

<https://doi.org/10.5232/ricyde2021.06505>

Valoración del riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior en jugadoras de fútbol amateur

Risk assessment of anterior cruciate ligament injury in female amateur football players

Alba Prieto-Valle, Alba Aparicio-Sarmiento, Raquel Hernández-García

Universidad de Murcia. España

Resumen

Escasos trabajos han valorado el riesgo de lesión del LCA en fútbol femenino mediante un enfoque multifactorial. El objetivo del presente estudio fue describir los déficits funcionales y las asimetrías manifestadas por jugadoras de fútbol en diferentes pruebas de valoración, con el fin de realizar un análisis integrador del riesgo de lesión desde diferentes perspectivas funcionales y mecánicas. En este estudio de caso participaron 17 jugadoras de fútbol femenino de categoría Primera Autonómica y Preferente Autonómica Femenina española, con rangos de edad de 14 a 23 años. Las pruebas realizadas fueron: OverHead Squat (OHS), Drop Vertical Jump Test (DVJ), Tuck Jump (TJ) y Triple Hop Test (TH). Se halló que todas las jugadoras presentaron mejores resultados para la pierna dominante, mostrando una media mayor de flexión lateral del tronco (TLFA) al aterrizar con la pierna izquierda ($8,88 \pm 5,15^\circ$) que al aterrizar con la derecha ($7,05 \pm 5,40^\circ$) en el DVJ unipodal. Además, se encontró que gran parte de las jugadoras (41,20%) presentaron riesgo medio de lesión en el OHS, así como un desplazamiento medio de las rodillas en sentido medial (valgo) en el aterrizaje bipodal del DVJ (-1,88 cm), mientras que la mayoría de ellas (65%) no mostraron asimetrías neuromusculares de miembro inferior. En conclusión, las jugadoras muestran principalmente déficits funcionales en la estabilidad central (CORE) y en la estabilidad de rodilla para resistir y transmitir fuerzas en acciones de alto riesgo para el LCA como los saltos-aterrizajes. Por tanto, estos déficits deberían ser abordados de forma integral con las futbolistas.

Palabras claves: ligamento cruzado anterior, test de salto, fútbol femenino, test funcional.

Abstract

Few studies have assessed ACL injury risk in women's football using a multifactorial approach. The aim of the present study was to describe the functional deficits and asymmetries manifested by female football players in different tests, in order to perform an integrative analysis of injury risk from different functional and mechanical perspectives. This case study involved 17 female football players from the Spanish Leagues of "Primera Autonómica" and "Preferente Autonómica Femenina", aged from 14 to 23 years old. The tests applied were: OverHead Squat (OHS), Drop Vertical Jump Test (DVJ), Tuck Jump (TJ) and Triple Hop Test (TH). It was found that all players presented better results for the dominant leg, showing a higher mean lateral trunk flexion (TLFA) when landing with the left leg ($8.88 \pm 5.15^\circ$) than when landing with the right leg ($7.05 \pm 5.40^\circ$) in the unipodal DVJ. Furthermore, it was found that a large proportion of the players (41.20%) presented a medium risk of injury in the OHS, as well as a mean medial knee displacement (valgus) in the bipodal DVJ landing (-1.88 cm), while most of them (65%) did not show neuromuscular asymmetries of the lower limb. In conclusion, the players mainly show functional deficits in core stability (CORE) and knee stability to resist and transmit forces in high-risk actions for the ACL such as jump-landing tasks. Therefore, these deficits should be addressed comprehensively with female players.

Keywords: anterior cruciate ligament; jump test; female soccer; functional test.

Correspondencia/correspondence: Alba Prieto Valle
Universidad de Murcia. España
Email: alba.prietov@um.es

Introducción

Según Montalvo, Schneider, Silva, Yut, Webster, Riley, Kiefer, Doherty-Restrepo, y Myer (2018) la incidencia de la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) en el deporte, es mayor en mujeres que en hombres. Concretamente en fútbol, la proporción de lesiones del LCA es mayor en hombres, mientras que la incidencia de esta lesión es de más del doble en fútbol femenino cuando se relativiza en función del número de exposiciones a entrenamientos y partidos (Montalvo, Schneider, Yut, Webster, Beynnon, Kocher, y Myer, 2019). La función del LCA es la de impedir el desplazamiento anterior de la tibia con relación al fémur, así como la de estabilización de la rodilla principalmente en los movimientos de esta articulación en el plano frontal (varo y valgo) y transversal (rotaciones) bajo carga (Forriol, Maestro, y Martín, 2008).

Se ha informado que el 70% - 84% de las lesiones de LCA en mujeres futbolistas ocurren sin contacto (Kaneko, Sasak, Hirose, Nagano, Fukano, y Fukubayashi, 2017). Las maniobras más influyentes en la lesión de LCA según varios autores son el momento de desaceleración repentina antes de un cambio de dirección (COD) y en el aterrizaje tras un salto (Faunø y Jakobsen, 2006; Hewett, Torg, y Boden, 2009; Kaneko y col., 2017). Según Hewett y col. (2009) las futbolistas lesionadas de LCA al aterrizar tras un salto, mostraron un mayor movimiento lateral del tronco y abducción de la rodilla (valgo). Son varios los factores comunes del mecanismo de lesión: valgo de rodilla, movimiento lateral del tronco con el cuerpo desplazado sobre la pierna lesionada y la superficie plantar fija en la superficie de juego, desplazada del centro de masa del cuerpo, y flexión insuficiente de la rodilla (<30°) (Hewett y col., 2009). Algunos autores definen colapso de valgo como un desplazamiento medial sustancial de la rodilla, que podría resultar de la abducción de cadera, rotación interna de la cadera, aducción de rodilla y rotación tibial externa (Waldén, Krosshaug, Bjørneboe, Andersen, Faul, y Hägglund, 2015). Esta rotación tibial externa se produce al aplicar una carga en valgo, que da lugar a que el ligamento colateral medial se tense y se produzca una compresión lateral (Koga, Nakamae, Shima, Iwasa, Myklebust, Engebretsen, y Krosshaug, 2010). Esta carga de compresión, así como el vector de fuerza anterior causado por la contracción del cuádriceps, provoca un desplazamiento del fémur en relación con la tibia, donde el cóndilo femoral lateral se desplaza hacia atrás y la tibia se traslada hacia delante y gira internamente, lo que da como resultado la rotura del LCA (Koga y col., 2010).

El mecanismo lesional analizado pone de manifiesto algunas de las causas que podrían subyacer a la lesión del LCA, sin embargo, existen multitud de factores de riesgo y, por lo tanto, podemos afirmar que se trata de un fenómeno multifactorial (Davies, Mccarty, Provencher, y Manske, 2017). En este sentido, se pueden diferenciar factores extrínsecos o contextuales y factores intrínsecos. En cuanto a factores extrínsecos, se encuentran factores como el terreno de juego, el resultado, ubicación, características climáticas y tipo de calzado (Alentorn-Geli, Myer, Silvers, Samitier, Romero, Lázaro-Haro, y Cugat, 2009; Vescovi y Falenchuk, 2019). Por otro lado, destacan diversos factores intrínsecos, como los factores hormonales, ya que las concentraciones de hormonas sexuales femeninas cambian a lo largo del ciclo menstrual y el patrón de cambio puede no ser constante de un ciclo a otro (Smith, Vacek, Johnson, Slaughterbeck, Hashemi, Shultz, y Beynnon, 2012). Una razón fundamental para estudiar las hormonas sexuales se basa en la investigación que ha identificado sitios receptores de estrógeno y progesterona en el LCA, y esto ha introducido la hipótesis de que las hormonas sexuales femeninas tienen un efecto sobre el metabolismo (síntesis y escisión de los componentes de la matriz), composición, y propiedades biomecánicas del LCA (Smith y col., 2012). Se ha reportado un mayor riesgo de sufrir una lesión de LCA durante la fase

preovulatoria del ciclo menstrual (Smith y col., 2012), aunque se necesita más investigación para desarrollar una medida validada que pueda usarse para caracterizar el estado de la fase del ciclo menstrual en el momento del trauma y aplicarla a los estudios diseñados para determinar si existen vínculos entre la fase del ciclo, la dosificación aguda de hormonas sexuales y el riesgo de sufrir una lesión de LCA (Smith y col., 2012). Además, factores anatómicos como, un área intercondílea femoral más pequeña de lo habitual, “genu recurvatum” y “genu varu”, pronación excesiva del pie y una alineación alterada de las extremidades inferiores resultante de la diferencia del diámetro de la relación pélvica y la longitud femoral (mayor ángulo Q) (Forcada, Pons, Seijas, Sallent, Domínguez, Ares, y Álvarez, 2017). Además, se debe tener en cuenta a aquellas atletas con antecedentes de rotura de LCA, ya que tienen seis veces más probabilidad de lesionarse el LCA durante el deporte en comparación con las atletas sin antecedentes de lesión del LCA (Brumitta, Mattocksb, Engilisc, Isaakd, y Loewea, 2019).

