



**Relación entre función cognitiva y la
biomecánica lesional del Ligamento
Cruzado Anterior en deportes colectivos.
Revisión sistemática.**



Grado en Ciencias de la Actividad Física y el deporte
Universidad Miguel Hernández de Elche

Curso académico: 2022/2023

Alumno: Santiago Giménez Mataix

Tutor académico: Víctor Moreno Pérez

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	5
3. METODOLOGÍA.....	6
3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.	6
3.2 FUENTES DOCUMENTALES CONSULTADAS.....	6
3.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y MÉTODO	6
3.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN	7
3.5 PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS	7
3.6 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE DATOS	7
3.7 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SESGO EN LOS ESTUDIOS INDIVIDUALES.....	8
4. RESULTADOS	8
4.1 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS.....	8
4.2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE RIESGO DE SESGO	9
4.3 CARÁCTERISTICAS DE LOS ESTUDIOS	10
4.4 TIPO DE MEDICIÓN, TEST EMPLEADO	10
4.5 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS.....	11
5. DISCUSIÓN.....	11
6. LIMITACIONES.....	13
7. CONCLUSIÓN	13
8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	14
9. BIBLIOGRAFÍA.....	14
10. ANÉXOS	18

1. RESUMEN

Objetivo:

Revisar la literatura para conocer la relación que existe entre el nivel de función cognitiva y la biomecánica lesional del ligamento cruzado anterior (LCA) en deportes de equipo medida.

Método:

Revisión sistemática basada en la declaración PRISMA 2020. Se realizó una búsqueda de la literatura en las bases de datos de PubMed, Scopus y SportDiscus. Se llevo a cabo en función de las principales palabras clave "team sports", "ACL", "neurocognition", "cognition", "dual task", "biomechanics", "knee valgus" obtenidas a partir de la regla PIO.

Resultados:

Se incluyeron 4 estudios transversales analíticos en esta revisión. El 75% de los artículos encontraron que la peor función cognitiva en los deportistas colectivos en cuanto a velocidad de procesamiento, tiempo de reacción, atención visual y memoria visuoespacial se relacionó con una biomecánica más lesiva de LCA medida en tests ecológicos.

Conclusión:

Se encontraron asociaciones en entre la baja función cognitiva y la biomecánica lesional de LCA en los deportes colectivos, y se vio como los tests ecológicos podrían ser más sensibles a decrementos en la cognición, no obstante, hace falta más literatura que complemente los resultados de esta revisión para poder obtener conclusiones más sólidas y entender la función cognitiva disminuida como factor de riesgo desde un enfoque más práctico.

Palabras clave:

Deportes de equipo, LCA, neuro cognición, cognición, tarea dual, biomecánica, valgo de rodilla.

1. ABSTRACT

Objective:

Review the literature to know the relationship that exists between the level of cognitive function and the biomechanics of the anterior cruciate ligament (ACL) injury in measured team sports.

Method:

Systematic review based on the PRISMA 2020 statement. A literature search was performed in the PubMed, Scopus, and SportDiscus databases. It was carried out based on the main keywords "team sports", "ACL", "neurocognition", "cognition", "dual task", "biomechanics", "knee valgus" obtained from the PIO rule.

Results:

4 analytic cross-sectional studies were included in this review. 75% of the articles found that poorer cognitive function in team athletes in terms of processing speed, reaction time, visual attention, and visuospatial memory was related to more damaging ACL biomechanics measured in ecological tests.

Conclusion:

Associations were found between low cognitive function and ACL biomechanics in team sports, and it was seen how ecological tests could be more sensitive to decreases in cognition; however, more literature is needed to complement the results of this study review in order to draw more solid conclusions and understand decreased cognitive function as a risk factor from a more practical approach.

Keywords:

Team sports, ACL, neurocognition, cognition, dual task, biomechanics, knee valgus.

2. INTRODUCCIÓN

Los deportes colectivos, como el fútbol, baloncesto o balonmano entre otros se definen por tener un alto grado de demandas cognitivas como por ejemplo variedad de estímulos ofrecidos por la pelota, los rivales o los compañeros de equipo (Swanik et al., 2007). La carga cognitiva comentada, sumada a acciones demandantes y rápidas como los cambios de dirección, aterrizajes o pivotajes deriva en que los deportistas sufran mayor riesgo de lesión sin contacto (Griffin et al., 2000; Hootman et al., 2007).

Una de las lesiones que más comúnmente aparecen es la de ligamento cruzado anterior (LCA), esta lesión tiene una gran incidencia en estos deportes, y reporta en países como Estados Unidos entre 100.000 y 200.000 casos anualmente (Wiggins et al., 2016). Esto se suma a la problemática de que muchos de estos atletas tienen impedimentos en su vida cotidiana como ir a la escuela, abandono del deporte, osteoartritis temprana, cirugías, recaídas en el 20% de los casos y en definitiva generan un coste al sistema de salud que en Estados Unidos llega a superar los 625 millones de dólares (Vargas et al., 2023).

Para combatir esta problemática los profesionales de la salud como los readaptadores, preparadores físicos o fisioterapeutas intentan identificar los factores de riesgo tanto para la prevención primaria o secundaria como para el proceso de rehabilitación y readaptación hasta que el deportista está listo para el "return top play" (Aaltonen et al., 2007; Griffin et al., 2000, 2006; Porter et al., 2022). Sin embargo, las lesiones son multifactoriales y esto suma una gran complejidad al estudio del riesgo (Bittencourt et al., 2016).

