

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

Universidad Miguel Hernández de Elche



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

UNIVERSITAS Miguel Hernández

EJERCICIOS DE ESTABILIDAD DEL TRONCO PARA LA PREVENCIÓN DE LESIONES DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN FUTBOLISTAS

Alumno: Lázaro Medina Bellot

Tutor académico: Francisco José Vera García

Curso académico: 2022-2023

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN	4
MECANISMO DE LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN EL FUTBOLISTA	7
CRITERIOS PARA EL DESARROLLO DE EJERCICIOS DE ESTABILIDAD DEL TRONCO PARA FUTBOLISTAS.....	9
PROPUESTA DE EJERCICIOS DE EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS PRESENTADOS	10
LIMITACIONES Y PROSPECTIVAS DE FUTURO	14
REFERENCIAS.....	15



RESUMEN

En el fútbol, existe una alta incidencia de lesiones, destacando por su severidad las relacionadas con el ligamento cruzado anterior (LCA). Este trabajo presenta una propuesta de ejercicios de estabilidad del tronco para la prevención de las lesiones de LCA en futbolistas. Para la realización de esta propuesta, primero se ha analizado desde un punto de vista biomecánico el mecanismo habitual de lesión de LCA. Después, partiendo de este análisis se han desarrollado cuatro criterios para el diseño de ejercicios de estabilidad del tronco que tienen como objetivo retar la estabilidad en situaciones similares a las que acontecen durante una lesión del LCA. Partiendo de estos criterios se ha desarrollado una propuesta de ejercicios alejada de los ejercicios de estabilidad del tronco convencionales, los cuales entendemos que no son específicos para los futbolistas, ya que se realizan en posiciones poco funcionales, como decúbito prono, decúbito supino, decúbito lateral, cuadrupedia, etc. La propuesta parte del ejercicio conocido como el "Avión" o el "Aeroplano", ejercicio de "antirrotación" que consiste en realizar movimientos de abducción y aducción de la cadera en apoyo monopodal, con los brazos en cruz para simular que somos un "avión", intentando mantener la columna y la pelvis en posición neutra. El ejercicio cumple dos de los cuatro criterios establecidos y ha servido de base para plantear otros 10 ejercicios: i) 4 ejercicios sin desplazamiento, realizando el movimiento del avión mientras se aplican fuerzas laterales sobre la pelvis o el tórax con una goma elástica o apoyados lateralmente sobre un fitball; ii) 6 ejercicios con desplazamiento, que combinan los ejercicios anteriores con acciones de salto en diferentes direcciones. Es necesario realizar estudios correlacionales y, especialmente, experimentales con grupos control apropiados, para establecer de manera concluyente si la incorporación de los ejercicios propuestos mejora la estabilidad del tronco y disminuye el riesgo de lesiones de LCA en futbolistas.

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

INTRODUCCIÓN

El fútbol, es ampliamente considerado como el deporte más popular a nivel mundial, con una importante base de aficionados (alrededor de 240 millones de personas) y unos 200.000 deportistas que lo practican de manera profesional (Arliani et al., 2017). En esencia, este deporte se lleva a cabo en entornos naturales utilizando superficies como la hierba.

El fútbol, se distingue por ser un deporte que involucra movimientos rápidos y cortos, como aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección y saltos, existiendo un alto grado de contacto físico entre los jugadores, lo que supone un elevado riesgo de lesión (Arliani et al., 2017). En este sentido, según una revisión sistemática con metaanálisis sobre las lesiones en el fútbol (López-Valenciano et al., 2020), este deporte presenta una alta tasa de lesiones (8,1 lesiones por cada 1000 horas de exposición), siendo significativamente mayor 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 trabajo mostró también que las lesiones más frecuentes suelen ser traumáticas y ocurren principalmente en las extremidades inferiores (6,8 lesiones por cada 1000 horas de exposición), especialmente en las estructuras musculares y tendinosas (4,6 lesiones por cada 1000 horas de exposición), y que la mayoría de las lesiones son de carácter leve (3,1 por cada 1000 horas de exposición), con una duración de entre 1 a 3 días de recuperación (López-Valenciano et al., 2020). Asimismo, otros trabajos han demostrado que cerca del 86% de las lesiones en el fútbol son consecuencia del contacto con otro jugador, lo que sugiere que el juego de contacto es un factor importante para el riesgo de lesión (Junge et al., 2004), y que la probabilidad de sufrir lesiones aumenta en el tramo intermedio del partido (minutos 61-75) y disminuye en los últimos 15 min (minutos 76-90) (Noya Salces et al., 2012).

