

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD



Relación entre la fuerza y estabilidad del tronco, fuerza de miembros inferiores y el riesgo de lesión en futbolistas

AUTOR: PAGÁN DEL VALLE, ADRIÁN

TUTORA: PRAT LURI, AMAYA

Curso académico 2024 - 2025

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
REFERENCIAS	13



RESUMEN

Dado que el fútbol es un deporte con altas demandas de fuerza y estabilidad, la evaluación en regiones como el tronco y las extremidades inferiores puede ser fundamental para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones. No obstante, factores como el tiempo, las herramientas disponibles y los protocolos empleados pueden limitar esta valoración. En este contexto, el presente trabajo final de máster analizó la relación entre la fuerza y estabilidad del tronco con fuerza de los miembros inferiores y estas variables con el riesgo de lesión en futbolistas profesionales, utilizando un protocolo accesible y aplicable en el ámbito deportivo. Participaron 25 futbolistas masculinos profesionales con una media de edad de 25.0 ± 3.84 años, una altura media de 1.80 ± 0.72 m y un peso de 75.97 ± 8.07 kg. La fuerza isométrica máxima de los flexores y extensores de rodilla, abductores y aductores de cadera, así como de los flexores y extensores del tronco, fue evaluada mediante dinamometría de tracción (Tindeq Progressor). La estabilidad del tronco se midió con acelerometría integrada en *Smartphone* durante cinco ejercicios isométricos: puente frontal y lateral convencionales, puente dorsal y lateral monopodales (apoyo de la pierna dominante), y *bird-dog* convencional (apoyo de la pierna dominante). Se registró en una hoja Excel el número y tipo de lesión a lo largo una temporada, clasificándolas en sobrecarga muscular, rotura muscular-tendinosa y lesión ósea-ligamentosa. El análisis de las relaciones entre las variables del tronco y la fuerza de miembros inferiores, así como entre las variables dentro de cada grupo, se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson ($p < 0.05$). La relación entre deportistas lesionados y no lesionados se analizó de forma descriptiva, calculando la media de estas variables para ambos grupos y comparándolas con valores normativos descritos en la literatura. No se observaron relaciones entre fuerza y estabilidad del tronco con fuerza de extremidades inferiores, salvo una baja asociación entre una mayor ratio de extensores/flexores de tronco (más fuerza de extensores vs flexores) y aductores/abductores de cadera (más fuerza de aductores vs abductores) ($r = 0.474$, $p = < 0.05$). En la comparación entre futbolistas lesionados ($n=17$) y no lesionados ($n=8$), los primeros presentaron una ratio extensión/flexión de tronco menor (1.3 vs. 1.6) y valores ligeramente inferiores de fuerza relativa en cuádriceps (0.898 kg/kg), isquiotibiales (0.426 kg/kg), extensores de tronco (0.69 kg/kg) y flexores de tronco (0.76 kg/kg). La ratio flexores/extensores de rodilla fue

0.5 en ambos grupos, siendo un valor de riesgo por ser inferior al valor mínimo de 0.6 establecido en la literatura. Las menores asimetrías se registraron en sobrecargas musculares (n=3) (cuádriceps 6.2%, isquiotibiales 8.3%, aductores 8.6%, abductores 6.6%). Las lesiones óseo-ligamentosas (n=4) mostraron la mayor asimetría en aductores (14.4%) y las ratios más bajas de aductores/abductores (0.90) y extensores/flexores (1.10). No obstante, excepto en esta última asimetría, en ningún grupo se superaron los umbrales establecidos como indicadores de riesgo. En conclusión, la fuerza y estabilidad del tronco no mostraron una relación clara con la fuerza de los miembros inferiores. Futuros estudios deberían evaluar otros músculos del tronco, como los inclinadores, y considerar posiciones más funcionales para valorar la estabilidad del tronco. En la comparación entre futbolistas lesionados y no lesionados, se obtuvo una visión aproximada de las posibles relaciones entre las variables estudiadas y la aparición de lesiones; sin embargo, dichos resultados deben interpretarse con cautela debido al tamaño reducido de la muestra.

Palabras clave: evaluación; fuerza muscular; estabilidad del tronco; riesgo de lesión; fútbol.