En cuanto a factores intrínsecos neuromusculares, cabe destacar la contracción del cuádriceps respecto a la activación de la musculatura isquiosural en el momento de la lesión (Boden, Sheehan, Torg, y Hewett, 2010; Olsen, Myklebust, Engebretsen, y Bahr, 2004). Se ha informado que el cuádriceps es capaz de cargar el LCA durante todo el movimiento de la rodilla, especialmente entre los 0° y 30° de flexión (Boden, y col., 2010; Olsen, y col., 2004). El cuádriceps puede verse como un antagonista del LCA, por tanto, una contracción muy potente de esta musculatura, unida a un déficit de activación de los isquiosurales junto con una escasa flexión de rodilla, constituyen un factor de riesgo de lesión del LCA (Boden, y col., 2010; Olsen, y col., 2004). Este patrón de flexión de rodilla superficial se corresponde estrechamente con la posición estimada de la rodilla al momento de la lesión en muchas atletas (Boden, y col., 2010; Olsen, y col., 2004).

Además, las restricciones en el rango de movimiento (ROM) de la dorsiflexión de tobillo podrían estar asociadas con un mayor riesgo de padecer una lesión de LCA (Dill, Begalle, Frank, Zinder, y Padua, 2014; Fong, Blackburn, Atc, Norcross, Mcgrath, y Padua, 2011). Varios investigadores han identificado una posible relación entre el rango limitado de movimiento de dorsiflexión en la cinemática del tobillo y un desplazamiento medial de la rodilla, que puede aumentar el riesgo de lesión del LCA (Davies y col., 2017; Dill y col., 2014; Fong y col., 2011; Hoch, J.M., Baez, y Hoch, M.C., 2019; Rabin, Sigal, y Zvi, 2016). Las limitaciones en la dorsiflexión del tobillo a menudo van acompañadas de un menor movimiento del plano sagital en las articulaciones proximales, como la rodilla y el tronco, dando lugar a aumentos compensatorios en los movimientos del plano frontal y transversal que son potencialmente perjudiciales para el LCA (Dill y col., 2014; Rabin y col., 2016).

Es de gran interés para clubes y cuerpos técnicos detectar el riesgo de lesión del LCA, ya que esta lesión puede causar un largo tiempo de baja y puede poner en peligro la carrera deportiva de la jugadora, además de suponer un coste económico importante (Waldén y col., 2015). No obstante, y considerando que el riesgo de lesión es multifactorial (Davies y col., 2017), son numerosas las pruebas que han sido testeadas y utilizadas para localizar posibles factores que incrementen el riesgo de lesión (Cook, Burton, y Hoogenboom, 2006; Hewett, Myer, Ford, Heidt, Colosimo, McLean, Van den Bogert, Paterno, y Succop, 2005; Myer, Ford, y Hewett, 2008; Myers, Jenkins, Killian, y Rundquist, 2014). Por ello, se considera necesario realizar valoraciones funcionales integrales, que incluyan varias pruebas, con el objetivo de analizar el riesgo de lesión desde diferentes perspectivas. Esto permitirá relacionar la información extraída para establecer un punto de partida individual con la finalidad principal de diseñar programas de optimización para cada jugadora.

Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue describir los déficits funcionales y las asimetrías manifestadas por las jugadoras de fútbol en las diferentes pruebas funcionales analizadas. Como objetivo secundario, se planteó establecer directrices generales de intervención para reducir el riesgo de lesión del LCA atendiendo a las limitaciones detectadas en la evaluación previa.

Método

Diseño y participantes

Se trató de un estudio de caso. La muestra en esta investigación estuvo constituida por 17 jugadoras de fútbol femenino de categoría Primera Autonómica Femenina y Preferente Autonómica Femenina española de la localidad murciana de Cartagena (España), con rangos de edad de 14 a 23 años (edad media: $17,05 \pm 3,24$ años; peso medio: $57,88 \pm 8,64$ kg; altura media: $164,23 \pm 7,39$ cm; longitud media pierna derecha: $88,06 \pm 3,70$ cm; longitud media pierna izquierda: $88,21 \pm 3,98$ cm). Un total de 16 jugadoras señalaron la pierna derecha como pierna dominante y sólo una señaló la izquierda. Las jugadoras entrenaban una media de 4,3 horas semanales, distribuidas en tres sesiones de una hora y media (lunes, miércoles y viernes), además del partido del fin de semana.

Los criterios de inclusión para formar parte del estudio fueron: a) tener, como mínimo, un año de experiencia en el entrenamiento de fútbol; b) formar parte de la actividad competitiva del equipo al menos durante el último año y c) encontrarse en activo y no presentar ninguna lesión que pudiera impedir la realización de las pruebas.

Procedimiento

Las participantes fueron evaluadas en una única sesión de dos horas de duración, realizada en el campo habitual de entrenamiento. Las diferentes pruebas de valoración se organizaron en circuito y las jugadoras fueron distribuidas a cada prueba en pequeños grupos.

Inicialmente, se registraron datos personales, antropométricos y deportivos como la pierna dominante, las lesiones previas, la edad, el peso, la talla, la longitud de la pierna, el puesto de juego, así como la carga de entrenamiento y competición habitual.

Posteriormente, se evaluó la calidad de movimiento del patrón de triple flexo-extensión de cadera-rodilla-tobillo a través del Overhead Squat Test (OHS), las asimetrías en el control neuromuscular a través del Triple Hop Test (TH) y las mecánicas de riesgo en el aterrizaje bipodal y unipodal mediante los test Drop Vertical Jump bipodal (DVJ), Drop Vertical Jump unipodal (DVJ-mono) y Tuck Jump Test (TJ) (Figura 1).



Figura 1. Pruebas de valoración realizadas en el estudio [OHS: Overhead Squat;; DVJ: Drop Vertical Jump bipodal; DVJ-mono: Drop Vertical Jump unipodal; TJ: Tuck Jump test; TH: Triple Hop Test].

La aplicación de cada una de las pruebas se llevó a cabo atendiendo a los procedimientos descritos en la literatura previa. De esta manera, para la prueba del OHS se tomó de referencia los estudios de Hernández-García, Gil-López, Martínez-Pozo, Martínez-Romero, Aparicio-Sarmiento, Cejudo, Sainz de Baranda, y Bishop (2020) y Hernández-García, Aparicio-Sarmiento, Palao, y Sainz de Baranda (2020), mientras que para el TH se siguió el procedimiento descrito por Barber, Noyes, Mangine, y DeMaio (1992). Por otra parte, el DVJ se realizó atendiendo a la metodología descrita en el trabajo de Myer, Ford, y Hewett (2010), a su vez, para la aplicación del DVJ-mono se tomó de referencia el estudio de Dingenen, Malfait, Nijs, Peers, Vereecken, Verschueren, y Staes (2015), a excepción de que las participantes debían efectuar una acción de salto vertical tras una caída desde un cajón de 40 cm de altura.

Para la grabación del OHS, DVJ y DVJ-mono, se utilizaron dos cámaras (Cámara Bridge - Panasonic Lumix DC-FZ82, Sensor MOS, 18.1 MP, Video 4K, 60x/120x, Wi-Fi, Objetivo) situadas en un trípode a la altura de la cadera de las participantes. La distancia de la cámara al sujeto fue regulada para que fuese la más cercana posible siempre que el cuerpo completo del participante apareciera dentro del plano de grabación tanto en el plano frontal como sagital. Todos los vídeos fueron analizados con el programa de videoanálisis cinemático Kinovea (versión 0.8.25).

