

Retorno al deporte tras la rotura del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas: una revisión sistemática.

Return to sport following anterior cruciate ligament injury in female athletes: A Systematic review

Fernández-Galván, L.M.^{1,2,3} López-Nuevo, C.¹ & Pereira-Mateu, A.¹

1. Universidad Europea de Madrid. Department of Real Madrid Graduate School. Faculty of Medicine, Health and Sports, 28670 Madrid, Spain; 2. Faculty of Sport Science, Jaime I University, 12006 Castellon de la Plana, Spain; 3. Health and Sport Sciences University School (EUSES), Rovira i Virgili University, 43002 Amposta, Spain.

Resumen: La lesión del ligamento cruzado anterior es frecuente en mujeres deportistas, con una alta incidencia de recidivas y múltiples desafíos durante el retorno al juego (RAJ). El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar los factores determinantes del RAJ en esta población, siguiendo las directrices PRISMA. Se incluyeron nueve estudios con 297 participantes. Los resultados revelaron alteraciones biomecánicas, como un mayor ángulo de abducción de la rodilla, incremento del momento aductor y extensor, y mayor estrés femoropatelar, asociados con un riesgo elevado de nuevas lesiones. También se identificaron déficits de fuerza en los músculos flexores y extensores de la rodilla y los rotadores externos de cadera. En el ámbito psicológico, puntuaciones bajas en la escala ACL-RSI reflejaron falta de confianza y miedo a la recidiva. Estos hallazgos subrayan la necesidad de estrategias integradoras que combinen rehabilitación física y abordajes psicológicos para optimizar el RAJ y reducir el riesgo de recaídas.

Palabras clave: *Lesión de Rodilla; Prevención de Lesiones; Rehabilitación Deportiva.*

Abstract: Anterior cruciate ligament injuries are common among female athletes, with a high recurrence rate and numerous challenges during return to play (RTP). The aim of this systematic review was to analyse the key factors influencing RTP in this population, following PRISMA guidelines. Nine studies comprising 297 participants were included. The findings revealed significant biomechanical alterations, such as increased knee abduction angles, higher adductor and extensor moments, and elevated femoropatellar stress, all associated with an increased risk of re-injury. Strength deficits in knee flexors and extensors, as well as external hip rotators, were also identified. Psychologically, low scores on the ACL-RSI scale reflected a lack of confidence and fear of recurrence. These findings underscore the need for integrative strategies combining targeted physical rehabilitation and psychological interventions to optimize RTP, reduce recurrence risk, and ensure a successful return to competitive sports.

Key Words: *Knee Injury; Injury Prevention; Sports Rehabilitation.*

Autor de correspondencia: Adrià Pereira Mateu

Filiación: Universidad Europea de Madrid. Department of Real Madrid Graduate School. Faculty of Medicine, Health and Sports.

E-mail: adriapereira@gmail.com

Introducción

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones traumáticas más comunes en el ámbito deportivo (Hewett et al., 2005). En el fútbol femenino, la incidencia de lesiones es considerable, con una tasa general de 6,1 lesiones por cada 1000 horas de exposición (López-Valenciano et al., 2021). Este riesgo aumenta significativamente durante los partidos, alcanzando las 19,2 lesiones por cada 1000 horas, una cifra casi seis veces mayor que en los entrenamientos, donde la incidencia es de 3,5 lesiones por cada 1000 horas (López-Valenciano et al., 2021). Las extremidades inferiores concentran la mayoría de las lesiones en mujeres futbolistas, con una incidencia de 4,8 lesiones por cada 1000 horas de exposición, siendo las lesiones musculares/tendinosas las más comunes (1,8 lesiones por cada 1000 horas), seguidas de las lesiones articulares y ligamentosas (1,5 lesiones por cada 1000 horas) (López-Valenciano et al., 2021). Estas lesiones suelen estar relacionadas con movimientos como desaceleraciones rápidas, cambios de dirección, aterrizajes y pivotajes, que generan fuerzas de cizalla y tensiones excesivas en el LCA (Hewett et al., 2005; Larwa et al., 2021). El mecanismo de lesión del LCA está relacionado con la interacción de fuerzas biomecánicas que comprometen la estabilidad articular (Hewett et al., 2005). Durante estos movimientos, la tibia tiende a deslizarse anteriormente sobre el fémur, mientras que el valgo dinámico y la rotación interna de la cadera aumentan la tensión sobre el ligamento (Boo et al., 2018; Hewett et al., 2005). Estas cargas excesivas en el plano transversal y frontal, combinadas con déficits en el control neuromuscular, superan la capacidad del LCA para soportar el estrés, lo que resulta en su rotura (Brown et al., 2021).

Además, se ha señalado que el 69,1% de las lesiones ocurren sin contacto, lo que refuerza la importancia de los factores biomecánicos en su etiología (Noya-Salces, 2015). Entre los factores biomecánicos relevantes destacan el valgo dinámico de la rodilla, un mayor ángulo Q y la rotación interna de la cadera, que son especialmente prevalentes en mujeres deportistas y aumentan el riesgo de rotura del LCA (de la Fuente-García, 2021; Pollard et al., 2007). Estas características, junto con patrones de movimiento menos eficientes para gestionar fuerzas de impacto, contribuyen al riesgo significativamente mayor de lesiones en mujeres, quienes tienen entre dos y nueve veces más probabilidad de sufrir roturas del LCA que los hombres (Montalvo et al., 2019; Raymond-Pope et al., 2021). El impacto hormonal de la mujer también juega un papel fundamental, donde hormonas como el estrógeno y la progesterona afectan la estabilidad articular al incrementar la laxitud ligamentosa y alterar el control neuromuscular (Handelsman, 2017). En particular, la fase preovulatoria del ciclo menstrual se ha asociado con una mayor susceptibilidad a la rotura del LCA debido a la reducción de la rigidez ligamentosa y el aumento de la inestabilidad articular (Handelsman, 2017; Pfeifer et al., 2018). Además de los factores biomecánicos y hormonales, otros aspectos anatómicos como un menor espacio intercondíleo femoral y un mayor momento aductor de la rodilla durante maniobras específicas, como cambios de dirección, también se han identificado como factores de riesgo en las mujeres (Balachandar et al., 2017; Pfeifer et al., 2018). Por otro lado, las deportistas femeninas presentan tasas de retorno al juego (RAJ) menores tras una lesión de LCA: solo un 75% logra regresar a la actividad deportiva, y apenas el 52% alcanza el nivel competitivo previo a la lesión (Capin et al., 2019). Aquellas que regresan al deporte presentan un mayor riesgo de sufrir nuevas lesiones, además de experimentar inestabilidad y estrés psicológico significativo (Figueroa et al., 2024; Stearns & Pollard, 2013).