El origen de las lesiones en el fútbol es multifactorial, destacando factores intrínsecos, como la edad, la antropometría, la condición física, las lesiones previas o una readaptación inadecuada (Llana Belloch et al., 2010), y factores extrínsecos relacionados con la metodología de entrenamiento, el tipo de equipamiento utilizado, circunstancias del partido, momento de la temporada, la superficie del campo de juego y las condiciones climáticas, principalmente (Llana Belloch et al., 2010; Noya Salces et al., 2012). Entre las variables de la condición física asociadas a las lesiones de los futbolistas, podemos destacar los déficits en la estabilidad del tronco/core durante la generación de fuerza muscular o en respuesta a perturbaciones (Vera-García et al., 2015; Zazulak et al., 2007). Como la parte superior del cuerpo representa alrededor de dos tercios del peso corporal, es esencial tener un buen control de los movimientos y la postura del tronco durante acciones de giro o cambio de dirección. Si el control neuromuscular del tronco durante estas acciones es deficiente, el tronco puede desplazarse sin control y someter a la rodilla a altos niveles de estrés (Figura 1) (Zazulak et al., 2008). En este sentido, diversos estudios sobre los factores asociados a la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), han mostrado como en ocasiones esta lesión está relacionada con un desplazamiento incontrolado del tronco hacia la pierna de apoyo (inclinación lateral hacia la pierna de apoyo con rotación del tronco hacia la otra pierna, Figura 1), lo que favorece el mecanismo habitual de lesión del LCA, es decir, el valgo dinámico de rodilla con rotación interna y aducción de cadera (Della Villa et al., 2020; Parsons et al., 2021). El incremento brusco del movimiento en la rodilla en los planos frontal y transversal, puede causar una gran tensión en los ligamentos de la rodilla y supone un importante riesgo de lesión en el LCA (Zazulak et al., 2007). En este sentido, ciertos autores señalan la importancia de tener una buena estabilidad del tronco para optimizar la producción de fuerza y minimizar el estrés articular en los gestos deportivos (Kibler, W. B., et al 2006), lo que parece estar relacionado tanto con la prevención de lesiones como con el rendimiento deportivo (Vera-García et al., 2015).