Para la valoración del riesgo en cada prueba, se analizaron variables de referencia reconocidas internacionalmente. En el OHS se analizó el número de compensaciones o déficits funcionales observables manifestados (Bishop, Edwards, y Turner, 2016; Hernández-García y col., 2020). En la prueba DVJ se analizó el Frontal Plane Projection Angle o FPPA, la asimetría bilateral en el FPPA, el desplazamiento frontal de rodilla (cm), el ángulo de flexión de rodilla en el contacto inicial y el rango de movimiento (ROM) de flexión de rodilla (Almeida, De Moura Campos Carvalho e Silva, França, Magalhães, Burke, y Marques, 2016; Dingenen y col., 2015; Myer, Ford, y Hewett, 2011). Por otro lado, en la prueba DVJ-mono se analizó el ángulo de flexión lateral del tronco (TLFA), la asimetría en el TLFA y la asimetría en el FPPA al aterrizar con cada pierna (Almeida y col., 2016; Dingenen y col., 2015; Weir, Alderson, Smailes, Elliott, y Donnelly, 2019) (Figura 2). En el Tuck Jump se analizó el número de errores observables

manifestados (Myer y col., 2008). Por último, para el TH se analizó el índice de simetría (Myers y col., 2014) y el índice de asimetría (Read, Oliver, Myer, Mark, De Ste Croix, y LLoyd, 2018). Todas las jugadoras o tutores legales (en caso de que la participante fuera menor de edad) fueron informados previamente de los objetivos del estudio y entregaron firmada una hoja de consentimiento informado. El presente proyecto respeta los principios de la Declaración de Helsinki y fue previamente aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Murcia (ID: 2694/2020).



Figura 2. Variables cinemáticas cuantitativas analizadas en las pruebas [A: Ángulo de flexión de rodilla en el contacto inicial; B: Ángulo de flexión de rodilla en el momento de máxima flexión; A-B: ROM de flexión de rodilla; C: Distancia entre rodillas (cm) en el contacto inicial; D: Distancia entre rodillas (cm) en el momento de máxima flexión; D-C: Desplazamiento frontal de la rodilla (cm); E: Ángulo de flexión lateral del tronco (TLFA); F: Ángulo de proyección de la rodilla en el plano frontal (FPPA)].

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva a través del cálculo de medias, mínimos, máximos y desviación estándar. Además, se calcularon frecuencias y porcentajes, analizando las diferencias en función de la categoría de riesgo correspondiente según las variables analizadas para cada factor de riesgo.

El análisis y estratificación del riesgo para cada variable analizada se realizó atendiendo a criterios definidos por los expertos en la literatura previa. Sin embargo, para aquellas variables de las que no se encontraron valores de referencia, se categorizaron los datos en función de los puntos de corte obtenidos a través de la función de agrupación visual en SPSS Statistics (versión 25.0.) (Tabla 1).

Tabla 1. Estratificación del riesgo para cada variable analizada en cada una de las pruebas.

Prueba	Criterio de categorización	Variable analizada	Estratificación del riesgo
DVJ	Almeida y col. (2016); Dingenen y col. (2015).	FPPA	Normal (170°-190°) Valgo ($\leq 170^\circ$) Varo ($> 190^\circ$)
	Agrupación visual en SPSS	Asimetría FPPA	Menor riesgo ($< 4^\circ$) Riesgo intermedio (4° - 14°) Mayor riesgo ($> 14^\circ$)
TJ	Myer y col. (2008)	Número de errores	Menor riesgo (0-5 errores) Mayor riesgo (≥ 6 errores)
OHS	Agrupación visual en SPSS	Número de compensaciones	Riesgo bajo (0-8) Riesgo medio (9-10) Riesgo Alto (> 10)
TH	Myers y col. (2014)	Índice de simetría	Riesgo Bajo ($> 90\%$) Riesgo Medio (80-90%) Alto riesgo ($< 80\%$)
	Read y col. (2018)	Índice de asimetría	Bajo riesgo (0-5%) Riesgo moderado (6-10%) Riesgo moderado/alto (10-15%) Alto riesgo ($\geq 15\%$)
DVJ-mono	Agrupación visual en SPSS	Asimetría TLFA	Menor riesgo ($< 2^\circ$) Riesgo intermedio (2° a 5°) Mayor riesgo ($> 5^\circ$)
	Agrupación visual en SPSS	Asimetría FPPA	Menor riesgo ($< 5^\circ$) Riesgo intermedio (5° - 13°) Mayor riesgo ($> 13^\circ$)
	Criterio del observador experto	TLFA	Muy bajo riesgo (-5° a 5°) Bajo riesgo ($< -5^\circ$) Riesgo moderado (6- 10°) Alto riesgo ($\geq 11^\circ$)
	Almeida y col. (2016); Dingenen y col. (2015).	FPPA	Normal (170°-190°) Valgo ($\leq 170^\circ$) Varo ($> 190^\circ$)

NOTA: TH= Triple Hop; DVJ-mono.= Drop Vertical Jump-monopodal; TJ= Tuck Jump; DVJ= Drop Vertical Jump; OHS= Overhead Squat; FPPA= Frontal Plane Projection Angle (ángulo de proyección de la rodilla en el plano frontal); TLFA= Trunk Lateral Flexion Angle (ángulo de flexión lateral del tronco).

Resultados

A continuación, en la Tabla 2 se muestran estadísticos descriptivos (media, DE, máximos y mínimos) de las variables analizadas en cada una de las pruebas. En cuanto al Triple Hop, se observó un porcentaje medio de 5,92 % en el índice de asimetría, alcanzando un índice de asimetría máximo de 31,6 %.

En el DVJ bipodal se muestra una media de desplazamiento frontal de rodilla negativa ($-1,88 \text{ cm} \pm 5,29$), es decir, el desplazamiento medio de las rodillas de las jugadoras en el aterrizaje bipodal fue en sentido medial (valgo), destacando el valor mínimo en $-12,67 \text{ cm}$. En cuanto a la flexión de rodilla en el contacto inicial las jugadoras presentan un valor medio de $155,82 \pm 8,87^\circ$ (ángulo suplementario de $24,18^\circ$). Además, el ángulo FPPA medio de la pierna derecha ($178,82 \pm 8,93^\circ$) fue algo mayor que el de la pierna izquierda ($176,82 \pm 10,80^\circ$).

Por el contrario, en el DVJ unipodal el FPPA fue mayor al aterrizar con la pierna izquierda ($168,41 \pm 8,12^\circ$) que con la pierna derecha ($162,52 \pm 9,08^\circ$). Cabe destacar que el FPPA presenta valores medios menores (mayor valgo) en el aterrizaje unipodal que en el aterrizaje bipodal. El TLFA en el DVJ unipodal mostró una media mayor al aterrizar con la pierna izquierda ($8,88 \pm 5,15^\circ$) que al aterrizar con la derecha ($7,05 \pm 5,40^\circ$), al contrario que en los valores máximos, mostrando mayores valores aterrizando con la pierna derecha (23°), que aterrizando con la pierna izquierda (16°). Ambos datos indican una mayor flexión del tronco hacia la pierna de apoyo.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables analizadas en cada una de las pruebas.

Prueba	Variable (unidad de medida)	Media	DE	Máx.	Mín.
Triple Hop	Distancia alcanzada con PD (m)	3,89	,48	4,75	2,99
	Distancia alcanzada con PnD (m)	3,87	,63	4,89	2,37
	Índice de simetría (%)	94,08	7,86	99,52	68,40
	Índice de asimetría (%)	5,92	7,86	31,60	0,48
DVJ bipodal	Desplazamiento frontal de rodilla (cm)	-1,88	5,29	8,63	-12,67
	Flexión de rodilla en el contacto inicial ($^\circ$)	155,82	8,87	169,00	138,00
	ROM de flexión de rodilla ($^\circ$)	51,06	10,95	68,00	29,00
	FPPA de la rodilla derecha ($^\circ$)	178,82	8,93	194,00	162,00
	FPPA de la rodilla izquierda ($^\circ$)	176,82	10,80	198,00	159,00
	Asimetría en el FPPA ($^\circ$)	9,06	5,87	20,00	0,00
TuckJump	Déficit funcional en salto-aterrizaje bipodal (nº de errores)	5,47	1,55	8,00	3,00
OHS	Déficit funcional en la triple flexo-extensión bipodal (nº de compensaciones)	8,71	1,65	5,00	11,00
DVJ unipodal	TLFA con apoyo de pierna derecha ($^\circ$)	7,05	5,40	23,00	-1,00
	TLFA con apoyo de pierna izquierda ($^\circ$)	8,88	5,15	16,00	-6,00
	FPPA con apoyo de pierna derecha ($^\circ$)	162,52	9,08	176,00	146,00
	FPPA con apoyo de pierna izquierda ($^\circ$)	168,41	8,12	182,00	152,00
	Asimetría en el TLFA ($^\circ$)	4,41	3,69	14,00	1,00
	Asimetría en el FPPA ($^\circ$)	10,23	7,04	22,00	1,00

NOTA: DE= desviación estándar; Máx.= máximo; Mín.= mínimo; PD= pierna dominante; PnD= pierna no dominante; DVJ= Drop Vertical Jump; OHS= Overhead Squat; FPPA= Frontal Plane Projection Angle (ángulo de proyección de la rodilla en el plano frontal); TLFA= Trunk Lateral Flexion Angle (ángulo de flexión lateral del tronco); ROM= Range of Movement (rango de movimiento).