En el contexto del fútbol femenino, las iniciativas para prevenir lesiones han cobrado relevancia debido al impacto físico, psicológico y económico de éstas. En Estados Unidos, los costes asociados a las lesiones del LCA se estiman en 646 millones de dólares anuales (Figueroa et al., 2024), mientras que, en Europa, países como Finlandia y Suecia reportan tasas de incidencia de 60,9 y 78 casos por cada 100.000 personas, respectivamente (Mall et al., 2014). Programas de entrenamiento neuromuscular y ejercicios de control postural han demostrado ser efectivos para reducir el riesgo de estas lesiones (Petushek et al., 2019; Ramírez et al., 2014). La combinación de estas estrategias con entrenamiento de fuerza y estabilidad articular mejora la eficiencia biomecánica, lo que resalta la importancia de implementar programas preventivos específicos en

mujeres futbolistas (de la Fuente-García, 2021). A pesar de los avances en la comprensión de los factores predisponentes y las estrategias de prevención, persiste un vacío de conocimiento sobre cómo garantizar un RAJ óptimo, eficaz y seguro en mujeres deportistas tras una rotura de LCA. Por ello, el objetivo de esta revisión sistemática es identificar los factores determinantes que optimicen el RAJ en mujeres futbolistas, proporcionando herramientas prácticas para los profesionales de la salud y el deporte que reduzcan el riesgo de recaídas y garanticen un regreso exitoso al nivel competitivo.

Material y Método

Protocolo

Esta revisión sistemática se realizó siguiendo las directrices de los Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Page et al., 2021). La lista de verificación PRISMA guió el diseño, implementación y redacción de esta revisión, garantizando el cumplimiento de las mejores prácticas establecidas para revisiones sistemáticas. Este enfoque aseguró transparencia y rigor metodológico a lo largo de todo el proceso de revisión.

Criterios de elegibilidad

Esta revisión utilizó el marco Población, Intervención, Comparación, Resultados y Diseño del Estudio (PICOS, por sus siglas en inglés) para definir los criterios de selección de los estudios (Amir-Behghadami & Janati, 2020). Los criterios de inclusión fueron los siguientes: i) Población: estudios centrados en mujeres deportistas; ii) Intervención: investigaciones que abordaran aspectos biomecánicos y/o funcionales relacionados con el RAJ tras una rotura del LCA; iii) Comparación: no se establecieron comparaciones específicas como criterio obligatorio; iv) Resultados: estudios que reportaran parámetros biomecánicos, funcionales o ambos en relación con el RAJ; y v) Diseño del estudio: artículos primarios revisados por pares y publicados en revistas indexadas. Los criterios de exclusión incluyeron: i) estudios sin diseño experimental; ii) revisiones (sistemáticas, narrativas u otros tipos); iii) estudios epidemiológicos sin resultados aplicables al RAJ; y iv) trabajos no revisados por pares, como tesis, libros o resúmenes de congresos. La aplicación de estos criterios permitió seleccionar investigaciones con un enfoque claro y rigor metodológico, asegurando una síntesis precisa y relevante de la evidencia disponible.

Fuentes de información y estrategias de búsqueda bibliográfica

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica sistemática en las bases de datos Web of Science (WoS) y PubMed hasta el 14 de marzo de 2024. Para optimizar las consultas, se emplearon operadores booleanos y términos del Medical Subject Headings (MeSH), utilizando la siguiente fórmula: ((female[título]) OR (women[título])) AND ((acl[título]) OR ("anterior cruciate ligament"[título])) AND (("return to sport"[título]) OR ("return to play"[título])). No se aplicaron restricciones iniciales en cuanto a idioma o características de publicación, asegurando una recuperación exhaustiva de estudios relevantes. Además de las búsquedas en bases de datos, se revisaron manualmente las listas de referencias de los estudios incluidos para identificar artículos adicionales que cumplieran con los criterios de elegibilidad. Todos los registros recuperados fueron evaluados de manera independiente por dos revisores (APM y LMF), quienes analizaron títulos, resúmenes, palabras clave y textos completos. El proceso de búsqueda y selección se detalla en la Figura 1, que muestra el número de registros identificados, evaluados e incluidos en cada etapa.

Selección de estudios

Los estudios seleccionados fueron evaluados en función de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Inicialmente, se revisaron títulos, resúmenes y palabras clave para determinar su relevancia. En los casos en que los resúmenes no proporcionaban información suficiente o cuando surgieron discrepancias entre los revisores, se procedió al análisis del texto completo. Las decisiones de elegibilidad se documentaron en un formato estandarizado para garantizar consistencia y transparencia en el proceso. Cualquier desacuerdo entre los revisores fue resuelto mediante discusión, y cuando fue necesario, se consultó a un tercer revisor (CLN). Los resultados del proceso de selección se resumen en la Figura 1.