INTRODUCCIÓN

En el fútbol de élite, la interacción entre la fuerza de extremidades inferiores y la función del tronco resulta fundamental para responder a las demandas físicas de acciones como el golpeo de balón (Carvalho et al., 2021), la carrera o los cambios de dirección (Nagahara et al., 2018; Niewiadomy et al., 2021). Sin embargo, este deporte presenta un elevado riesgo de lesiones, principalmente en las extremidades inferiores, que concentran entre el 61% y el 90% de los casos (Ekstrand et al., 2011; Lakshakar et al., 2022). Las lesiones más frecuentes son de origen musculares y tendinoso, seguidas por contusiones y lesiones articulares (López-Valenciano et al., 2020). Entre las lesiones musculares, los isquiotibiales son los más afectados, seguidos de los aductores y cuádriceps (Häggglund et al., 2007; Ekstrand et al., 2013; Gurau et al., 2023). Asimismo, las lesiones ligamentosas, como las del ligamento cruzado anterior o de los ligamentos laterales del tobillo, suponen un gran impacto tanto en el rendimiento individual como en el colectivo (van Dyk et al., 2020). Reducir el riesgo de estas lesiones resulta esencial para optimizar el rendimiento y la competitividad de los equipos, lo que subraya la necesidad de evaluar de manera integral las capacidades físicas en las regiones más vulnerables (Mendiguchia et al., 2022).

Un aspecto clave para reducir la incidencia de lesiones es la identificación de factores de riesgo a través de un proceso de evaluación que permita el cribado de los jugadores según su nivel de riesgo (Bittencourt et al., 2016). Entre los factores de riesgo modificables se encuentran aquellos relacionados con la fuerza muscular, las asimetrías funcionales y la estabilidad del tronco (Ayala et al., 2019; Jones et al., 2019). En el caso de las extremidades inferiores, se ha demostrado que déficits de fuerza y desequilibrios entre grupos musculares, como la ratio de fuerza isométrica isquiotibial/cuádriceps, están asociados a una mayor probabilidad de lesión, especialmente cuando el valor se sitúa por debajo de 0.6 (Ruas et al., 2015). De forma similar, una menor fuerza isométrica de los aductores o una ratio aductores/abductores menor de 0.8 se ha vinculado con mayor riesgo de lesiones en la región inguinal o en el ligamento cruzado anterior (Khayambashi et al., 2014; Moreno Pérez et al., 2019). En paralelo, la musculatura del tronco cumple un rol esencial tanto en la prevención de lesiones como en el rendimiento (Hibbs et al., 2008; Prieske et al., 2016). La fuerza del tronco permite una transmisión eficiente de fuerzas entre el tren superior e inferior durante gestos deportivos (Prieske et al., 2016; Trost et

al.,2023), mientras que la estabilidad del tronco contribuye al control motor y a la absorción de cargas en movimientos como cambios de dirección, frenadas o giros (Mendiguchia et al., 2011). Asimismo, se ha observado que una mayor inclinación del tronco durante los cambios de dirección puede incrementar el momento abductor sobre la rodilla, lo que a su vez eleva el riesgo de sufrir lesiones ligamentosas como la del ligamento cruzado anterior (Hewett et al., 2011; Ekdahl et al., 2024).

La evaluación de la fuerza muscular en miembros inferiores es una práctica ampliamente establecida en el fútbol (Ruas et al., 2015), en cambio, la valoración de la fuerza y estabilidad del tronco ha recibido menor atención en este contexto. Estas capacidades físicas se pueden evaluar a través de protocolos de laboratorio y entornos clínicos (Juan Recio et al., 2014; Vera García et al., 2015). Las metodologías de laboratorio, como la dinamometría isocinética o las plataformas de fuerza, se consideran el estándar de referencia para medir la fuerza muscular de tronco y miembros inferiores (Croisier et al., 2008; Fousekis et al., 2010). Para valorar la estabilidad del tronco, se han utilizado dispositivos específicos como asientos inestables o perturbaciones controladas (Vera García et al., 2015). No obstante, aunque estas metodologías ofrecen una alta precisión, presentan limitaciones en el contexto deportivo, como el elevado coste, la necesidad de equipamiento especializado, el tiempo requerido y la escasa viabilidad para aplicarlas a plantillas completas, especialmente en contextos de prevención o cribado inicial (McCall et al., 2015; Bahr, 2016; King et al., 2021). Por ello, en entornos clínicos, han cobrado relevancia herramientas, como los dinamómetros manuales, que permiten obtener datos fiables de forma más accesible (Juan-Recio et al., 2023; Moreno-Pérez et al., 2019). En la evaluación de la fuerza, el uso de dinamómetros manuales o de tracción ha demostrado ser una herramienta válida y fiable (Thorborg et al., 2011; Wollin et al., 2018; Moreno-Pérez et al., 2019; Juan-Recio et al., 2023). En cuanto a la estabilidad del tronco, se han validado test de campo, y más recientemente se ha incorporado la acelerometría integrada en smarthphones, que permite obtener datos objetivos sobre la intensidad de los ejercicios de estabilidad del tronco, representando una herramienta accesible, rápida y de bajo coste (Heredia-Elvar et al.,2021).