La Figura 3 muestra la frecuencia y porcentaje de aparición de cada compensación en el Overhead Squat (OHS). Se observa que la rotación externa en ambos pies y la caída de los brazos al frente (pérdida de la flexión de hombros) fueron compensaciones manifestadas por todas las jugadoras (n=17). Tanto la pronación del pie derecho (n=15), como la flexión de tronco (n=14) o la pérdida de disociación lumbo-pélvica (n=13) también fueron compensaciones frecuentemente observadas durante la triple flexo-extensión bilateral. Por otro lado, levantar el primer dedo del pie izquierdo (n=8) fue más frecuente que levantar el primer dedo del pie derecho (n=5), mientras que presentar valgo en la rodilla derecha (n=5) fue más común que presentarlo en la rodilla izquierda (n=2) durante este patrón de movimiento.

Por el contrario, se halló que algunas de las compensaciones a observar no fueron manifestadas por ninguna de las jugadoras y que tan solo dos jugadoras levantaron los talones o realizaron flexión cervical.

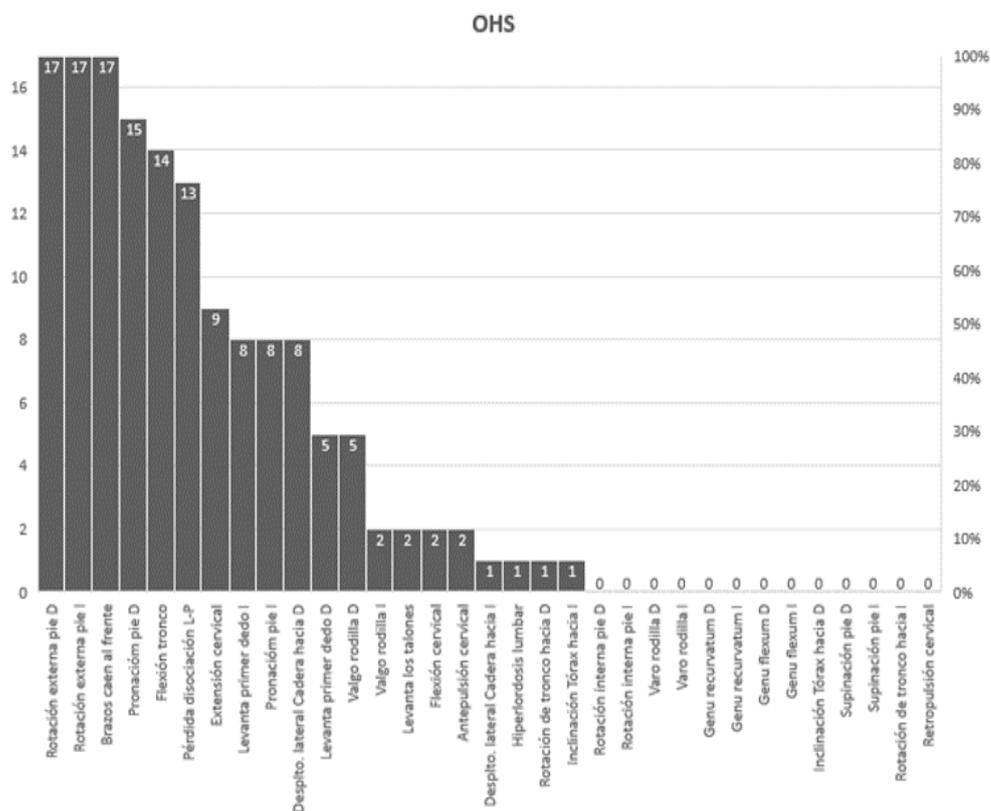


Figura 3. Frecuencia y porcentaje de aparición de cada compensación en el Overhead Squat Test (OHS) [Nota: D= derecha; I= izquierda; L-P= Lumbo-pélvica; Desplto= desplazamiento].

En la Figura 4 se muestra la frecuencia y porcentaje de aparición de cada compensación en el Tuck Jump. Los errores observados más comunes fueron la pérdida de la técnica antes de los 10 segundos (n=16), el valgo de rodilla en el aterrizaje (n=15) y que los pies no aterrizaran a la anchura de los hombros (n=15).

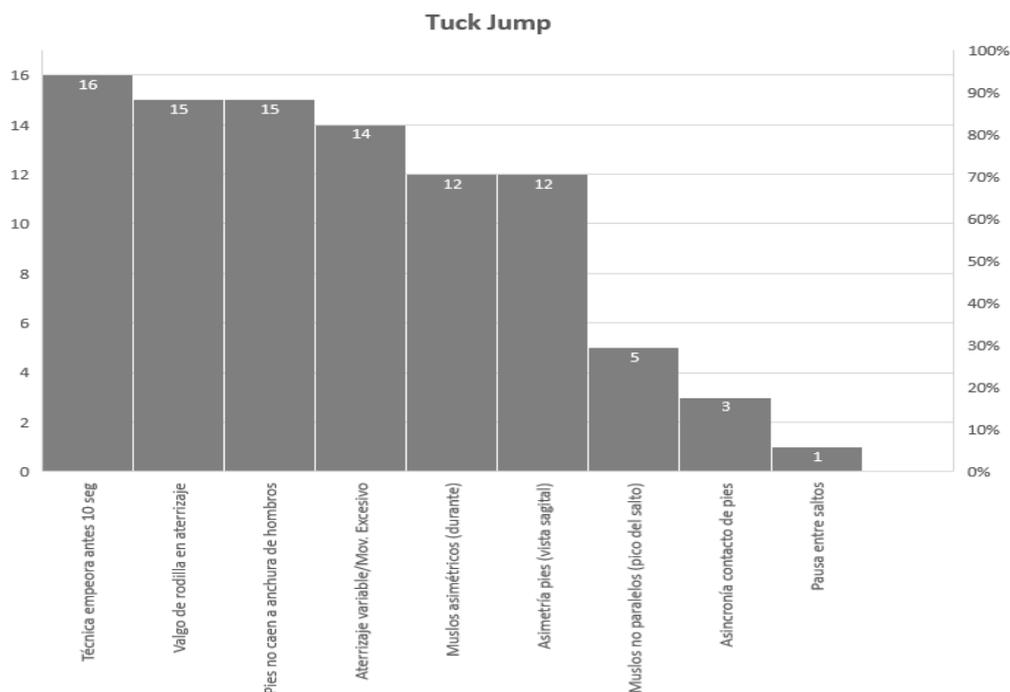


Figura 4. Frecuencia y porcentaje de aparición de cada compensación en el Tuck Jump.

Tabla 3. Frecuencia y porcentaje de jugadoras en cada categoría según las variables analizadas para cada factor de riesgo.