Extracción de datos

La extracción de datos fue realizada de forma independiente por dos revisores (APM y LMF), con la intervención de un tercer revisor (CLN) en caso de discrepancia. Los datos recopilados se organizaron en una tabla diseñada específicamente para esta revisión, incluyendo información sobre el tamaño muestral, la edad de los participantes, el tipo de población estudiada, el diseño del estudio, los métodos de evaluación y los resultados obtenidos. El índice kappa de Cohen fue calculado para evaluar la confiabilidad inter-observador, obteniéndose un grado de concordancia prácticamente perfecto ($Kappa = 0.918$) (Sim & Wright, 2005). Este índice aseguró precisión y consistencia en el proceso de extracción. Los datos extraídos se sistematizaron en Microsoft Excel para facilitar el análisis posterior y proporcionar una base estructurada para la síntesis de resultados.

Calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios seleccionados fue evaluada mediante la escala PEDro (Base de Datos de Evidencia en Fisioterapia) (Maher et al., 2003), una herramienta ampliamente reconocida para valorar la validez interna y el rigor metodológico de los ensayos clínicos aleatorizados. La escala PEDro consta de 11 ítems, cada uno diseñado para examinar aspectos críticos del diseño y ejecución de los estudios. Los ítems restantes fueron puntuados como "sí" (1 punto) o "no" (0 puntos), obteniendo una puntuación máxima de 11 puntos. En esta revisión, una puntuación igual o superior a 6 se consideró indicativa de una calidad metodológica moderada a alta. La evaluación de la calidad fue realizada de forma independiente por dos revisores (APM y LMF). En los casos de discrepancia, se alcanzó un consenso mediante discusión, y cuando fue necesario, se consultó a un tercer revisor para resolver los desacuerdos (CLN). Este enfoque garantizó una evaluación consistente y altamente confiable de la calidad metodológica de los estudios incluidos.

Resultados

Selección de estudios

Un total de 27 estudios fueron identificados en las bases de datos. A continuación, se procedió a eliminar los duplicados, reduciendo el número a 16. Posteriormente, se excluyeron 2 estudios que eran revisiones y otros 3 por título y resumen, resultando en 11 estudios para analizar a texto completo. Finalmente, se excluyeron aquellos estudios que fueran epidemiológicos o que solo estudiaran tasas de RAJ y rendimiento, quedando un total de 9 estudios científicos incluidos en esta revisión sistemática. En la Figura 1 se detalla todo el proceso de selección y extracción de datos, incluyendo el diagrama de flujo correspondiente.