Pese a que existen trabajos que han explorado la relación entre tronco y extremidades inferiores (Maly et al., 2024) los datos sobre la función del tronco, su correlación con la fuerza de las extremidades inferiores y el riesgo lesional en futbolistas de élite siguen

siendo escasos. En dicho estudio, los autores identificaron una correlación significativa entre las asimetrías de rotación del tronco con la fuerza de los extensores de rodilla, lo que refuerza la relación del tronco con fuerza de miembros inferiores. No obstante, no exploran otros grupos musculares del tronco y de miembros inferiores que pueden ser de interés, y las ratios. En este sentido, el presente trabajo plantea una evaluación de la fuerza y estabilidad del tronco, así como la fuerza de aductores y abductores de cadera, flexores y extensores de rodilla, y sus asimetrías y ratios, mediante un protocolo ecológico. Los objetivos de este estudio son: analizar la relación entre fuerza y estabilidad del tronco con fuerza de miembros inferiores y analizar la relación entre dichos parámetros y la aparición de lesiones a lo largo de una temporada. En consecuencia, se plantea como hipótesis que la fuerza de flexores y extensores de tronco se asocian positivamente con la fuerza muscular del miembro inferior, particularmente de los aductores de cadera y extensores de rodilla (Collings et al., 2022). Se hipotetiza que la estabilidad del tronco probablemente no presente relación con fuerza de miembro inferior, ya que una vez que se alcanza un nivel mínimo de rendimiento del tronco, es posible que ya no contribuya a mejorar el equilibrio dinámico, lo que explicaría por qué estas capacidades parecen ser irrelevantes en adultos varones jóvenes físicamente activos (De los Ríos et al; 2024). Además, se hipotetiza que los futbolistas que presenten asimetrías >10% de fuerza de flexores/extensores de rodilla o una menor relación de fuerza isométrica aductor/abductor de cadera se asociará a un mayor riesgo de lesión (Maly et al., 2024; Collings et al., 2022).

MATERIAL Y MÉTODOS

Participantes

Los datos utilizados para la realización de este trabajo fueron realizados en un equipo de fútbol de la “Primera Federación Versus e-Learning” de España durante la temporada 2024/2025, teniendo el consentimiento del club para su uso. La muestra la han constituido jugadores de fútbol masculino de élite ($n = 25$, edad: 25.0 ± 3.84 años, altura: 1.80 ± 0.72 m, masa: 75.97 ± 8.07 kg, índice de masa corporal: 23.42 ± 1.32 kg/m²). Las posiciones de los jugadores eran las siguientes: porteros ($n = 3$), laterales ($n = 4$), centrales ($n = 4$), centrocampistas ($n = 6$), extremos ($n = 5$) y delanteros ($n = 3$). En la tabla 1 se muestra la frecuencia semanal típica de entrenamiento/partido durante la temporada.

Estos datos se trataron conforme a lo establecido por la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, por la que se garantiza la protección de datos de carácter personal, y el procedimiento fue aprobado por el comité ético de la universidad correspondiente (TFM.MRD.APL.APDV.250107).

TABLA 1. Breve resumen del período semanal de entrenamientos/partido en relación con un día de partido.

Día relativo al partido	Tipo de sesión	Duración campo	Duración gimnasio	Observaciones
+ 1 (post – partido)	Recuperación ^a / Compensatorio ^b	45 min ^b (compensatorio)	45 min ^a	Según minutaje jugado (+/-45min)
+ 2	Descanso	-	-	-
- 4	Entrenamiento técnico + fuerza	75 min	30 min	Carga alta (RPE >7)
- 3	Entrenamiento técnico - táctico + preventivo individual	75 min	20 min	Carga alta (RPE >7)
- 2	Entrenamiento táctico + CORE	75 min	20 min	Carga baja (RPE <5)
- 1 (pre-partido)	Activación + Entrenamiento táctico	75 min	20 min	Carga media, activación (RPE 5-7)
Día de partido	Partido oficial	-	-	90 min aproximadamente

^a Sesión de recuperación y gimnasio para jugadores que jugaron más de 45 min.

^b Sesión en el campo incluye a los jugadores que no aparecieron en la alineación o jugaron menos de 45 min.

Procedimiento

Los participantes realizaron una única sesión de pruebas (90 minutos) en el gimnasio del club. Se les pidió que realizaran la sesión vestidos con pantalón corto y camiseta. En primer lugar, se explicó a los participantes las características generales de la sesión de medición. Ésta consistió en la evaluación de la fuerza isométrica máxima del miembro inferior y del tronco mediante dinamometría de tracción, y la evaluación de la estabilidad del tronco durante 5 ejercicios isométricos (puente frontal y lateral convencionales, puente dorsal y lateral monopodales, y *bird-dog*) mediante acelerometría integrada en un smartphone (utilizando un diseño de bloques aleatorizados para evitar la influencia de la fatiga). Además, se registró el número y tipo de lesiones a lo largo de la temporada 2024/2025.