Factor de riesgo	Prueba: variable analizada (N)	Categoría de riesgo	n	%
Mecánicas de riesgo en el salto-aterrizaje bipodal	DVJ: FPPA rodilla D (17)	Normal (170°-190°)	2	11,80
		Valgo ($\leq 170^\circ$)	13	76,50
		Varo ($>190^\circ$)	2	11,80
	DVJ: FPPA rodilla I (17)	Normal (170°-190°)	3	17,60
		Valgo ($\leq 170^\circ$)	12	70,60
		Varo ($>190^\circ$)	2	11,80
Déficit funcional en la triple flexo-extensión bipodal	Tuck Jump: número de errores (17)	Menor riesgo (0-5 errores)	8	47,10
		Mayor riesgo (≥ 6 errores)	9	52,90
	OHS: déficit funcional según el nº de compensaciones (17)	Riesgo bajo (0-8)	8	47,10
		Riesgo medio (9-10)	7	41,20
		Riesgo Alto (>10)	2	11,80
		Triple Hop: Índice de simetría (16)	Riesgo Bajo ($>90\%$)	13
Riesgo Medio (80-90%)	2		12,50	
Alto riesgo ($<80\%$)	1		6,30	
Asimetrías neuromusculares y biomecánicas de miembro inferior	Triple Hop: Índice de asimetría (16)	Bajo riesgo (0-5%)	11	68,80
		Riesgo moderado (6-10%)	2	12,50
		Riesgo moderado/alto (10-15%)	2	12,50
	DVJ-mono: asimetría TLFA (17)	Alto riesgo ($\geq 15\%$)	1	6,30
		Menor riesgo ($<2^\circ$)	6	35,30
		Riesgo intermedio (2° a 5°)	6	35,30
DVJ-mono: asimetría FPPA (17)	Mayor riesgo ($>5^\circ$)	5	29,40	
	Menor riesgo ($<5^\circ$)	7	41,20	
	DVJ: asimetría FPPA (17)	Riesgo intermedio (5° - 13°)	5	29,40
		Mayor riesgo ($>13^\circ$)	5	29,40
		Menor riesgo ($<4^\circ$)	6	35,30
	Riesgo intermedio (4° - 14°)	6	35,30	

Tabla 3. Frecuencia y porcentaje de jugadoras en cada categoría según las variables analizadas para cada factor de riesgo.

Mecánicas de riesgo en el salto-aterrizaje unipodal	DVJ-mono D: TLFA (17)	Mayor riesgo (>14°)	5	29,40
		Muy bajo riesgo (-5° a 5°)	8	47,10
		Bajo riesgo (<-5°)	0	,00
		Riesgo moderado (6-10°)	6	35,30
		Alto riesgo (≥11°)	3	17,60
	DVJ-mono I: TLFA (17)	Muy bajo riesgo (-5° a 5°)	1	5,90
		Bajo riesgo (<-5°)	1	5,90
		Riesgo moderado (6-10°)	10	58,80
		Alto riesgo (≥11°)	5	29,40
	DVJ-mono D: FPPA (17)	Normal (170°-190°)	4	23,50
		Valgo (≤170°)	13	76,50
		Varo (>190°)	0	,00
		Normal (170°-190°)	9	52,90
	DVJ-mono I: FPPA (17)	Valgo (≤170°)	8	47,10
		Varo (>190°)	0	,00

NOTA: N= número total de jugadoras que han realizado la prueba; n= número de jugadoras clasificadas en cada categoría según el riesgo; PD= pierna dominante; PnD= pierna no dominante; DVJ= Drop Vertical Jump; DVJ-mono= Drop Vertical Jump monopodal; OHS= Overhead Squat; FPPA= Frontal Plane Projection Angle (ángulo de proyección de la rodilla en el plano frontal); TLFA= Trunk Lateral Flexion Angle (ángulo de flexión lateral del tronco); D= derecha; I= izquierda.

En la Tabla 3 se muestran las frecuencias y porcentajes de las jugadoras en cada categoría de riesgo según las variables analizadas en cada una de las pruebas. Al analizar las mecánicas de aterrizaje bipodal, se observa que la mayoría de jugadoras presentaron valgo dinámico (FPPA≤170°) al aterrizar en el DVJ, tanto de la rodilla izquierda (n=12; 70,6%) como de la rodilla derecha (n=13; 76,5%). Respecto a la puntuación obtenida en el Tuck Jump, hasta un total de nueve jugadoras (53%) mostraron seis o más errores en su mecánica de salto-aterrizaje bipodal.

En cuanto al déficit funcional en la triple flexo-extensión bipodal analizado a través del OHS, se destaca que hasta nueve jugadoras presentaron nueve o más compensaciones al realizar este patrón de movimiento. Respecto a las asimetrías neuromusculares de miembro inferior, sólo una jugadora mostró un índice de asimetría superior o igual al 15% en la distancia alcanzada en la prueba de Triple Hop. Así pues, tan sólo cinco jugadoras presentaron asimetrías biomecánicas importantes en cuanto a las mecánicas del tronco y de la rodilla durante la ejecución las pruebas DVJ y DVJ-mono.

Respecto a la mecánica del tronco en el salto-aterrizaje unipodal, se aprecia que un elevado número de jugadoras realizaron una flexión lateral del tronco hacia la pierna de apoyo igual o mayor de seis grados (TFLA ≥ 6°), al aterrizar tanto con la pierna derecha (n=9) como con la pierna izquierda (n=15).

Al observar la mecánica de la rodilla en el plano frontal en el DVJ-mono, se halló que 13 jugadoras realizaron valgo dinámico al aterrizar con la pierna derecha, mientras que ocho jugadoras mostraron valgo dinámico al aterrizar con la izquierda. Cabe destacar que el valgo de rodilla con la pierna derecha fue más frecuente que con la pierna izquierda tanto en el DVJ bipodal (n=13 vs. n=12, respectivamente) como en el DVJ unipodal (n=13 vs. n=8, respectivamente).

Discusión

El objetivo principal de este estudio fue describir los déficits funcionales y las asimetrías manifestadas por las jugadoras de fútbol en las diferentes pruebas funcionales analizadas. Las participantes presentaron mejores valores con respecto a la pierna dominante y la mayoría presentó riesgo medio en las pruebas funcionales. No se mostraron asimetrías en la mayoría de las jugadoras y se observó un desplazamiento medio de las rodillas en el aterrizaje bipodal en sentido medial (valgo).

La prueba funcional analizada (OHS), se utiliza para identificar la disfunción del movimiento y para ayudar a guiar las estrategias de prevención de lesiones (Lisman, Nadelén, Hildebrand, Leppert, y de la Motte, 2018). La capacidad funcional de movimiento es un factor potencialmente modificable asociado con las lesiones. Investigaciones anteriores han sugerido que el rendimiento en estas pruebas difiere según el deporte y los niveles de competencia (Lisman y col., 2018).

Tal y como afirman Hernández-García y col. (2020) los patrones motores básicos son la base sobre la que se sustentan las habilidades complejas y los gestos técnicos que precisa cada deportista para su rendimiento. Por ello, la realización del OHS, que representa el patrón motor de triple flexo-extensión bilateral, permite evaluar la calidad del movimiento y detectar limitaciones, siendo así importante para determinar la funcionalidad básica de un deportista (estabilidad, movilidad, control motor y simetría) e identificar a aquellos atletas que presentan mayor riesgo de sufrir una lesión (Hernández-García y col., 2020). Por lo tanto, la capacidad de realizar movimientos multiarticulares y multiplanares de manera eficiente y explosiva, sin compensación, es un requisito para el éxito en el deporte (Ransdell y Murray, 2016). No es sorprendente que haya habido un creciente interés en el entrenamiento diseñado para evaluar y mejorar el movimiento funcional (Ransdell y Murray, 2016).

De esta manera, destacando las compensaciones más relevantes, la rotación externa de los pies puede ser debida a una falta de dorsiflexión de tobillo (Hernández-García y col., 2020). El movimiento adecuado de sentadilla profunda requiere de una gran dorsiflexión del tobillo, flexión de la rodilla, flexión de la cadera y movilidad del tronco (Endo, Miura, y Sakamoto, 2020). Por ello, que la flexión de hombros se pierda, los brazos caigan hacia delante y se produzca una pérdida de disociación lumbo-pélvica podría ser debido a los factores nombrados anteriormente. Además, Hernández-García y col. (2020) afirma que podría ser por una falta de activación de la musculatura del tronco y estar relacionado con una falta de extensibilidad del dorsal ancho. Además, el levantamiento del primer dedo izquierdo (pierna no dominante de las que presentaron esta compensación) puede ser debido a varios factores, uno de ellos por una inhibición del músculo peroneo lateral largo, cuya función es la eversión del antepié, ayudante de los flexores plantares y depresor de la cabeza del 1º metatarso (Piñeiro, 2018). Y, por otro lado, por una hiperactivación del extensor largo del primer dedo, no dejando actuar al tibial anterior como principal flexor dorsal del pie (Piñeiro, 2018). Como afirman Flanagan, Kulik, y Salem (2015) una articulación limitante, o "eslabón débil", puede explicar la imposibilidad de completar un levantamiento. Las intervenciones deben abordar la articulación limitante de forma individualizada e incorporar ejercicios de asistencia que aborden estas deficiencias (Flanagan y col., 2015).