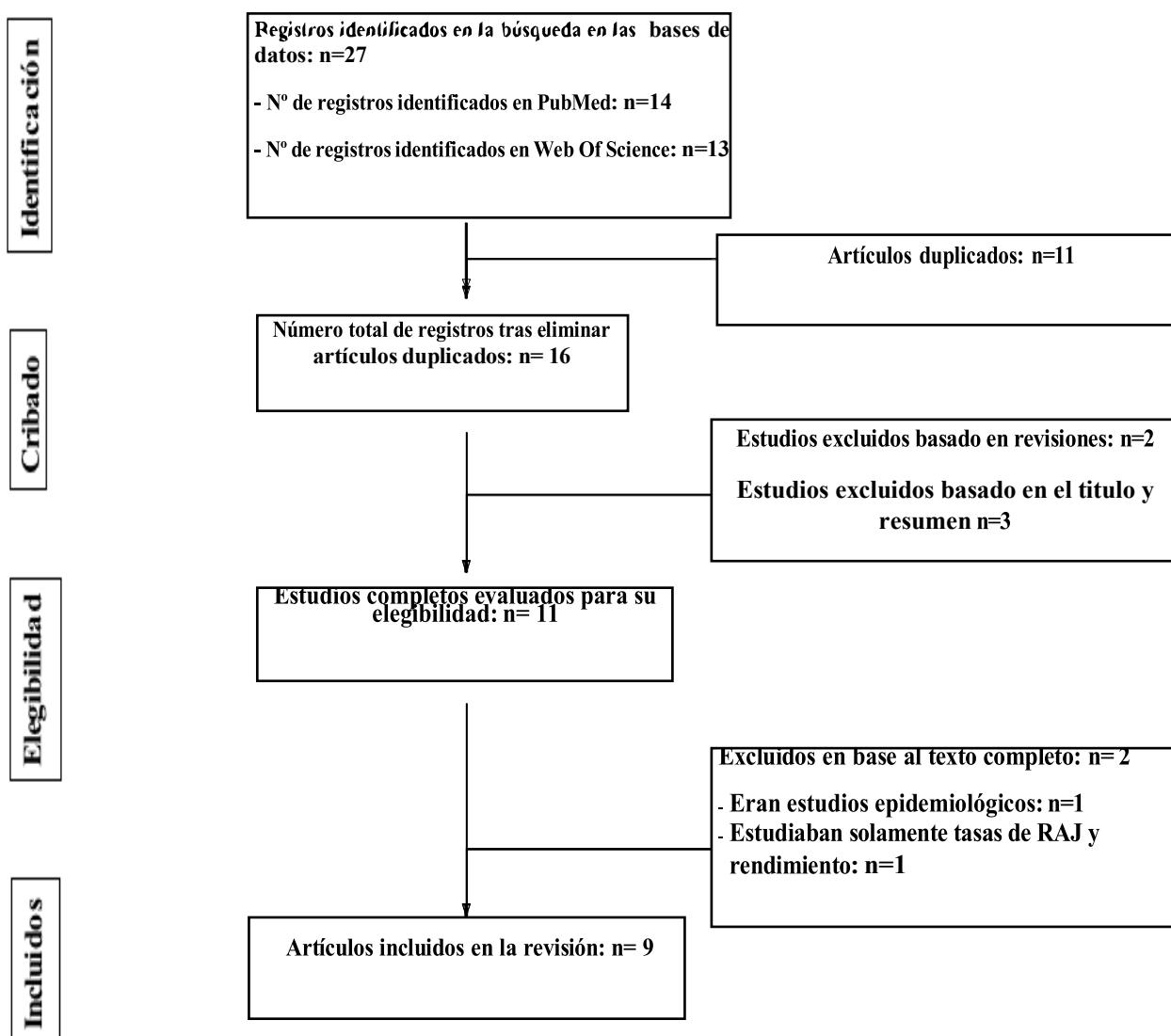


Figura 1. Diagrama de Flujo

Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios seleccionados fue evaluada utilizando la escala PEDro (Maher et al., 2003), una herramienta reconocida por su fiabilidad en la evaluación de la calidad de los artículos científicos (Cashin & McAuley, 2020). Dado que la mayoría de los estudios incluidos eran observacionales y no implicaban la aplicación de una intervención experimental, estos no obtuvieron puntuación en ítems relacionados con el cegado de participantes o evaluadores, lo cual influyó en sus calificaciones finales. En general, la mayoría de los estudios lograron una puntuación media de 6 puntos en la escala PEDro. Según los criterios establecidos por Maher et al., (2003), esta puntuación se considera indicativa de una calidad metodológica moderada a alta. Aunque estas limitaciones son inherentes al diseño de los estudios observacionales, los artículos cumplieron la mayoría de los demás criterios de la escala, como la validez interna y la claridad en la presentación de datos (Tabla 1).

Tabla 1. Evaluación metodológica escala PEDro

Referencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	PT
(Dombrowski et al., 2024)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11
(Sullivan, et al., 2022)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11
(Kostyun et al., 2021)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11
(Raymond-Pope et al., 2021)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11
(Hannon et., 2020)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11
(Capin et al., 2019)	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	9/11
(Boo et al., 2018)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11
(Paterno et al., 2015)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11
(Stearns & Pollard, et al., 2013)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11

Nota. P1., Criterios de elegibilidad. P2., Distribución aleatorizada. P3., Asignación oculta. P4., Grupos similares al inicio. P5., Sujetos cegados. P6., Terapeutas cegados. P7., Evaluadores cegados. P8., Seguimiento adecuado. P9., Análisis por "intención de tratar". P10., Comparaciones entre grupos. P11., Medidas puntuales y de variabilidad. PT., Puntuación total Escala PEDro

Características de la muestra

Las características de la muestra se describen en la Tabla 2. Se observó un total de 297 sujetos, en su mayoría adolescentes ($n= 6$, 66,66%) (Boo et al., 2018; Capin et al., 2019; Hannon et al., 2020; Kostyun et al., 2021; Paterno et al., 2015; Raymond-Pope et al., 2021), mientras que el resto de la población tenía más de 20 años ($n=3$, 33,33%) (Dombrowski et al., 2024; Stearns & Pollard, 2013; Sullivan et al., 2022). En cuanto al tamaño muestral, el 77,77% ($n= 7$) de los estudios contaban con muestras inferiores a 40 sujetos (Boo et al., 2018; Capin et al., 2019; Hannon et al., 2020; Paterno et al., 2015; Raymond-Pope et al., 2021; Stearns & Pollard, 2013; Sullivan et al., 2022), mientras que $n=2$, (22,22%) estudios tenían muestras superiores a 40 sujetos (Dombrowski et al., 2024; Kostyun et al., 2021). Por otra parte, a excepción de un estudio que abarcaba a toda persona intervenida de LCA en un periodo de tiempo determinado (Dombrowski et al., 2024), el resto de los estudios tuvieron como población diana a atletas/deportistas. Finalmente, por lo que respecta a la tipología de los estudios, todos ellos menos uno se trataba de estudios observacionales analíticos ($n=8$, 88,88%) (Capin et al., 2019).

Aspectos biomecánicos tras rotura de LCA

Cuatro estudios analizaron aspectos relacionados con la biomecánica tras sufrir una rotura de LCA (Boo et al., 2018; Hannon et al., 2020; Paterno et al., 2015; Stearns & Pollard, 2013). Dos investigaciones encontraron diferencias significativas en la coordinación y la contribución de absorción de energía de cadera y tobillo del miembro afecto (Boo et al., 2018; Paterno et al., 2015). Otra investigación encontró diferencias significativas en el ángulo de abducción y el pico de momento aductor de rodilla en la fase temprana de desaceleración (Stearns & Pollard, 2013). Asimismo, otras alteraciones biomecánicas fueron reportadas en otro estudio en el que se observaron diferencias significativas entre el miembro afectado y el sano en el momento extensor de rodilla, ángulo aductor de cadera y estrés femoropatelar (Hannon et al., 2020).

Aspectos relacionados con la fuerza tras rotura de LCA

Cuatro estudios analizaron factores relacionados con la fuerza en atletas operadas de LCA (Boo et al., 2018; Dombrowski et al., 2024; Raymond-Pope et al., 2021; Sullivan et al., 2022). Boo et al. (2018) observaron diferencias significativas en la fuerza del cuádriceps del miembro afectado y de los rotadores externos de cadera de ambas piernas en aquellas atletas que se habían roto el LCA. Dos estudios investigaron también aspectos relacionados con la fuerza del miembro inferior analizando los movimientos de flexión y extensión de rodilla y test de saltos, comparando deportistas de ambos sexos que se habían roto el LCA (Dombrowski et al., 2024; Sullivan et al., 2022). Dichos estudios obtuvieron resultados significativos en los que las mujeres presentaban una menor fuerza en los músculos implicados en los movimientos de flexión y extensión de rodilla, así como también peores resultados en test de saltos. Finalmente, además de la fuerza en flexión y extensión de rodilla, un estudio también investigó la relación con la composición corporal analizando la masa magra muscular (Raymond-Pope et al., 2021). Dicho estudio encontró diferencias significativas en todas las variables después de comparar adolescentes con una reconstrucción de LCA con controles sanas.