- Test de fuerza isométrica máxima

Se realizó una evaluación de la fuerza isométrica máxima de los siguientes grupos musculares: flexores y extensores de rodilla, abductores y aductores de cadera, y flexores y extensores del tronco utilizando un dinamómetro de tracción (Tindeq Progressor 200 Rechargeable, Tindeq, Trondheim, Noruega), que permite una carga máxima de 2000N (200kg) y tiene una frecuencia de muestreo de 80Hz. Los participantes realizaron tres contracciones isométricas máximas con una duración de 3 segundos, siendo la primera progresiva y las dos siguientes máximas, separadas entre ellas por 30 segundos. Se utilizó el valor más alto de los dos intentos máximos para el análisis estadístico. La sesión de evaluación fue supervisada por un fisioterapeuta y un preparador físico. Uno de ellos colocaba el dispositivo de medición y controlaba la ejecución, mientras que el otro motivaba con el estímulo verbal “adelante-tira-tira-tira-tira y relájese” y registraba los valores obtenidos.

Fuerza del miembro inferior

Se realizaron un total de cuatro pruebas de fuerza isométrica máxima para evaluar la musculatura flexora y extensora de la rodilla y abductora y aductora de la cadera. Para la evaluación de los extensores de rodilla, los participantes permanecían sentados en la camilla con la rodilla en flexión de 60°, siendo verificada la posición con goniómetro digital (*Figura 1, A*). La valoración de la fuerza de los flexores de rodilla se realizó con los participantes en decúbito prono, la cadera en 0° de flexión y la rodilla en 45° de flexión, verificando este ángulo con un goniómetro digital (*Figura 1, B*). Para las pruebas de cadera los participantes se colocaron en decúbito supino sobre la camilla y las rodillas en extensión completa (*Figura 1, C-D*). Este enfoque permitió obtener las ratios entre flexores y extensores de rodilla y aductores y abductores de cadera.

