambio de apoyo cada 5 s [5 s].

- *El grupo C realizó un programa de fuerza general, con ejercicios de tren inferior (sentadilla, bisagras de cadera, hip thrust, etc.) y ejercicios de empuje y tracción del tren superior, así como ejercicios de pliometría y sprint, manteniendo la misma frecuencia de entrenamiento y duración de las sesiones de tronco que los grupos E y S.*

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico, se comprobó los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y el supuesto de homogeneidad con la prueba de Levene. Se realizó un *análisis intragrupo* para comparar las pruebas pre- y post-intervención utilizando la prueba *t* de student de muestras pareadas. Asimismo, para evaluar las diferencias entre grupos E, S y C se empleó un análisis de covarianza (ANCOVA), utilizando los valores iniciales como covariable. En los casos donde se identificaron diferencias significativas entre los grupos, se aplicaron pruebas post-hoc de Tukey para determinar el origen de estas diferencias. Este método es recomendado para el análisis de ensayos aleatorios que incluyen mediciones basales y de seguimiento, ya que ajusta las variaciones a los valores iniciales. Los tamaños del efecto se calcularon utilizando la *d* de Cohen para cuantificar de manera más precisa las diferencias entre los grupos y dentro de un mismo grupo después de la intervención. La interpretación de los tamaños del efecto fue la siguiente:  $<0,2$  se consideró trivial;  $0,2-0,6$  se consideró pequeño;  $0,6-1,2$  se consideró moderado;  $1,2-2,0$  se consideró grande; y  $>2,0$  se consideró muy grande. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa estadístico JASP (0.17.1.0, Universidad de Ámsterdam, Países Bajos) (Borenstein et al., 2009; Moore et al., 2012; Sellke et al., 2001; Silverman et al., 1986).



## REFERENCIAS

- Akif Afyon, Y. (2014). *Effect of core training on 16-year-old soccer players*. 9(23), 1275–1279. <https://doi.org/10.5897/ERR2014.1876>
- Amateur Athletic Foundation of Los Angeles., Derse, E., Stolley, Skip., & California Interscholastic Federation. (1995). *AAF/CIF coaching program : track & field*. Amateur Athletic Foundation of Los Angeles.
- Arliani, G. G., Lara, P. H. S., Astur, D. C., Pedrinelli, A., Pagura, J. R., & Cohen, M. (2017). Prospective evaluation of injuries occurred during a professional soccer championship in 2016 in São Paulo, Brazil. *Acta Ortopedica Brasileira*, 25(5), 212–215. <https://doi.org/10.1590/1413-785220172505167238>
- Barbado, D., Barbado, L. C., Elvira, J. L. L., Van Dieën, J. H., & Vera-Garcia, F. J. (2016). Sports-related testing protocols are required to reveal trunk stability adaptations in high-level athletes. *Gait & Posture*, 49, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.06.027>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis* (1st ed.). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Brull-Muria, E., & Beltran-Garrido, J. V. (2021). Effects of a specific core stability program on the sprint and change-of-direction maneuverability performance in youth, male soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph181910116>
- Cochrane, D. J., Harnett, M. C., & Pinfold, S. C. (2017). Does short-term gluteal activation enhance muscle performance? *Research in Sports Medicine*, 25(2), 156–165. <https://doi.org/10.1080/15438627.2017.1282358>
- Cometti, Gilles. (2019). *La preparación física en el fútbol (2a. ed.)*. Editorial Paidotribo México.
- Dedinsky, R., Baker, L., Imbus, S., Bowman, M., & Murray, L. (2017). *Exercises that facilitate optimal hamstring and quadriceps co-activation to help decrease ACL injury risk in healthy females. a systematic review of the literature*.

- Della Villa, F., Buckthorpe, M., Grassi, A., Nabiuzzi, A., Tosarelli, F., Zaffagnini, S., & Della Villa, S. (2020). Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *British Journal of Sports Medicine*, 54(23), 1423–1432. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101247>
- Doğanay M, Bingül BM, Álvarez-García C. Effect of core training on speed, quickness and agility in young male football players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2020;60(9):1240-1246. doi:10.23736/S0022-4707.20.10999-X
- Donelon, T. A., Dos'Santos, T., Pitchers, G., Brown, M., & Jones, P. A. (2020). Biomechanical Determinants of Knee Joint Loads Associated with Increased Anterior Cruciate Ligament Loading During Cutting: A Systematic Review and Technical Framework. In *Sports Medicine - Open* (Vol. 6, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00276-5>
- Dos'Santos, T., McBurnie, A., Donelon, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). A qualitative screening tool to identify athletes with 'high-risk' movement mechanics during cutting: The cutting movement assessment score (CMAS). *Physical Therapy in Sport*, 38, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.05.004>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., McBurnie, A., Comfort, P., & Jones, P. A. (2021). Biomechanical Determinants of Performance and Injury Risk During Cutting: A Performance-Injury Conflict? *Sports Medicine*, 51(9), 1983–1998. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01448-3>
- Field, A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*; Sage: Newcastle, UK, 2017; ISBN 9781526419521.
- Fox, A. S., Bonacci, J., McLean, S. G., Spittle, M., & Saunders, N. (2016). A Systematic Evaluation of Field-Based Screening Methods for the Assessment of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injury Risk. In *Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 5, pp. 715–735). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0443-3>