Aspectos funcionales tras rotura de LCA

El aspecto funcional fue analizado en un estudio de cohortes (Capin et al., 2019). En él se comparó la funcionalidad de deportistas después de aplicar un protocolo de entrenamiento específico basado en fuerza, agilidad, pliométricos y ejercicios de prevención secundaria y, posteriormente, se equiparó con otras dos cohortes que realizaron una rehabilitación convencional. Dichos autores observaron mayores puntuaciones en los distintos test funcionales en aquellas atletas que habían llevado a cabo dicho protocolo de RAJ.

Aspectos psicológicos tras rotura de LCA

Otro aspecto que se aborda en las presentes investigaciones es el aspecto psicológico. Kostyun et al. (2021) estudiaron las diferencias entre hombres y mujeres operados de LCA acerca de la predisposición para el RAJ evaluando aspectos psicológicos mediante la escala Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury (ACL-RSI). Dichos autores observaron diferencias significativas en los tres períodos de medición (antes de la operación, pasados 3 meses y al final de la recuperación), observando que las mujeres presentaban valores más bajos en la escala ACL-RSI en cada una de las mediciones temporales. Por otra parte, Dombrowski et al. (2024), observaron que los valores obtenidos en la escala ACL-RSI no se correlacionaban con los valores obtenidos en los test funcionales.

Tabla 2. Características de los Estudios

Estudio	n	Edad (años)	Población	Diseño del estudio	Aspectos evaluados	Evaluación	Resultados
Dombrowski et al., (2024)	64	19,13 ± 8,51	Sujetos operados de ACL	Retrospectivo comparativo	Fuerza	<p>Fuerza isométrica máxima de cuádriceps e isquiotibiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dinamómetro de mano. <p>Tests funcionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Y-balance test. - Single-leg vertical jump. - Single-leg hop test con protocolo de fatiga. - Single-leg cross-over hop test. - Single-leg figure-8 hop test. - Single-leg drop landing knee excursion test. - Repeticiones hasta el fallo en leg press. <p>Preparación psicológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuestionario ACL-RSI. 	<p>Diferencias significativas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuerza isométrica máxima de cuádriceps e isquiotibiales. <p>Diferencias significativas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altura de salto vertical monopodal. - Distancia de salto horizontal monopodal. - Distancia en el test de single-leg crossover hop test. - Tiempo en el test de single-leg figure 8 hop test.
Sullivan et al., (2022)	8	20,0 ± 5,6	Atletas	Transversal comparativo	Fuerza	<p>Fuerzas de reacción:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plataforma de fuerza ((AMTI force plate (Advanced Mechanical Technologies, Inc., Watertown, MA)). <p>Fuerza isocinética:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dinamómetro isocinético (Biodex Medical systems, Inc., Shirley, NY). <p>Fuerza isométrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dinamómetro de mano (Lafayette Instrument Company, Lafayette, IN). 	<p>Diferencias significativas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuerza isocinética en flexión y extensión de rodilla. - Fuerza isométrica máxima en flexión y extensión de rodilla.
Kostyun et al., (2021)	51	15,3 ± 1,4	Atletas	Prospectivo de cohortes	Salud mental	Preparación psicológica:	<p>Diferencias significativas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valores de ACL-RSI en las 3 mediciones temporales entre hombres y mujeres.
Raymond-Pope et al., (2021)	ACL: 12 GC: 12	ACL: 16,4 ± 0,9 GC: 16,4 ± 1,0	Atletas	Transversal de casos y controles	Fuerza	<p>Composición corporal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Báscula electrónica y estadiómetro de pared (Modelo S100; Ayrton Corp., Prior Lake, MN), GE Lunar iDXA (iDXA, General Electric Medical Systems, Madison, WI). <p>Dinamometría isocinética:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biodex System 3 Pro (Biodex Medical Systems, Shirley, NY). <p>Squat Jump:</p>	<p>Diferencias significativas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Masa magra total, anterior y posterior de la pierna. - Peak torque de extensión y flexión de rodilla.

						- Plataforma de fuerza dual (Kistler, 9286AA, Switzerland).	
Hannon et al., (2020)	24	15,50 ± 1,14	Deportistas	Prospectivo comparativo	Biomecánico	Análisis cinemático: - Sistema de captura de movimiento de 8 cámaras (Qualisys AB, Göteborg, Sweden). - Plataformas de fuerza AMTI (Advanced Mechanical Technologies, Inc., Watertown, MA)..	Diferencias significativas: - Momento extensor de rodilla. - Ángulo ADD de cadera. - Estrés femoropatelar.
Capin et al., (2019)	SAPP: 20 SAPP + PERT: 20	17,3 ± 2,6	Atletas	ECA prospectivo. Retrospectivo de cohortes.	Funcionalidad	Cuestionarios: - MARX. - IKDC. - KOOS Pain. - KOOS Symptoms. - KOOS ADL. - KOOS Sports /Rec. - KOOS QoL.	Diferencias significativas en: - MARX. - IKDC - KOOS para las subescalas de dolor, síntomas, actividades de la vida diaria, deporte y recreación y calidad de vida.
Boo et al., (2018)	ACLR: 17 GC: 17	ACLR: 14,7 ± 1,0 GC: 14,5 ± 1,1	Atletas	Transversal	Biomecánico	Análisis de movimiento 3D: - The Qualisys motion capture system (Qualisys). Lateral-Vertical Jump: - Plataforma de fuerza (AMTI). “Break test” para musculatura de la cadera en ABD y RE: - Dinamómetro (MicroFET 2; Hoggan Scientific). Fuerza de extensores de rodilla: - Multi-Joint Testing and Rehabilitation System (Biodex Medical Systems).	Diferencias significativas en: - Contribución de absorción de energía en el tobillo del miembro afecto y la cadera del miembro afecto y contralateral. Diferencias significativas en: - Menor fuerza de cuádriceps del miembro afecto. - Menor fuerza en RE de cadera de ambos miembros.
Paterno et al., (2015)	ACLR1: 14 ACLR2: 14	ACLR1: 17,2 ± 0,6 ACLR2 : 15,4 ± 0,5	Atletas	Prospectivo comparativo	Biomecánico	Análisis cinemático: - Sistema de captura de movimiento de 10 cámaras Motion Analysis Corp., Santa Rosa, CA).	Diferencias significativas en: - Coordinación cadera-tobillo.
Stearns & Pollard, (2013)	ACLR: 12 GC: 12	ACLR: 23,7 ± 1,9 GC: 21,3 ± 1,2	Futbolistas	Estudio de laboratorio controlado y observacional	Biomecánico	Análisis cinemático: - Vicon 8-camera, 3D motion analysis system (Oxford Metrics Ltd, Oxford, United Kingdom). - Plataforma de fuerza (Advanced Mechanical Technologies Inc, Newton, Massachusetts).	Diferencias significativas en: - Ángulo de ABD de rodilla en la fase temprana de desaceleración. - Pico de momento aductor de rodilla en la fase temprana de desaceleración.