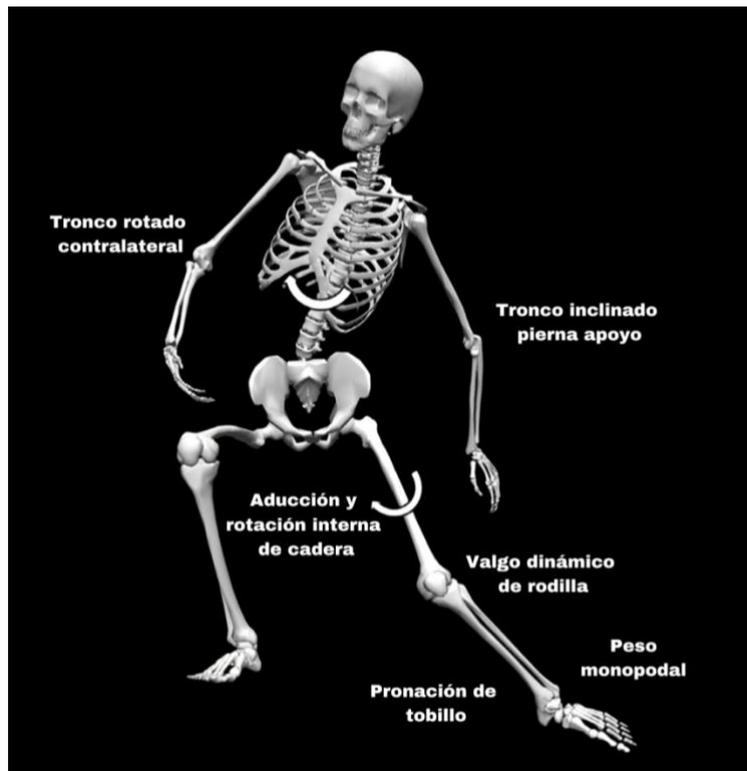


Figura 1. Imagen de Della Villa et al. (2020), modificada para mostrar el mecanismo habitual de lesión del ligamento cruzado anterior.

Considerando la relación de la estabilidad del tronco con la prevención de lesiones y el rendimiento deportivo, los ejercicios diseñados para mejorar esta cualidad son elementos habituales de los programas de entrenamiento de los futbolistas (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). Según estudios experimentales (Akif Afyon, 2014; Doganay et al., 2020; Hoshikawa et al., 2013; Imai et al. 2014; Prieske et al., 2016) y manuales de entrenamiento del futbolista (Amateur Athletic Foundation of Los Angeles. et al., 1995; Cometti, 2019; Price, 2012), los ejercicios de estabilidad del tronco que forman parte de estos programas se realizan habitualmente en decúbito prono, decúbito supino, decúbito lateral y cuadrupedia (Figura 2), siendo ejercicios genéricos realizados en posiciones poco funcionales para el futbolista y similares a los realizados en el fitness o en otros deportes (Sasaki et al., 2019). Teniendo en cuenta la necesidad de generar estímulos específicos para la mejora de la estabilidad del tronco en los deportistas (Barbado et al., 2016; Vera-Garcia et al., 2019), Brull-Muria & Beltran-Garrido (2021) desarrollaron un estudio experimental donde diseñaron ejercicios de estabilidad del tronco más funcionales, imitando los movimientos y posturas habituales de los futbolistas, es decir, ejercicios en posición de pie, involucrando los tres planos de movimiento, reproduciendo patrones específicos de movimiento, realizados a máxima velocidad, ejecutados con un componente antirrotacional y predominantemente unilaterales. No obstante, según los resultados de este estudio, los ejercicios específicos produjeron efectos similares a los producidos por ejercicios genéricos en un test de velocidad y otro de cambios de dirección en futbolistas. Este es el único trabajo de estas características que hemos encontrado en la literatura científica y presenta limitaciones metodológicas importantes (ausencia de grupo control, programa de entrenamiento de corta duración, etc.), por lo que es necesario el desarrollo de nuevos estudios que nos permitan conocer cuáles deberían ser las características de los ejercicios de estabilidad del tronco para mejorar el rendimiento deportivo y prevenir la aparición de lesiones en futbolistas.



Figura 2. Ejemplo de ejercicios utilizados habitualmente para mejorar la estabilidad del tronco en el fútbol: A) decúbito prono; B) decúbito lateral; C) cuadrupedia; D) decúbito supino (destacar que este ejercicio no es un ejercicio de estabilidad del tronco, sino de resistencia, pero es utilizado habitual y erróneamente como ejercicio de estabilidad).

Por tanto, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado es desarrollar ejercicios de estabilidad del tronco para la prevención de lesiones de LCA en futbolistas. Para el desarrollo de estos ejercicios se partirá de un análisis de los factores de riesgo asociados a la lesión de LCA, prestando especial atención al mecanismo habitual de lesión. En base a este análisis y a la información presentada previamente en el trabajo de Brull-Muria & Beltran-Garrido (2021), se establecerán criterios para el desarrollo de los ejercicios de estabilidad del tronco.