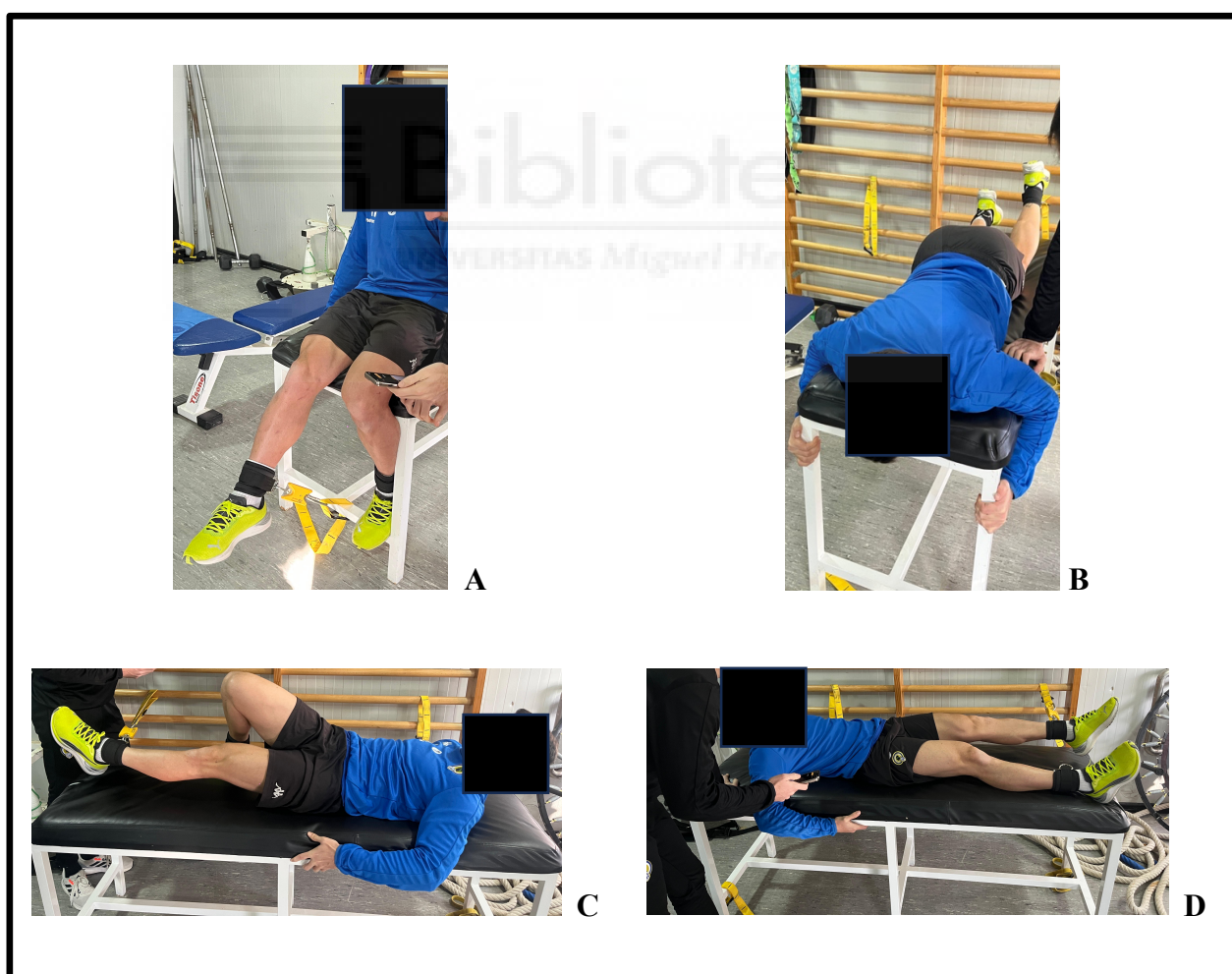


Figura 1. Tests de fuerza isométrica del tren inferior. (A) Extensores de rodilla; (B) Flexores de rodilla. (C) Abductores de cadera. (D) Aductores de cadera.

Fuerza del tronco

Para la valoración de la fuerza del tronco, se siguieron los procedimientos que llevaron a cabo con dinamómetro electromecánico funcional Reyes-Ferrada et al. (2022). Los participantes se situaron sentados en un banco con el tronco a 90°, los brazos cruzados sobre el pecho, las rodillas flexionadas aproximadamente a 90° y los pies apoyados en el suelo. El dinamómetro de tracción se fijó mediante una cincha inelástica a unas barras paralelas ancladas al suelo, lo que garantizó la estabilidad y resistencia necesarias durante la ejecución del test. La fuerza extensora del tronco se midió con el dinamómetro colocado en la parte frontal del participante a la altura del esternón, mientras que la fuerza flexora se evaluó con el dinamómetro situado en la parte posterior en la zona interescapular usando como referencia la línea media entre ambas escápulas para el ajuste del cinturón. En ambos casos, se aseguró una tensión inicial mínima en el sistema de 1kg antes del inicio de la contracción.

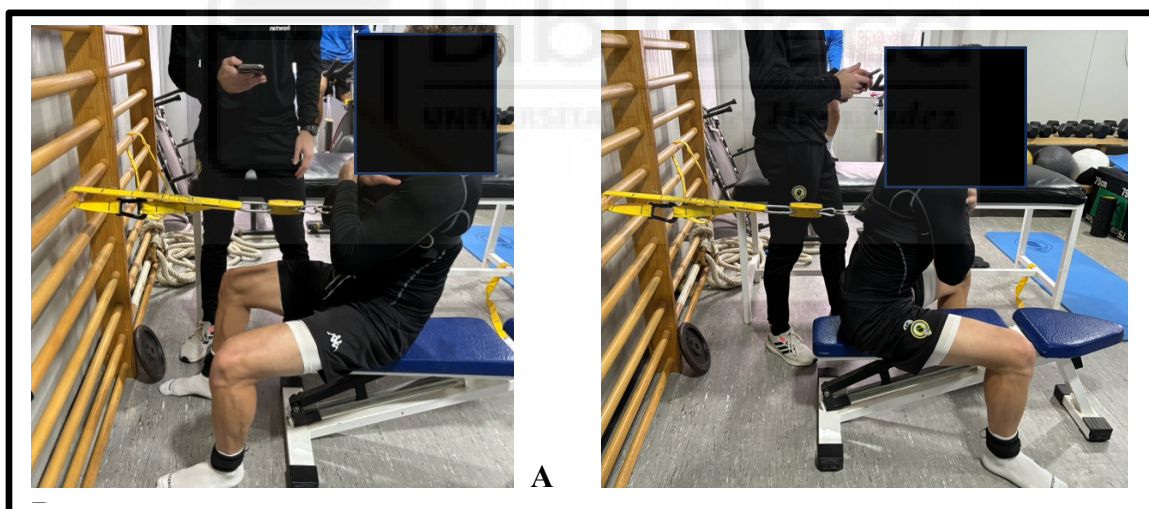


Figura 2. Tests de fuerza isométrica del tronco. (A) Extensores de tronco; (B) Flexores de tronco.

- Tests de Estabilidad del tronco

Los participantes realizaron un total de 5 ejercicios isométricos comúnmente utilizados para retar la estabilidad del tronco (Heredia-Elvar et al., 2021; 2024): puente frontal y lateral convencionales, puente dorsal y lateral monopodales (apoyo de la pierna dominante), y *bird-dog* convencional (pierna dominante apoyada). Durante su ejecución se verificó que mantuviesen la columna vertebral y la pelvis en posición neutra, dando la