Nota. N: muestra; ACL: anterior cruciate ligament; ACL-RSI: ACL-Return to Sport Injury Scale; ACLR: anterior cruciate ligament reconstruction; GC: grupo control; ADD: aducción; SAPP: strength, agility, plyometric, and secondary prevention; SAPP + PERT: SAPP with perturbation training; ECA: ensayo clínico aleatorizado; MARX: Marx activity rating scale; IKDC: International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form; KOOS: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score; ADL: activities of daily living; QoL: quality of life; ABD: abducción; RE: rotación externa.

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar los factores determinantes que influyen en el RAJ en mujeres deportistas tras una lesión LCA. Los hallazgos más relevantes evidenciaron que el RAJ está condicionado por múltiples elementos: déficits biomecánicos, alteraciones en la fuerza y la funcionalidad, y barreras psicológicas específicas de esta población. Estos resultados subrayan la necesidad de adoptar enfoques multidisciplinarios que integren intervenciones físicas y psicológicas, con el fin de optimizar el RAJ, reducir el riesgo de recidivas y facilitar una reintegración deportiva segura y efectiva. Dentro de estos factores, los aspectos biomecánicos desempeñan un papel central, especialmente en la prevención de recidivas. Uno de los principales mecanismos lesionales identificados es el colapso en valgo de rodilla, relacionado con ángulos de abducción y momentos aductores elevados durante maniobras deportivas como desaceleraciones

y cambios de dirección (Larwa et al., 2021; Nardon et al., 2024; Petushek et al., 2019; Pfeifer et al., 2018; Schick et al., 2023). Boo et al., (2018) encontraron que las deportistas con historial de LCA tienden a utilizar estrategias de absorción de energía que priorizan la cadera en lugar del tobillo, lo que se atribuye a una falta de fuerza del cuádriceps y los rotadores externos de cadera. Estas alteraciones incrementan las tensiones mecánicas sobre el injerto, aumentando el riesgo de recidiva. Además, Stearns et al., (2013) destacaron que las futbolistas operadas de LCA presentan tanto ángulos de abducción de rodilla mayores como valores de momento aductor más altos en maniobras de desaceleración y cambio de dirección, lo que constituye un factor de riesgo significativo para nuevas lesiones. Por otra parte, Paterno et al., (2015) identificaron déficits en la coordinación cadera-tobillo, reflejando alteraciones propioceptivas que predisponen a posiciones de alto riesgo durante movimientos deportivos. Estas alteraciones, asociadas también al dolor femoropatelar (Hannon et al., 2020) complican aún más el RAJ. En conjunto, estos hallazgos subrayan la necesidad de evaluar y corregir patrones de movimiento durante la rehabilitación, ya que una intervención biomecánica adecuada podría minimizar el riesgo de recidiva y garantizar un retorno más seguro.

Además de los aspectos biomecánicos, los déficits de fuerza emergen como un factor determinante en la rehabilitación y el RAJ. Los estudios revisados evidencian debilidades significativas en el cuádriceps, los isquiotibiales y los rotadores externos de cadera, incluso en fases avanzadas del proceso de recuperación (Boo et al., 2018; Raymond-Pope et al., 2021; Sullivan et al., 2022). Estas deficiencias no solo afectan la mecánica de movimiento, sino que también incrementan el riesgo de recidiva y de artrosis de rodilla a largo plazo (Brown et al., 2021). En particular, la debilidad en los isquiotibiales y abductores de cadera ha sido vinculada con patrones deficientes de aterrizaje, como la rotación interna excesiva de cadera y el desplazamiento anterior de la tibia respecto al fémur, que comprometen la estabilidad del LCA (Petushek et al., 2019). Además, las diferencias observadas entre hombres y mujeres en los niveles de fuerza en el momento de RAJ (Sullivan et al., 2022; Dombrowski et al., 2024) refuerzan la necesidad de diseñar programas de rehabilitación individualizados. Estas intervenciones deberían priorizar el fortalecimiento muscular en las mujeres deportistas, considerando su mayor predisposición a déficits específicos. En este contexto, estrategias que combinan ejercicios específicos, funcionales y progresivos se presentan como fundamentales para garantizar un RAJ más seguro y eficaz.