MECANISMO DE LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN EL FUTBOLISTA

La mayoría de las lesiones de LCA de los futbolistas se producen habitualmente durante cambios de dirección, desaceleraciones rápidas y aterrizajes (Dedinsky et al., 2017; Grassi et al., 2020; Shimokochi & Shultz, 2008), generalmente sin contacto directo o bien por contacto o choque de un rival sobre el tronco del futbolista lesionado (no directamente sobre la rodilla) (Dedinsky et al., 2017; Della Villa et al., 2020) (Figuras 2 y 3), siendo los defensas y los centrocampistas los más afectados (Della Villa et al., 2020; Grassi et al., 2020).

Aunque son muchos los factores extrínsecos (calzado, superficie de juego, etc.) e intrínsecos (historial previo lesivo, pronación de tobillo, valgo de rodilla, ángulo Q, índice de masa corporal, edad, sexo, control postural, escasa activación de los isquiotibiales, ratio de fuerza entre cuádriceps e isquiotibiales, fatiga muscular, aumento de la laxitud anteroposterior de la rodilla, menor muesca intercondílea, etc.) que han sido asociados a la lesión de LCA (Dedinsky et al., 2017; Hewett et al., 2016; Parsons et al., 2021; Smith et al., 2012), estudios biomecánicos han determinado que el mecanismo más habitual de lesión es el siguiente (Della Villa et al., 2020; Grassi et al., 2020; Hewett et al., 2016; Parsons et al., 2021):

- *Posición inicial previa a la lesión de LCA* (imágenes A y C en la Figura 3): la mayor parte del peso corporal está apoyado sobre la pierna que se va a lesionar, con el tronco erguido o inclinado hacia esta pierna. La pierna referida tiene la cadera en abducción, la rodilla ligeramente flexionada (10-30°) y en posición de valgo o posición neutra (plano frontal) y el tobillo en pronación (Della Villa et al., 2020; Parsons et al., 2021).
- *Movimientos en los planos frontal y transversal que producen la lesión* (imágenes B y D en la Figura 3 y Figura 4): partiendo de la posición descrita anteriormente, se produce una brusca rotación interna y/o aducción de cadera con valgo dinámico de rodilla, quedándose la pierna bloqueada en el plano horizontal (lo que produce una importante torsión en la rodilla) (Della Villa et al., 2020). Estos movimientos de la pierna de apoyo, se acompañan generalmente por una inclinación del tronco hacia dicha pierna y una rotación de este hacia la pierna contraria (Della Villa et al., 2020; Parsons et al., 2021).



Figura 3. Imágenes extraídas del análisis de vídeo realizado por Della Villa et al. (2020) para mostrar el mecanismo más habitual de lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas profesionales: A y C) momento previo a la lesión; B y D): momento de la lesión.



Figura 4. Imagen del momento de la lesión de ligamento cruzado anterior de Jesé Rodríguez (jugador del Real Madrid), durante un partido de Champions League en la temporada 2013-2014, extraída de la versión digital del diario deportivo AS.com (https://as.com/futbol/2014/03/18/album/1395175426_764477.html) y modificada para mostrar la fuerza aplicada sobre el jugador y los movimientos que producen la lesión en la rodilla.

CRITERIOS PARA EL DESARROLLO DE EJERCICIOS DE ESTABILIDAD DEL TRONCO PARA FUTBOLISTAS

Considerando los factores de riesgo y los mecanismos de lesión del LCA analizados en el apartado anterior, a continuación, se detallan una serie de criterios para el diseño de ejercicios de estabilidad del tronco orientados a la prevención de lesiones de LCA en futbolistas:

- **Criterio 1:** Partiendo de la definición de estabilidad del tronco de Vera-García et al. (2015), estos ejercicios deben retar la capacidad *“para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco, cuando este es sometido a fuerzas internas o externas”*. Atendiendo al criterio de especificidad (Barbado et al. 2016; Vera-García et al., 2019) y considerando que algunas de las lesiones de LCA han sido relacionadas con la pérdida de control del tronco en los planos frontal y transversal (Della Villa et al., 2020; Grassi et al., 2020; Hewett et al., 2016; Parsons et al., 2021), los ejercicios de estabilidad del tronco se centrarán en retar el control del movimiento y la postura del tronco en estos planos.
- **Criterio 2:** En las lesiones del LCA que se producen por contacto con otros jugadores, el contacto suele ocurrir en el tronco (Della Villa et al., 2020), por tanto, durante los ejercicios se aplicarán fuerzas súbitas o impactos sobre el tórax y/o la pelvis.
- **Criterio 3:** Como frecuentemente las lesiones del LCA se producen en la pierna que soporta la mayor parte del peso corporal, los ejercicios se realizarán en apoyo monopodal.

- **Criterio 4:** Muchas de las lesiones del LCA ocurren durante un cambio de dirección, un aterrizaje o una desaceleración brusca. Por ello, los ejercicios irán progresando desde acciones más estáticas y localizadas en el tronco a acciones más dinámicas y globales que impliquen cambios de dirección, saltos y aterrizajes.

Asimismo, hay factores como el calzado, la superficie de juego o la fatiga, los cuales se podrán incluir en el desarrollo de estos ejercicios para brindar al deportista una mayor especificidad de las condiciones de su deporte.

PROPUESTA DE EJERCICIOS DE EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS PRESENTADOS

En relación con la prevención de lesiones del LCA, los ejercicios que parecen mostrar los mayores beneficios se centran en aspectos como la flexibilidad, la pliometría, el equilibrio dinámico, la fuerza, la percepción corporal, así como el control y la estabilidad del tronco (García-Taibo et al. 2015). En este Trabajo Fin de Grado, nos hemos centrado en la selección y diseño de ejercicios para la prevención de lesiones del LCA a través de la mejora de la estabilidad del tronco. Para ello, nos hemos alejado de los ejercicios convencionales de estabilidad del tronco, realizados en condiciones poco específicas para el futbolista (decúbito prono, decúbito supino, decúbito lateral, cuadrupedia, etc.), y hemos desarrollado criterios para el diseño de ejercicios que reten la estabilidad del tronco en condiciones similares a las habituales cuando se produce una lesión de LCA.

Tras revisar la literatura, sólo hemos encontrado un ejercicio que parece cumplir varios de los criterios presentados en el apartado anterior (criterios 1 y 3): el Avión o Aeroplano (del inglés "Airplane") (Cochrane et al., 2017). Este es un ejercicio de "antirrotación" que consiste en realizar movimientos de abducción y aducción de la cadera en apoyo monopodal (criterio 3), intentando mantener la columna y la pelvis en posición neutra (criterio 1: el deportista tiene que evitar la rotación del tórax sobre la pelvis y viceversa), con los brazos en cruz para simular que somos un "avión" (lo que aumenta la inercia angular) (Figura 5). Durante la ejecución del ejercicio, aunque el objetivo principal es evitar la rotación del tronco al mover la cadera en el plano frontal, el deportista debe controlar también la posición de la rodilla y el tobillo de la pierna de apoyo en los planos donde se producen más desequilibrios (frontal y transversal, principalmente).



Figura 5. Imágenes de la ejecución del ejercicio conocido como el Avión o el Aeroplano: A) posición inicial; B) posición final.

Considerando que el Avión es un ejercicio que reta la estabilidad del tronco en condiciones que, en cierto modo, se asemejan a las que acontecen durante las lesiones del LCA, este se utilizó de referencia para el diseño de ejercicios de estabilidad del tronco para futbolistas. A continuación, se presenta una propuesta de ejercicios, basada en el Avión, que atiende a los criterios presentados en el apartado anterior y que evoluciona en tres fases, desde la ejecución más convencional del Avión, hasta tareas dinámicas que implican saltos y desplazamientos en diferentes direcciones. Desde nuestro punto de vista, es necesario superar claramente cada fase para pasar a la siguiente, es decir, mostrar un buen control del tronco y de la posición de la rodilla durante los ejercicios, sobre todo en los planos frontal y transversal.