premisa de mantenerse «lo más quietos posible» durante la ejecución de los ejercicios. Los participantes realizaron una familiarización de los ejercicios con una medida antes del registro real. Completaron dos series de cada ejercicio sobre una esterilla (52 × 183 cm; McKinley Trekker M1.3, USA), con una duración de 15 segundos por serie, descansando 30 segundos entre series y un minuto entre ejercicios. Para garantizar la correcta ejecución del ejercicio, el investigador verificó que el participante estaba en la postura adecuada. Las aceleraciones lumbopélvicas se registraron utilizando una aplicación móvil (CoreMaker, España) creada por el grupo de investigación, la cual calcula la aceleración media como el vector resultante promedio de la aceleración en los tres ejes del espacio. El smartphone se colocó con un cinturón elástico sobre la zona lumbosacra. Dos fisioterapeutas participaron en la sesión de pruebas. Uno de ellos colocaba el smartphone al participante, controlaba la ejecución del ejercicio y pedía a los participantes que corrigieran su posición cuando era necesario mediante estímulo manual, mientras que el otro supervisaba y anotaba los valores obtenidos.

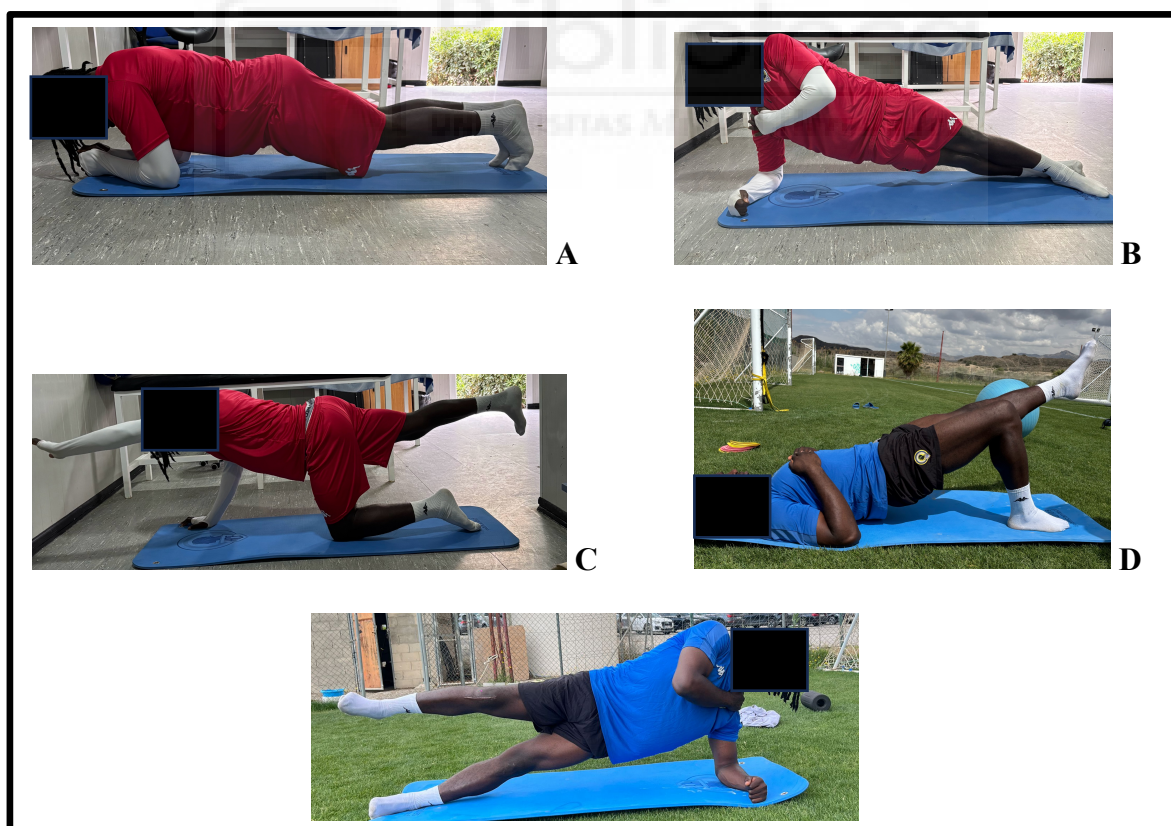


Figura 3. Tests de estabilidad del tronco. (A) Puente frontal; (B) Puente lateral; (C) Bird – dog; (D) Puente dorsal con apoyo de una sola pierna; (E) Puente lateral con apoyo de una sola pierna

- Registro de lesión

El registro de lesiones fue llevado a cabo por el responsable del área de fisioterapia y el responsable del área de preparación física del equipo. Se registraron las lesiones ocurridas durante la temporada 2024/2025. Fueron categorizadas como lesión aquellas que contaron con un diagnóstico médico, excluyendo aquellas dolencias que no contaron con éste.

Durante la temporada se registraron un total de 20 lesiones. Estas se han clasificado en los siguientes grupos: sobrecarga muscular ($n = 3$ lesiones), rotura muscular-tendinosa ($n = 13$ lesiones), lesión ósea-ligamentosa ($n = 4$ lesiones). La mayoría de las lesiones afectan al muslo, especialmente a los aductores e isquiotibiales. La severidad media de las lesiones oscila de leve a moderada.