Por otro lado, las jugadoras realizaron diferentes pruebas de capacidad a través de pruebas de salto, donde se evaluaron las mecánicas de aceleración-deceleración mediante el análisis cinemático del salto-aterrizaje. Para ello, las pruebas registradas fueron el DVJ, Tuck Jump y Triple Hop. Se puede observar en DVJ que el desplazamiento medio de las rodillas de las jugadoras en el aterrizaje bipodal fue en sentido medial (valgo). Además, la media de flexión

de rodilla en el contacto inicial previo al salto se encuentra por debajo de los 30° (tomando de referencia un ángulo neutral de rodilla de 0° en posición anatómica). Esto supone un alto riesgo de lesión, ya que la flexión de la rodilla entre 0° y 30° aumenta la tensión del LCA, observando a 15° la mayor tensión (Olsen y col., 2004). Así lo ha constatado Espinosa (2015), destacando que los deportistas que tienden a priorizar la absorción de las fuerzas verticales generadas durante la fase de recepción tras un salto a través de una reducida flexión de rodilla (menos de 30°) en el plano sagital, tienden a sobrecargar más el LCA en comparación con aquellos que reaccionan con una mayor flexión.

En cuanto al movimiento del tronco, en el presente estudio los valores de máxima inclinación se dieron en la flexión lateral del tronco (TLFA) hacia la pierna de apoyo. En concreto, las jugadoras presentan menor estabilidad del tronco cuando aterrizan con la pierna izquierda que, en general, es la pierna no dominante de la mayoría de jugadoras. Del mismo modo, en el OHS la mayoría de las jugadoras presentan mayores compensaciones en su lado izquierdo (no dominante). El control neuromuscular insuficiente del tronco puede aumentar la tensión en el LCA y provocar lesiones a través de uno o ambos mecanismos (López-Valenciano, Ayala, De Ste Croix, Barbado, y Vera-García, 2019). Se requiere un control neuromuscular de la cadera para estabilizar el tronco y la pelvis en dinámico (Hewett y col., 2009). De hecho, la inclinación del tronco ipsilateral en dinámico ha sido uno de los ítems más considerados en los test de cambio de dirección, debido a la demanda del core para mantener la estabilidad del tronco en acciones deportivas (Majewski-Schrage, Evans, y Ragan, 2014; Sasaki, Nagano, Kaneko, Imamura, Koabayashi, y Fukubayashi, 2015).

Munro, Herrington, y Comfort (2017) afirman que una tarea unilateral puede ser más apropiada para identificar el riesgo de lesiones de LCA en deportes como el fútbol y el baloncesto, debido a que la mayoría de acciones se producen durante las tareas de aterrizaje a una sola pierna (Maniar, Schache, Pizzolato, y Opar, 2020) y que las tareas bípedas pueden enmascarar las deficiencias y déficits funcionales que ocurren después de lesiones unilaterales en las extremidades inferiores (Myers y col., 2014). De este modo y siguiendo con la afirmación de Munro y col. (2017), en el presente estudio se observan mayores valores medios de valgo dinámico en el FPPA analizado en el aterrizaje unipodal, mientras que los valores medios del FPPA en el aterrizaje bipodal indican una alineación de la rodilla en el plano frontal dentro de la normalidad.

En la prueba Tuck Jump, nueve jugadoras presentaron un riesgo alto de lesión, siendo la pérdida de la técnica antes de los 10 segundos, el valgo de rodilla en aterrizaje y la caída de pies a una anchura diferente a la de los hombros, los déficits más frecuentes. El uso de la evaluación de Tuck Jump para identificar desequilibrios neuromusculares permite discriminar a las atletas que presentan un alto riesgo de lesión del LCA para orientar la intervención sobre ellas (Myer y col., 2008). Durante el DVJ bipodal o unipodal, se evalúa la fase de aterrizaje de una tarea de carga única, lo que puede limitar la evaluación de escenarios de salto repetidos para identificar múltiples características de déficits específicos del deporte. Por el contrario, la evaluación de Tuck jump evalúa los defectos de la técnica de aterrizaje durante una actividad pliométrica repetitiva donde las alturas de aterrizaje reflejan la capacidad de salto de cada individuo y, por lo tanto, las fuerzas son equivalentes a las experimentadas regularmente durante las acciones deportivas (Myer y col., 2008). Además, la naturaleza repetida de la evaluación de Tuck Jump proporciona una indicación de las capacidades de fuerza reactiva y cierta perturbación inherente, lo que refleja con mayor precisión las demandas de movimiento y las mecánicas de alto riesgo involucradas en la competición (Myer y col., 2008). De los múltiples factores que pueden ser la base de las diferencias en el riesgo de lesión de LCA en

hombres y mujeres, el control neuromuscular puede ser el factor más importante y modificable que puede abordarse con el entrenamiento pliométrico (Myer y col., 2008).

Las principales limitaciones del estudio fueron, en primer lugar, que la muestra de jugadoras de fútbol analizada no es representativa y que, por tanto, los resultados del presente estudio no son generalizables al resto de mujeres futbolistas. Del mismo modo, el reducido tamaño de la muestra puede haber limitado el poder estadístico para detectar asociaciones entre las distintas pruebas.

Además, otra de las limitaciones se encontró en la falta de puntos de corte válidos para la interpretación de las variables cuantitativas analizadas. Es decir, la categorización de los resultados se llevó a cabo utilizando los valores de referencia aportados en estudios previos, que no fueron llevados a cabo con una muestra similar a la analizada en la presente investigación.

Sin embargo, es preciso resaltar que, pese a las limitaciones, el presente estudio de caso constituye un valioso ejemplo de aplicación práctica para el análisis del riesgo de lesión en jugadoras de fútbol. Debido a que el objetivo principal fue detectar factores de riesgo de lesión en cada jugadora, a fin de asesorar al cuerpo técnico con recomendaciones para el entrenamiento.

Conclusiones

- Las compensaciones más frecuentes de las jugadoras en el OHS, fueron la rotación externa de ambos pies, que los brazos caen al frente, la pronación del pie derecho, la flexión del tronco, la pérdida de disociación lumbo-pélvica, la extensión cervical, levantar el primer dedo del pie izquierdo, la pronación del pie izquierdo y el desplazamiento lateral de la cadera hacia la derecha. Tan solo dos jugadoras presentaron más de 10 compensaciones en la realización de la triple flexo-extensión de tobillo, rodilla y cadera.
- El desplazamiento de las rodillas de las jugadoras en el aterrizaje bipodal (DVJ) fue principalmente en sentido medial (valgo). Además, la media de flexión de rodilla en el contacto inicial previo al salto se encontró por debajo de los 30° y los valores de máxima inclinación del tronco se dieron con flexión lateral del tronco hacia la pierna de apoyo. En concreto, las jugadoras presentan menor estabilidad del tronco cuando aterrizan con la pierna no dominante.
- Las jugadoras manifestaron un mayor valgo dinámico de rodilla en el aterrizaje unipodal que en el aterrizaje bipodal, por lo que se recomienda el análisis de la mecánica de la rodilla durante tareas unilaterales. Durante el DVJ unipodal, el valgo de rodilla fue más pronunciado y fue manifestado por un mayor número de jugadoras cuando el aterrizaje fue con la pierna dominante.
- La pérdida de la técnica antes de los 10 segundos, el valgo de rodilla en el aterrizaje y que los pies no cayeran a la anchura de los hombros, fueron los déficits más frecuentemente observados en el Tuck Jump. Respecto a la puntuación obtenida, hasta un total de nueve jugadoras (53%) mostraron seis o más errores en su mecánica de salto-aterrizaje bipodal.

Propuesta práctica

Según lo detallado, las jugadoras principalmente muestran déficits funcionales en la estabilidad central (CORE) a la hora de resistir y transmitir fuerzas; así como en fases de elevada demanda de estabilidad de rodilla como sucede en las acciones de salto. Por lo que teniendo en cuenta la literatura previa, se pueden proponer las siguientes pautas con el objetivo de incluirlas como dinámica en los calentamientos y de este modo mejorar las limitaciones mostradas en las jugadoras con el propósito final de reducir el riesgo de lesión del LCA:

1. – LIBERACIÓN MIOFASCIAL: Automasaje con foam roller en sóleo, gemelo, isquiosurales, cuádriceps, glúteo y dorsal para la mejora aguda del ROM articular (Cheatham, Kolber, Cain, y Lee, 2015).