- Grassi, A., Macchiarola, L., Filippini, M., Lucidi, G. A., Della Villa, F., & Zaffagnini, S. (2020). Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury in Italian First Division Soccer Players. *Sports Health*, 12(3), 279–288. <https://doi.org/10.1177/1941738119885642>
- Hanzlíková, I., & Hébert-Losier, K. (2020). Is the Landing Error Scoring System Reliable and Valid? A Systematic Review. In *Sports Health* (Vol. 12, Issue 2, pp. 181–188). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1941738119886593>
- Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., De Los Ríos-Calonge, J., & Vera-Garcia, F. J. (2023). Exercise Intensity Progressions and Criteria to Prescribe Core Stability Exercises in Young Physically Active Men: A Smartphone Accelerometer-Based Study. [www.nasca.com](http://www.nasca.com)
- Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., & Vera-Garcia, F. J. (2021). Observational Screening Guidelines and Smartphone Accelerometer Thresholds to Establish the Intensity of Some of the Most Popular Core Stability Exercises. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.751569>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. In *Journal of Orthopaedic Research* (Vol. 34, Issue 11, pp. 1843–1855). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>
- 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.
- Hoshikawa, Y.; Iida, T.; Muramatsu, M.; Ii, N.; Nakajami, Y.; Chumank, K.; Kanehisa, H. Effects of stabilization training on trunk muscularity and physical performance in youth soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 2013, 27, 3142–3149.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):47-57.
- Jamison, S. T., McNeilan, R. J., Young, G. S., Givens, D. L., Best, T. M., & Chaudhari, A. M. W.

(2012). Randomized controlled trial of the effects of a trunk stabilization program on trunk control and knee loading. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(10), 1924–1934. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31825a2f61>

Lago-Fuentes, C., Rey, E., Padrón-Cabo, A., De Rellán-Guerra, A. S., Fragueiro-Rodríguez, A., & García-Núñez, J. (2018). Effects of core strength training using stable and unstable surfaces on physical fitness and functional performance in professional female futsal players. *Journal of Human Kinetics*, 65(1), 213–224. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0029>

Llana Belloch, S., Soriano, P., & Lledó Figueres, E. (2010). *La epidemiología del fútbol: una revisión sistemática* (Vol. 10, Issue 37).

López-Valenciano, A., Ruiz-Pérez, I., Garcia-Gómez, A., Vera-Garcia, F. J., De Ste Croix, M., Myer, G. D., & Ayala, F. (2020). Epidemiology of injuries in professional football: A systematic review and meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 54, Issue 12, pp. 711–718). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099577>

Lu, Z., Nazari, G., MacDermid, J. C., Modarresi, S., & Killip, S. (2020). Measurement Properties of a 2-Dimensional Movement Analysis System: A Systematic Review and Meta-analysis. In *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (Vol. 101, Issue 9, pp. 1603–1627). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.02.011>

Medina, L. (2023). Ejercicios de estabilidad del tronco para la prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas. Universidad Miguel Hernández de Elche.

Moore, D. S., McCabe, G. P., & Craig, B. A. (2012). *Introduction to the practice of statistics* (7th ed.). New York, NY: W. H. Freeman and Company.

Padua, D. A., DiStefano, L. J., Beutler, A. I., De La Motte, S. J., DiStefano, M. J., & Marshall, S. W. (2015). The landing error scoring system as a screening tool for an anterior cruciate ligament injury-prevention program in elite-youth soccer athletes. *Journal of Athletic Training*, 50(6), 589–595. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.1.10>

Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E., & Beutler, A. I.

(2009). The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The jump-ACL Study. *American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 1996–2002. <https://doi.org/10.1177/0363546509343200>

Parsons, J. L., Coen, S. E., & Bekker, S. (2021). Anterior cruciate ligament injury: Towards a gendered environmental approach. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 55, Issue 17, pp. 984–990). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103173>

Price, R. G. (Robert G. (2012). *La guía definitiva entrenar con pesas para futbol*. Price World Publishing.

Prieske, O.; Muehlbauer, T.; Borde, R.; Gube, M.; Bruhn, S.; Behm, D.G.; Granacher, U. Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scand. J. Med. Sci. Sport*. 2016, 26, 48–56.

Sasaki, S., Tsuda, E., Yamamoto, Y., Maeda, S., Kimura, Y., Fujita, Y., & Ishibashi, Y. (2019). Core-muscle training and neuromuscular control of the lower limb and trunk. *Journal of Athletic Training*, 54(9), 959–969. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-113-17>

Sellke, T., Bayarri, M. J., & Berger, J. O. (2001). Calibration of p values for testing precise null hypotheses. *The American Statistician*, 55(1), 62-71.

Shimokochi, Y., & Shultz, S. J. (2008). Mechanisms of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. In *Journal of Athletic Training* (Vol. 43, Issue 4). [www.nata.org/jat](http://www.nata.org/jat)

Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation*. London: Chapman and Hall.

Smith, H. C., Vacek, P., Johnson, R. J., Slauterbeck, J. R., Hashemi, J., Shultz, S., & Beynon, B. D. (2012). Risk factors for anterior cruciate ligament injury: A review of the literature - part 1: Neuromuscular and anatomic risk. *Sports Health*, 4(1), 69–78. <https://doi.org/10.1177/1941738111428281>

Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. L. L. (2015). «core stability». Concept and contributions to training and injury prevention. In *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* (Vol. 8, Issue 2, pp. 79–85).

Elsevier Doyma. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.004>

Vera-Garcia, F. J., López-Plaza, D., Juan-Recio, C., & Barbado, D. (2019). Tests to measure core stability in laboratory and field settings: Reliability and correlation analyses. *Journal of Applied Biomechanics*, 35(3), 223–231. <https://doi.org/10.1123/jab.2018-0407>

Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: A prospective biomechanical-epidemiologic study. *American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123–1130. <https://doi.org/10.1177/0363546507301585>

Zazulak Bohdanna, Cholewicki Jacek, & N. Peter Reeves N. Peter. (2008). *Neuromuscular Control of Trunk Stability: Clinical Implications for Sports Injury Prevention*.