Fase I) Ejercicio base (cumple los criterios 1 y 3):

- El Avión (ejecución convencional). En el siguiente código QR (del inglés Quick Response code), se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



Fase II) Ejercicios sin desplazamiento (cumplen los criterios 1, 2 y 3):

- El Avión con una goma elástica aplicada sobre la pelvis que genera fuerzas laterales hacia el lado contrario a la pierna de apoyo. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- El Avión con una goma elástica aplicada sobre el tórax, que genera fuerzas laterales hacia el lado de la pierna de apoyo. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- El Avión con el cuerpo apoyado lateralmente, sobre un fitball a la altura de la pelvis, en el lado de la pierna de apoyo. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- El Avión con el cuerpo apoyado lateralmente, sobre un fitball a la altura del tórax, en el lado de la pierna elevada. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



Fase III) Ejercicios con saltos y desplazamientos (cumplen los criterios 1, 2, 3 y 4):

- El Avión más salto vertical con una goma elástica aplicada sobre la pelvis que genera fuerzas laterales hacia el lado contrario a la pierna de apoyo. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- El Avión más salto vertical con goma elástica aplicada sobre el tórax que genera fuerzas laterales hacia el lado de la pierna de apoyo. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- El Avión más saltos laterales con goma elástica aplicada sobre la pelvis que genera fuerzas laterales hacia el lado contrario a la pierna de apoyo. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- El Avión más saltos laterales con goma elástica aplicada sobre el tórax que genera fuerzas laterales hacia el lado de la pierna de apoyo. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- El Avión más salto adelante, salto al lado de la pierna de apoyo y salto al lado de la pierna contraria con goma elástica a la altura de la pelvis. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



- Avión más salto adelante, salto al lado de la pierna contraria y salto al lado de la pierna de apoyo con goma elástica a la altura del tórax. En el siguiente código QR, se puede ver el vídeo de la ejecución de este ejercicio.



LIMITACIONES Y PROSPECTIVAS DE FUTURO

Aunque el presente trabajo se basa un análisis biomecánico del mecanismo habitual de lesión de LCA y plantea una propuesta innovadora para el desarrollo de la estabilidad del tronco en situaciones similares a las que se han relacionado con las lesiones de LCA en futbolistas, presenta algunas limitaciones que deben abordarse en futuras investigaciones. La principal limitación es que esta es una propuesta de ejercicios que no ha sido validada por estudios experimentales, los cuales serían necesarios para mostrar si realmente trabajar la estabilidad del tronco en estas condiciones (apoyo monopodal, fuerzas aplicadas sobre el tronco que retan la estabilidad en los planos frontal y transversal, etc.) produce mayores mejoras a las que pueda generar la utilización de ejercicios convencionales (puentes o planchas, bird-dog, etc.). Otra limitación de este trabajo es que, aunque nos hemos centrado en el mecanismo más habitual de lesión de LCA, existen otros mecanismos de lesión de LCA (ejemplo: hiperextensión brusca de rodilla). En este sentido, quizá sería necesario analizar estos mecanismos y desarrollar otros criterios que podrían complementar los planteados en este trabajo. Finalmente, la mayor parte de información sobre los mecanismos de lesión de LCA que hemos encontrado en la literatura, proviene de trabajos realizados en muestras de hombres, por lo que es posible que estos ejercicios deban plantearse principalmente en esta población y que sea necesario elaborar otros criterios y ejercicios específicos para mujeres.

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>
- 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

- 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>
- 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>
- 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.
- 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., García-Gómez, A., Vera-García, 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>
- 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>
- 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

Smith, H. C., Vacek, P., Johnson, R. J., Slauterbeck, J. R., Hashemi, J., Shultz, S., & Beynnon, 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. (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*.