Tratamiento de datos

Para registrar la fuerza isométrica máxima de los dos ensayos máximos de cada ejercicio se utilizó el resultado más alto (kg). Este resultado se almacenó por la aplicación móvil del dinamómetro y posteriormente, se registró en una hoja de Excel. Para facilitar la presentación de los resultados y debido a la poca diferencia entre piernas se cogió el lado dominante. Para la estabilidad del tronco de cada ejercicio, se empleó la variable de aceleración media proporcionada directamente por la aplicación, la cual se obtiene determinando la magnitud promedio del vector resultante de la aceleración en los tres ejes del espacio: vertical, anteroposterior y mediolateral (Heredia-Elvar et al., 2021; 2024). El valor obtenido de los dos ensayos fue registrado en una hoja Excel y se empleó el valor promedio de los dos ensayos. El registro de lesiones se llevó a cabo tras el diagnóstico médico propio de cada lesión, registrándose en una hoja Excel diversas características como la localización de la lesión, mecanismo lesional o gravedad de la lesión.

Adicionalmente, se exploró la relación entre los valores de las variables de tronco y miembro inferior de los deportistas que se lesionaron y los que no. Para ello, se calculó la media de las variables de interés en los grupos de jugadores lesionados (con al menos una lesión en cualquier categoría) y no lesionados (sin lesiones en ninguna categoría). Esta comparación se realizó de forma descriptiva, sin análisis de significación inferencial, debido al tamaño muestral. Posteriormente, se compararon con parámetros y valores

normativos descritos en la literatura para identificar perfiles de riesgo de lesión, como son la ratio flexores: extensores de rodilla < 0.6 (Ruas et al., 2015), ratio aductores: abductores de cadera < 0.8 (Belhaj et al; 2016), y asimetrías de la musculatura de miembro inferior y tronco $> 10\text{--}15\%$ (Maly et al., 2024). También se realizaron comparaciones específicas por tipo de lesión (sobrecarga muscular, rotura muscular-tendinosa y lesión óseo-ligamentosa), describiendo las diferencias encontradas entre las diversas variables.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se incluyeron los datos de los 25 jugadores, presentados como media y desviación estándar. La normalidad de la distribución de los datos se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Las correlaciones entre las variables de fuerza y estabilidad del tronco, fuerza de extremidades inferiores y asimetrías se analizaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Estos análisis se realizaron con el software JASP (versión 0.19.1; Eric-Jan Wagenmakers, Department of Psychological Methods, University of Amsterdam, Nieuwe Achtergracht 129B, Ámsterdam, Países Bajos). El coeficiente de correlación se interpretó como: bajo (0,30-0,49), moderado (0,50-0,69), alto (0,70-0,89) y muy alto ($\geq 0,90$) (Schober et al., 2018). El nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

REFERENCIAS

- Ayala, F., Moreno-Pérez, V., Vera-García, F. J., & De Ste Croix, M. (2019). Effects of core training on sport-specific performance and injury prevention in soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 39, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.06.004>
- Bahr, R. (2016). Why screening tests to predict injury do not work—and probably never will...: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 776–780. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096256>
- Bittencourt, N. F. N., Meeuwisse, W. H., Mendonça, L. D., Nettel-Aguirre, A., Ocarino, J. M., & Fonseca, S. T. (2016). Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition. *British Journal of Sports Medicine*, 50(21), 1309–1314. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095850>
- Carvalho, D., Ocarino, J., Cruz, A., Barsante, L., Teixeira, B., Resende, R., et al. (2021). The trunk is exploited for energy transfers of maximal instep soccer kick: a power flow study. *Journal of Biomechanics*, 121, 110425. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110425>
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469–1475. <https://doi.org/10.1177/0363546508316763>
- De Los Ríos-Calonge, J., Barbado, D., Prat-Luri, A., Juan-Recio, C., Heredia-Elvar, J. R., Elvira, J. L. L., & Vera-Garcia, F. J. (2024). Are trunk stability and endurance determinant factors for whole-body dynamic balance in physically active young males? A multidimensional analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 34(3), e14588. <https://doi.org/10.1111/sms.14588>
- Ekdahl, M., Ulman, S., & Butler, L. (2024). Relationship of knee abduction moment to trunk and lower extremity segment acceleration during sport-specific movements. *Sensors*, 24(5), 1454. <https://doi.org/10.3390/s24051454>

- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226–1232. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 364–373.
- Gurau, T. V., Gurau, G., Musat, C. L., Voinescu, D. C., Anghel, L., Onose, G., Munteanu, C., Onu, I., & Iordan, D. A. (2023). Epidemiology of injuries in professional and amateur football men (Part II). *Journal of Clinical Medicine*, 12(19), 6293. <https://doi.org/10.3390/jcm12196293>
- 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, 751569. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.751569>
- Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., de Los Ríos-Calonge, J., & Vera-Garcia, F. J. (2024). Exercise intensity progressions and criteria to prescribe core stability exercises in young physically active men: a smartphone accelerometer-based study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(2), 266–273. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004630>
- Hewett, T. E., & Myer, G. D. (2011). The mechanistic connection between the trunk, hip, knee, and anterior cruciate ligament injury. *Exercise and sport sciences reviews*, 39(4), 161–166. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3182297439>
- Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D. N., Wrigley, A., & Spears, I. R. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Medicine*, 38(12), 995–1008. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00004>

- Jones, P. A., Bampouras, T. M., & Marrin, K. (2019). Is strength and balance training enough to reduce recurrent ankle sprains in athletes? *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(1), 1–6. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0049>
- Juan-Recio, C., et al. (2014). Test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco. *Apunts. Educació Física i Esports*, VOL 3, núm. 117, 59–68. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2014/3\).117.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2014/3).117.06)
- Khayambashi, K., Ghoddosi, N., Straub, R. K., & Powers, C. M. (2016). Hip muscle strength predicts noncontact anterior cruciate ligament injury in male and female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 44(2), 355–361. <https://doi.org/10.1177/0363546515616237>
- King, E., Richter, C., Franklyn-Miller, A., & Falvey, E. (2021). Biomechanics and sports injury prevention: The state of play. *British Journal of Sports Medicine*, 55(4), 191–192. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103559>
- Lakshakar, P., Sathe, P., Sathe, A., & Kumar, D. V. (2022). Common sports injury in football players: A review. *International Journal of Science and Healthcare Research*, 7(2), 26–34. <https://doi.org/10.52403/ijshr.20220405>
- 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. *British Journal of Sports Medicine*, 54(12), 711–718. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099577>
- Maly, T., Hank, M., Verbruggen, F. F., Clarup, C., Phillips, K., Zahalka, F., Mala, L., & Ford, K. R. (2024). Relationships of lower extremity and trunk asymmetries in elite soccer players. *Frontiers in Physiology*, 15, 1343090. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1343090>
- McCall, A., Dupont, G., & Ekstrand, J. (2015). Injury prevention strategies, coach compliance and player adherence of 33 of the UEFA Elite Club Injury Study teams: A survey of teams' head medical officers. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 725–730. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095259>

- Mendiguchia, J., Conceição, F., Edouard, P., Fonseca, M., Pereira, R., Jiménez-Reyes, P., & Morin, J.-B. (2022). Sprinting in team sports: hamstring strain injuries may not be a 'running' problem. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(4), 533–537. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0375>
- Mendiguchia, J., Ford, K. R., Quatman, C. E., Alentorn-Geli, E., & Hewett, T. E. (2011). Sex differences in proximal control of the knee joint. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(7), 541–557. <https://doi.org/10.2165/11589140-000000000-00000>
- Nagahara, R., Matsubayashi, T., Matsuo, A., & Zushi, K. (2018). Kinematics of the thorax and pelvis during accelerated sprinting. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(9), 1253–1263. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07137-7>
- Niewiadomy, P., Szuścik-Niewiadomy, K., Kuszewski, M., Kurpas, A., & Kochan, M. (2021). The influence of rotational movement exercise on the abdominal muscle thickness and trunk mobility - randomized control trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 27, 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.05.008>
- Prieske, O., Muehlbauer, T., Borde, R., & Granacher, U. (2016). Neuromuscular and athletic performance following core strength training in young and adult athletes: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(11), 1733–1748. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0544-9>
- Reyes-Ferrada, W., Rodríguez-Perea, Á., Chirisa-Ríos, L., Martínez-García, D., & Jerez-Mayorga, D. (2022). Muscle quality and functional and conventional ratios of trunk strength in young healthy subjects: A pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12673. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912673>
- Ruas, C. V., Minozzo, F., Pinto, M. D., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1220–1226. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000766>

- Schober, P., Schwarte, L. A., & et al. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S. P., & Hölmich, P. (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 493–501. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00958.x>
- Trost, S. G., Hill, D. W., & Shaw, C. N. (2023). Functional role of trunk musculature in kinetic chain coordination during sport-specific movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(2), 359–367. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004278>
- van Dyk, N., Bahr, R., Burnett, A. F., Whiteley, R., Bakken, A., & Tol, J. L. (2017). A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: a prospective cohort study of 413 professional football players. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1695–1702. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097754>
- Wollin, M., Purdam, C., & Drew, M. K. (2016). Fiabilidad de las pruebas de fuerza de los isquiotibiales de dinamometría fija externamente en jugadores de fútbol juvenil de élite. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 93–96. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.01.012>