La funcionalidad es otro componente clave para garantizar un RAJ exitoso. Según Capin et al., (2019), los programas que integran ejercicios de fortalecimiento, agilidad y pliometría no solo incrementan las tasas de RAJ, sino que también mejoran la calidad de vida y reducen el riesgo de recidivas. Revisiones recientes corroboran estos hallazgos, señalando que los ejercicios pliométricos pueden disminuir el riesgo de lesiones de LCA hasta en un 60% (Al Attar et al., 2022). Asimismo, ejercicios como el curl nórdico, las zancadas y las elevaciones de talones han demostrado ser efectivos para optimizar la fuerza y el control motor, lo que contribuye a mejorar la biomecánica en movimientos funcionales de alta demanda deportiva (Petushek et al., 2019). En conjunto, estos resultados refuerzan la importancia de diseñar programas integrales de rehabilitación que combinen el fortalecimiento muscular, la funcionalidad y el control motor, adaptados a las demandas específicas de cada deporte. Finalmente, el aspecto psicológico, aunque a menudo subestimado, desempeña un papel crucial en el RAJ. Los estudios incluidos muestran resultados dispares, pero coinciden en la importancia de considerar este componente de forma independiente al rendimiento físico. Por ejemplo, Dombrowski et al., (2024) no encontraron diferencias significativas en los valores de la escala ACL-RSI entre hombres y mujeres. Sin embargo, observaron que las mujeres presentaban una desconexión entre los valores de esta escala y los resultados de los test funcionales, lo que sugiere que podrían estar físicamente preparadas, pero no psicológicamente listas para competir. Por su parte, Kostyun et al., (2021) encontraron

que el miedo a la recidiva es un factor determinante en las mujeres, lo que podría explicar sus tasas más bajas de RAJ. Este hallazgo coincide con Faleide et al., (2021), quienes reportaron que puntuaciones inferiores a 47 en la escala ACL-RSI aumentan significativamente el riesgo de no regresar a la actividad deportiva. Por ello, integrar estrategias psicológicas en la rehabilitación, como la visualización positiva, el establecimiento de metas progresivas y la terapia cognitivo-conductual, resulta esencial para reducir el miedo al retorno y garantizar una recuperación integral.

Esta revisión presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, la predominancia de estudios con población adolescente (66,66%) restringe la generalización de los hallazgos a mujeres deportistas adultas, quienes podrían presentar diferencias biomecánicas, funcionales y psicológicas significativas. Además, la calidad metodológica de los estudios incluidos fue moderada, con solo un estudio alcanzando un puntaje PEDro superior a 6, lo que subraya la necesidad de investigaciones futuras con diseños más rigurosos y criterios estandarizados. Asimismo, la heterogeneidad en los diseños experimentales, los métodos de evaluación y las definiciones operativas utilizadas en los estudios dificulta la comparación directa de los hallazgos y la síntesis de conclusiones más robustas. Por último, la inclusión de un número limitado de estudios centrados exclusivamente en mujeres deportistas limita la capacidad de explorar diferencias entre géneros y subgrupos poblacionales, como mujeres adultas o deportistas recreativas. Para superar estas limitaciones, las investigaciones futuras deberían priorizar el desarrollo y la adopción de protocolos estandarizados para definir, medir y reportar factores relacionados con el RAJ tras una lesión de LCA. El uso de herramientas validadas, como cuestionarios específicos y sistemas de monitoreo en tiempo real, podría mejorar la calidad y precisión de los datos. Además, sería fundamental ampliar el alcance de los estudios a poblaciones más diversas, incluyendo mujeres deportistas adultas, recreativas y de diferentes niveles competitivos. Diseños longitudinales que monitoreen a las deportistas durante períodos prolongados permitirían identificar con mayor precisión los mecanismos de lesión, factores de riesgo y barreras en el RAJ.

Conclusión

Esta revisión sistemática integra de manera comprensiva los factores biomecánicos, de fuerza, funcionales y psicológicos que influyen en el RAJ en mujeres deportistas tras una lesión de LCA. Los resultados subrayan carencias específicas en esta población, como déficits de fuerza en los miembros inferiores, alteraciones biomecánicas y barreras psicológicas, lo que refuerza la necesidad de desarrollar programas de rehabilitación integrales. Dichos programas deben incluir ejercicios específicos de fortalecimiento y pliometría, corregir patrones de movimiento biomecánicamente deficientes y abordar la salud mental de las deportistas, con especial énfasis en reducir el miedo a la recidiva. Estas recomendaciones pueden servir como base para futuras investigaciones e intervenciones clínicas, promoviendo un retorno seguro, efectivo y sostenible a la práctica deportiva.

Bibliografía

- Al Attar, W. S. A., Khaledi, E. H., Bakhsh, J. M., Faude, O., Ghulam, H., & Sanders, R. H. (2022). Injury prevention programs that include balance training exercises reduce ankle injury rates among soccer players: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 68(3), 165–173.
- Amir-Behghadami, M., & Janati, A. (2020). Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study (PICOS) design as a framework to formulate eligibility criteria in systematic reviews. *Emergency Medicine Journal*, 37(6), 387.
- Balachandar, V., Marciniak, J. L., Wall, O., & Balachandar, C. (2017). Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 7(1), 136–146.
- Brown, C., Marinko, L., LaValley, M. P., & Kumar, D. (2021). Quadriceps Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Compared With Uninjured Matched Controls: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(4), 232596712199153.
- Capin, J. J., Failla, M., Zarzycki, R., Dix, C., Johnson, J. L., Smith, A. H., Risberg, M. A., Huston, L. J., Spindler, K. P., & Snyder-Mackler, L. (2019). Superior 2-Year Functional Outcomes Among Young Female Athletes After ACL Reconstruction in 10 Return-to-Sport Training Sessions: Comparison of ACL-SPORTS Randomized Controlled Trial With Delaware-Oslo and MOON Cohorts. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 7(8), 2325967119861311.
- Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of Physiotherapy*, 66(1), 59.
- de la Fuente-García, A. (2021). ¿Se mueven las mujeres igual que los hombres en un contexto deportivo? Consideraciones para la optimización del rendimiento y la reducción de lesiones. *Logía, educación física y deporte*, 2(Supl. 1), 41–52.
- Dombrowski, N., Cleary, C. J., Bernard, C. D., Vopat, B. G., & Herda, A. A. (2024). Psychological Readiness Is Weakly Related to Physical Function Tests at Return to Sport for Men and Not at All for Women Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Rehabilitation. *Arthroscopy: Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 40(6), 1870–1878.
- Faleide, A. G. H., Magnussen, L. H., Strand, T., Bogen, B. E., Moe-Nilssen, R., Mo, I. F., Vervaat, W., & Inderhaug, E. (2021). The Role of Psychological Readiness in Return to Sport Assessment After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 49(5), 1236–1243.
- Figueroa, D., Figueroa, M. L., & Figueroa, F. (2024). Return to Sports in Female Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. A systematic review and metanalysis. *Journal of ISAKOS*, S2059-7754(24), 00008–7.
- Handelsman, D. J. (2017). Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clinical Endocrinology*, 87(1), 68–72.