2. – MOVILIDAD: Ejercicios de movilidad en la dorsiflexión de tobillo, así como de movilidad de cadera 360°, es decir, flexo-extensión, aducción y abducción y rotación interna y externa (López-Valenciano y col., 2019), focalizando la atención en el trabajo de la extensibilidad isquiosural y del sóleo (Maniar y col., 2020).

3. – CORE: Trabajo para la estabilidad dinámica del CORE, especialmente en el plano frontal (Cug, Wikstrom, Golshaei, y Kirazciet, 2016; López-Valenciano y col., 2019; Sasaki, Tsuda, Yamamoto, Maeda, Kimura, Fujita, y Ishibashi, 2019; Waldén, Atroshi, Magnusson, Wagner, y Hägglund, 2012), así como la estabilidad dinámica del miembro inferior unilateral y el equilibrio postural (López-Valenciano y col., 2019).

4. – FUERZA: Trabajo para estabilizar la ratio de fuerza entre rotadores internos y externos de cadera, así como entre abductores y aductores, incluyendo el trabajo de fuerza isométrica (Hernández-García y col., 2020; Khayambashi, Ghoddosi, Straub, y Powers, 2016; López-Valenciano y col., 2019). Además de incluir trabajo de fuerza excéntrica en isquiosurales (Dewig, Goodwin, Pietrosimone, y Blackburn, 2020) para posteriormente integrarlo en patrones de carrera.

Revisiones sistemáticas de moderada a alta calidad que investigaron la efectividad de una combinación de dos o más componentes del ejercicio, es decir, fuerza, agilidad, pliometría, equilibrio, estiramiento, técnica, calentamiento y actividad funcional, con respecto a la incidencia de lesiones, mostraron más efectividad que aquellas que se centraban en tan solo un componente a trabajar (Brunner, Friesenbichler, Casartelli, Bizzini, Maffiuletti, y Niedermann, 2019; Crossley, Patterson, Culvenor, Bruder, Mosler, y Mentiplay, 2020). Por lo que, además, se deberían incluir tareas más globales, donde aparezca una integración de los componentes propuestos anteriormente en el calentamiento, y de este modo contribuir a que las jugadoras mejoren su eficiencia fisiológica y mecánica:

a. Pliometría bipodal y monopodal y trabajo de la biomecánica y cinemática de aterrizaje bipodal y monopodal (Brophy, Silvers, Gonzales, y Mandelbaumet, 2010; De Ste Croix, Hughes, Ayala, Taylor, y Datson, 2018; Lopes. Simic, Myer, Ford, Hewett, y Pappas, 2018).

b. Entrenamiento de fuerza y potencia en tareas de predominio de rodilla (squat) y cadera (dead lift) bipodal y monopodal (Hernández-García y col., 2020).

En conclusión, los protocolos de valoración para la reducción del riesgo de lesión del LCA deben tener una perspectiva integral. La cual, incluya la comprensión de los principales predictores de lesiones sin contacto en atletas femeninas, la adopción de un proceso de detección para evaluar y estratificar el riesgo, y el desarrollo e implementación de planes correctivos y optimización del entrenamiento individualizados para atletas en función de los resultados.

Además, resultaría de gran interés aportar los valores de fiabilidad intra e interevaluador de todas las variables analizadas en cada una de las pruebas aplicadas, a fin de conocer el potencial del presente protocolo de valoración. Por otro lado, la inclusión de test analíticos de movilidad de tobillo y cadera, así como de test analíticos de fuerza de MMII, sería interesante para el análisis de posibles asociaciones con los déficits presentados en los test globales.

En definitiva, sería recomendable desarrollar futuros estudios con el objetivo de investigar sobre la relación existente entre las pruebas de valoración funcional, las cuales sean seleccionadas respondiendo a diferentes niveles de funcionalidad. Es decir, que aparezcan pruebas que valoren desde la estructura (analítico) hasta la habilidad (realidad); donde se obtenga información cualitativa (eficiencia) y cuantitativa (capacidad).

Referencias

- Alentorn-Geli, E.; Myer, G. D.; Silvers, H. J.; Samitier, G.; Romero, D.; Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(7), 705–729.
<https://doi.org/10.1007/s00167-009-0813-1>
- Almeida, G. P. L.; De Moura Campos Carvalho e Silva, A. P.; França, F. J. R.; Magalhães, M. O.; Burke, T. N., & Marques, A. P. (2016). Relationship between frontal plane projection angle of the knee and hip and trunk strength in women with and without patellofemoral pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29(2), 259–266.
<https://doi.org/10.3233/BMR-150622>
- Barber, S. D.; Noyes, F. R.; Mangine, R., & DeMaio, M. (1992). Rehabilitation after ACL reconstruction: function testing. *Orthopedics*, 15(8), 969.
<https://doi.org/10.3928/0147-7447-19920801-17>
- Bishop, C.; Edwards, M., & Turner, A. N. (2016). Screening movement dysfunctions using the overhead. *Professional Strength y Conditioning*, (42), 22–30. Researchgate:
<https://www.researchgate.net/publication/309194176>
- Boden, B. P.; Sheehan, F. T.; Torg, J. S., & Hewett, T. E. (2010). Non-contact ACL injuries: mechanisms and risk factors. *American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 18(9), 520–527.
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.08.021>
- Brophy, R.; Silvers, H. J.; Gonzales, T., & Mandelbaum, B. R. (2010). Gender influences: The role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(10), 694–697.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.051243>
- Brumitta, J.; Mattocksb, A.; Engilisc, A.; Isaakd, D., & Loewea, J. (2019). Prior history of anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is associated with a greater risk of subsequent ACL injury in female collegiate athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(12), 1309–1313.
<https://doi.org/10.17265/2332-7839/2017.01.002>
- Brunner, R.; Friesenbichler, B.; Casartelli, N. C.; Bizzini, M.; Maffiuletti, N. A., & Niedermann, K. (2019). Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: An umbrella review. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 282–288.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098944>

- Cheatham, S. W.; Kolber, M. J.; Cain, M., & Lee, M. (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 827.
- Cook, G.; Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006). Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 2. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 1(3), 132–139.
- Crossley, K. M.; Patterson, B. E.; Culvenor, A. G.; Bruder, A. M.; Mosler, A. B., & Mentiplay, B. F. (2020). Making football safer for women: a systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *British journal of sports medicine*, 1-12.
<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2019-101587>
- Cug, M.; Wikstrom, E. A.; Golshaei, B., & Kirazci, S. (2016). The effects of sex, limb dominance, and soccer participation on knee proprioception and dynamic postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(1), 31–39.
<https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0250>
- Davies, G. J.; Mccarty, E.; Provencher, M., & Manske, R. C. (2017). ACL Return to Sport Guidelines and Criteria. *Current Reviews Musculoskelet Medicine*, 10, 307–314.
<https://doi.org/10.1007/s12178-017-9420-9>
- De Ste Croix, M.; Hughes, J.; Ayala, F.; Taylor, L., & Datson, N. (2018). Efficacy of Injury Prevention Training Is Greater for High-Risk vs Low-Risk Elite Female Youth Soccer Players. *American Journal of Sports Medicine*, 46(13), 3271–3280.
<https://doi.org/10.1177/0363546518795677>
- Dewig, D. R.; Goodwin, J. S.; Pietrosimone, B. G., & Blackburn, J. T. (2020). Associations among eccentric hamstrings strength, hamstrings stiffness, and jump-landing biomechanics. *Journal of Athletic Training*, 55(7).
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-151-19>
- Dill, K. E.; Begalle, R. L.; Frank, B. S.; Zinder, S. M., & Padua, D. A. (2014). Altered knee and ankle kinematics during squatting in those with limited weight-bearing–lunge ankle dorsiflexion range of motion. *Journal of Athletic Training*, 49(6), 723–732.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.29>
- Dingenen, B.; Malfait, B.; Nijs, S.; Peers, K. H. E.; Vereecken, S.; Verschueren, S. M. P., & Staes, F. F. (2015). Can two-dimensional video analysis during single-leg drop vertical jumps help identify non-contact knee injury risk? A one-year prospective study. *Clinical Biomechanics*, 30(8), 781–787.
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.06.013>
- Endo, Y.; Miura, M., & Sakamoto, M. (2020). The relationship between the deep squat movement and the hip, knee and ankle range of motion and muscle strength. *Journal of Physical Therapy Science*, 32(6), 391-394.
<https://doi.org/10.1589/jpts.32.391>
- Faunø, P., & Jakobsen, B. W. (2006). Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 27(1), 75–79.
<https://doi.org/10.1055/s-2005-837485>
- Flanagan, S. P.; Kulik, J. B., & Salem, G. J. (2015). The limiting joint during a failed squat: A biomechanics case series. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(11), 3134-3142.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000979>