- Hannon, J. P., Goto, S., Singleton, S., Bothwell, J. M., Bush, C. A., Papaliolis, D., Dietrich, L., & Garrison, C. J. (2020). Effects of anterior cruciate ligament reconstruction on patellofemoral joint stress and lower extremity biomechanics at 12 weeks post-surgery and at time of return to sport in adolescent females. *Clinical Biomechanics*, 80, 105164.
- 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.
- Kostyun, R. O., Burland, J. P., Kostyun, K. J., Milewski, M. D., & Nissen, C. W. (2021). Male and Female Adolescent Athletes' Readiness to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 31(4), 383–387.
- Larwa, J., Stoy, C., Chafetz, R. S., Boniello, M., & Franklin, C. (2021). Stiff Landings, Core Stability, and Dynamic Knee Valgus: A Systematic Review on Documented Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Male and Female Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3826.
- López-Valenciano, A., Raya-González, J., García-Gómez, J. A., Aparicio-Sarmiento, A., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Ayala, F. (2021). Injury Profile in Women's Football: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 51(3), 423–442.
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713–721.
- Mall, N. A., Chalmers, P. N., Moric, M., Tanaka, M. J., Cole, B. J., Bach, B. R., & Paletta, G. A. (2014). Incidence and Trends of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the United States. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(10), 2363–2370. <https://doi.org/10.1177/0363546514542796>
- Montalvo, A. M., Schneider, D. K., Webster, K. E., Yut, L., Galloway, M. T., Heidt, R. S., Kaeding, C. C., Kremcheck, T. E., Magnussen, R. A., Parikh, S. N., Stanfield, D. T., Wall, E. J., & Myer, G. D. (2019). Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. *Journal of Athletic Training*, 54(5), 472–482.
- Nardon, M., Ferri, U., Caffi, G., Bartesaghi, M., Perin, C., Zaza, A., & Alessandro, C. (2024). Kinematics but not kinetics alterations to single-leg drop jump movements following a subject-tailored fatiguing protocol suggest an increased risk of ACL injury. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1418598.
- Noya-Salces, J. (2015). Análisis de la incidencia lesional en el fútbol profesional español en la temporada 2008-2009 [Universidad Politécnica de Madrid].
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Clinical Research*, 372, n71.

- Paterno, M. V., Kiefer, A. W., Bonnette, S., Riley, M. A., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Myer, G. D., Shockley, K., & Hewett, T. E. (2015). Prospectively identified deficits in sagittal plane hip-ankle coordination in female athletes who sustain a second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Clinical Biomechanics*, 30(10), 1094–1101.
- Petushuk, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2019). Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 47(7), 1744–1753.
- Pfeifer, C. E., Beattie, P. F., Sacko, R. S., & Hand, A. (2018). Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: A systematic Review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(4), 575–587.
- Pollard, C. D., Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2007). Gender Differences in Hip Joint Kinematics and Kinetics During Side-Step Cutting Maneuver. *Clinical Journal of Sport Medicine : official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 17(1), 38–42.
- Ramírez, R. N., Baldwin, K., & Franklin, C. C. D. (2014). Prevention of Anterior Cruciate Ligament Rupture in Female Athletes. *Jounal of Bone and Joint Surgery*, 2(9), 1–9.
- Raymond-Pope, C. J., Dengel, D. R., Fitzgerald, J. S., Nelson, B. J., & Bosch, T. A. (2021). Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Female Athletes Exhibit Relative Muscle Dysfunction after Return to Sport. *International Journal of Sports Medicine*, 42(4), 336–343.
- Schick, S., Cantrell, C. K., Young, B., Mosher, Z., Ewing, M., Elphingstone, J. W., Brabston, E., Ponce, B. A., & Momaya, A. M. (2023). The Mechanism of Anterior Cruciate Ligament Injuries in the National Football League: A Systematic Video Review. *Cureus*, 15(1), e34291.
- Sim, J., & Wright, C. C. (2005). The Kappa Statistic in Reliability Studies: Use, Interpretation, and Sample Size Requirements. *Physical Therapy*, 85(3), 257–268.
- Stearns, K. M., & Pollard, C. D. (2013). Abnormal frontal plane knee mechanics during sidestep cutting in female soccer athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *American Journal of Sports Medicine*, 41(4), 918–923.
- Sullivan, Z. B., Sugarman, B. S., Faherty, M. S., Killelea, C., Taylor, D. C., Le, D., Toth, A. P., Riboh, J. C., Diehl, L. H., Wittstein, J. R., Amendola, A., & Sell, T. C. (2022). Females have Lower Knee Strength and Vertical Ground Reaction Forces During Landing than Males Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction at the Time of Return to Sport. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(4), 556–565