- Fong, C.; Blackburn, J. T.; Atc, À.; Norcross, M. F.; Atc, À.; Mcgrath, M., & Padua, D. A. (2011). Ankle-Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics. *Journal of Athletic Training*, 46(1), 5-10.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.1.5>
- Forcada, C.; Pons, A.; Seijas, R.; Sallent, A.; Domínguez, A.; Ares, O., & Álvarez, P. (2017). Risk Factors and prevention strategies of anterior cruciate ligament injuries in young females athletes. *International Journal of Orthopaedics*, 4(3), 734-739.
<https://doi.org/10.17554/j.issn.1819-6187.2017.04.208>
- Forriol, F.; Maestro, A., y Martín, V. J. (2008). El Ligamento cruzado anterior: Morfología y función. *Trauma*, 19(1), 7-18.
- Hernández-García, R.; Aparicio-Sarmiento, A.; Palao, J. M., y Sainz de Baranda, P. (2020). Influencia de las lesiones previas en los patrones fundamentales del movimiento en jugadoras profesionales de fútbol. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 16(60), 214-235.
<https://doi.org/10.5232/ricyde2020.06007>
- Hernández-García, R.; Gil-López, M.I.; Martínez-Pozo, D.; Martínez-Romero, M.T.; Aparicio-Sarmiento, A.; Cejudo, A.; Sainz de Baranda, P., y Bishop, C. (2020). Validez y Fiabilidad del Nuevo Protocolo Básico de Evaluación Funcional (BFA). *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 17 (13), 4845.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17134845>
- Hewett, T. E.; Myer, G. D.; Ford, K. R.; Heidt, R. S.; Colosimo, A. J.; McLean, S. G.; Van den Bogert, A.J.; Paterno, M.V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501.
<https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Hewett, T. E.; Torg, J., & Boden, B. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 417-422.
<https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Koga, H.; Nakamae, A.; Shima, Y.; Iwasa, J.; Myklebust, G.; Engebretsen, L., & Krosshaug, T. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *The American journal of sports medicine*, 38(11), 2218-2225.
<https://doi.org/10.1177/0363546510373570>
- Hoch, J. M.; Baez, S. E., & Hoch, M. C. (2019). Physical therapy in sport examination of ankle function in individuals with a history of ACL reconstruction. *Physical Therapy in Sport*, 36, 55-61.
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.01.002>
- Kaneko, S.; Sasak, S.; Hirose, N.; Nagano, Y.; Fukano, M., & Fukubayashi, T. (2017). Mechanism of anterior cruciate ligament injury in female soccer players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(1), 6-11.
<https://doi.org/10.5812/asjasm.38205>
- 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>

- Lisman, P.; Nadelén, M.; Hildebrand, E.; Leppert, K., & de la Motte, S. (2018). Functional movement screen and Y-Balance test scores across levels of American football players. *Biology of Sport*, 35(3), 253–260.
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.77825>
- Lopes, T. J. A.; Simic, M.; Myer, G. D.; Ford, K. R.; Hewett, T. E., & Pappas, E. (2018). The effects of injury prevention programs on the biomechanics of landing Tasks: A systematic review with meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 46(6), 1492–1499.
<https://doi.org/10.1177/0363546517716930>
- López-Valenciano, A.; Ayala, F.; De Ste Croix, M.; Barbado, D., & Vera-Garcia, F. J. (2019). Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(3), 962–970.
<https://doi.org/10.1007/s00167-018-5088-y>
- Majewski-Schrage, T.; Evans, T.A., & Ragan, B. (2014). Development of a core-stability model: A delphi approach. *Journal of Sport Rehabilitation*. Human Kinetics Publishers, 23 (2), 95-106.
<https://doi.org/10.1123/JSR.2013-0001>
- Maniar, N.; Schache, A. G.; Pizzolato, C., & Opar, D. A. (2020). Muscle contributions to tibiofemoral shear forces and valgus and rotational joint moments during single leg drop landing. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 0–2.
<https://doi.org/10.1111/sms.13711>
- Montalvo, A. M.; Schneider, D. K.; Silva, P. L.; Yut, L.; Webster, K. E.; Riley, M. A.; Kiefer, A. W.; Doherty-Restrepo, J. L., & Myer, G. D. (2018). “What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing football (soccer)?” A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(21), 1333–1340.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097261>
- Montalvo, A. M.; Schneider, D. K.; Yut, L.; Webster, K. E.; Beynnon, B.; Kocher, M. S., & Myer, G. D. (2019). “What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?” A systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 53(16), 1003-1012.
<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-096274>
- Myer, G. D.; Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2010). New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurements and freeware computer analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 238–244.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2010.072843>
- Myer, G. D.; Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2008). Tuck Jump Assessment for reducing anterior cruciate ligament injury risk. *Athletic Therapy Today*, 13(5), 39–44.
<https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Myer, G. D.; Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2011). New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurements and freeware computer analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 238–244.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2010.072843>
- Myers, B. A.; Jenkins, W. L.; Killian, C., & Rundquist, P. (2014). Normative data for hop tests in high school and collegiate basketball and soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(5), 596–603.
- Olsen, O. E.; Myklebust, G.; Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: A systematic video analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002–1012.
<https://doi.org/10.1177/0363546503261724>

- Piñeiro, A. M. (2018). Proyecto de intervención: batería de ejercicios para la mejora de la dorsiflexión de tobillo en jugadores de fútbol. (Trabajo Fin de Grado). Universidad Da Coruña.
- Rabin, A.; Sigal, P., & Zvi, K. (2016). The association of ankle dorsiflexion range of motion with hip and knee kinematics during the lateral step-down test. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 46(11), 1002–1009. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6621>
- Ransdell, L. B., & Murray, T. (2016). Functional Movement Screening: An important tool for female athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 38(2), 40–48. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000209>
- Read, P. J.; Oliver, J. L.; Myer, G. D.; Mark, B.A.; De Ste Croix, & Lloyd, R. S. (2018). A prospective investigation to evaluate risk factors for lower extremity injury risk in male youth soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 28(3), 1244–1251. <https://doi.org/10.1111/sms.13013>
- Sasaki, S.; Nagano, Y.; Kaneko, S.; Imamura, S.; Koabayshi, T., & Fukubayashi, T. (2015). The relationships between the center of mass position and the trunk, hip, and knee kinematics in the sagittal plane: A pilot study on field-based video analysis for female soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 45, 71–80. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0008>
- 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>
- 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 2: hormonal, genetic, cognitive function, previous injury, and extrinsic risk factors. *Sports Health*, 4(2), 155–161. <https://doi.org/10.1177/1941738111428282>
- Vescovi, J. D., & Falenchuk, O. (2019). Contextual factors on physical demands in professional women's soccer: Female athletes in motion study. *European Journal of Sport Science*, 19(2), 141–146. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1491628>
- Waldén, M.; Atroshi, I.; Magnusson, H.; Wagner, P., & Häggglund, M. (2012). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: Cluster randomised controlled trial. *BMJ (Research)*, 344(7858), 1–11. <https://doi.org/10.1136/bmj.e3042>
- Waldén, M.; Krosshaug, T.; Børneboe, J.; Andersen, T. E.; Faul, O., & Häggglund, M. (2015). Three distinct mechanisms predominate in noncontact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: A systematic video analysis of 39 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1452–1460. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094573>
- Weir, G.; Alderson, J.; Smiles, N.; Elliott, B., & Donnelly, C. (2019). A Reliable Video-based ACL Injury Screening Tool for Female Team Sport Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 40(3), 191–199. <https://doi.org/10.1055/a-0756-9659>