Aunque el actual enfoque neuromuscular desarrollado para los programas de prevención y readaptación parece estar teniendo éxito, los tests neuromusculares que se usan para evaluar y estratificar a aquellos deportistas con mayor riesgo de lesión parecen no tener una gran evidencia de su eficacia. Este hecho parece ser debido a que no reflejan de manera fidedigna las condiciones cognitivas desafiantes de la situación real o ecológica (Goetschius et al., 2012; Smith et al., 2012). Ante estas problemáticas, han surgido nuevos paradigmas para la detección y la prevención de lesión con el objetivo de tener una mayor eficacia y eficiencia. Para ello las investigaciones se han centrado en las demandas neurocognitivas de los deportes colectivos como una posible causa del riesgo de lesión (Herman et al., 2015; Swanik et al., 2007). Para entender este enfoque novedoso, primeramente, tenemos que saber que la cognición está formada por todos aquellos procesos o dominios del cerebro jerarquizados a nivel cortical y subcortical desde las funciones ejecutivas y de pensamiento hasta las sensoriales y perceptivas, que además, están interconectados (Harvey, 2022). Algunas de sus ámbitos como la inteligencia, el lenguaje, o el razonamiento pueden no afectar al riesgo de lesión, no obstante, el rendimiento cognitivo en aspectos como la atención visual, la auto vigilancia, la velocidad de procesamiento, la memoria visual, el tiempo de reacción o la capacidad de atender a una doble tarea sí que pueden tener cabida como factor de riesgo de lesión del LCA (Swanik et al., 2007).

Existen estudios que miden la relación entre la peor función cognitiva y la biomecánica lesional de LCA (Porter et al., 2022; Swanik et al., 2007; Wilkerson, 2012), sin embargo, estos estudios incluyen tests poco representativos de las demandas reales y se ha mostrado como es más sensible utilizar pruebas que impliquen gestos del deporte con la introducción de demandas cognitivas para analizar la biomecánica (Chaaban et al., 2023). Además, la mayoría de los estudios que han reportado esta relación se han realizado en deportistas que han sufrido una conmoción cerebral tras un golpe, situación normal en estos deportes (Brooks et al., 2016; Covassin et al., 2010; Herman et al., 2017).

Sabiendo el posible potencial en la prevención de lesiones de la función cognitiva, se hace necesario encontrar nuevas pruebas cognitivas específicas de cada deporte y limitar y definir cuáles son aquellos dominios cognitivos que predicen con mayor efectividad el riesgo de lesión (Swanik et al., 2007).

Por ello, el objetivo de este trabajo consistió en revisar la literatura para conocer las relaciones que existen entre la función cognitiva y la biomecánica lesional del LCA en deportes colectivos.

3. METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.

El presente trabajo de fin de Grado pretende realizar una revisión de la bibliografía de forma sistemática, estructurada y crítica para intentar dar solución a los objetivos marcados en el apartado anterior.

3.2 FUENTES DOCUMENTALES CONSULTADAS

El tiempo de búsqueda abarco desde diciembre de 2022 a febrero de 2023. Fueron utilizadas un total de 3 bases de datos: PubMed, Scopus y SportsDiscus.

3.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y MÉTODO

El método de búsqueda implementado para esta revisión ha sido la declaración PRISMA 2020 (Yepes-Nuñez et al., 2021) para llevar un protocolo preestablecido y mejorar la calidad de esta.

Para seguir la metodología, en este trabajo se ha implementado un proceso de búsqueda exhaustivo de artículos científicos. Se ha llevado a cabo una estrategia de búsqueda con las mismas palabras claves en las 3 bases de datos. En primer lugar se realizó la búsqueda en Pubmed, seguida de Scopus y de SportsDiscus.

Las palabras clave utilizadas fueron seleccionadas a través de la estrategia PIO. Para rastrear los participantes se utilizó ("leg" OR "knee" OR "ACL" OR "anterior cruciate ligament") AND ("soccer" OR "football" OR "team sports" OR "sports"). Para la intervención se utilizó: AND ("cognit*" OR "neurocognit*" OR "visual-motor" OR "visual cognition" OR "visual-spatial" OR "attention" OR "external focus of attention" OR "external focus of attention" OR "dual-task" OR "Implicit learning" OR "differential learning"). Por ultimo, para los resultados se buscó: AND ("biomechanics" OR "mechanics" OR "kinematic" OR "kinetic" OR "valgus" OR "abduction" OR "flexion").

A pesar de que se usó la misma estrategia en las 3 bases de datos se aplicaron filtros distintos entre ellas con el objetivo de focalizar la búsqueda, pero también de encontrar el máximo número de artículos susceptibles de ser incluidos debido a que se esperaba un número muy reducido por la temática. En PubMed no se utilizó ningún filtro y en SportsDiscus solo se utilizó el filtro de publicaciones académicas, no obstante, en Scopus debido al elevado número de artículos que aprecian, se decidió acotar la búsqueda por título, resumen y palabras clave.

Como se trataba de un tema novedoso no se usó un rango temporal de búsqueda para encontrar los máximos artículos posibles por lo que se abarcaron todos los registros desde el inicio de la base de datos hasta 2023.

Solo fueron elegidos aquellos artículos que estaban en inglés y publicados en revistas con un alto factor de impacto.

3.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios de inclusión fueron analizados de forma exhaustiva, para acceder con mejor fiabilidad a la dina del objetivo final. Por tanto, se decide incluir aquellos artículos los cuales:

- (1) Utilizaban deportistas colectivos como población objetivo.
- (2) Median variables de función cognitiva.
- (3) Analizaban la biomecánica lesional de LCA en tests ecológicos con acciones similares a las del deporte.
- (4) Estaban dentro del todo el rango temporal de cada base de datos, desde sus inicios, hasta el 2023.

Por otro lado, para realizar un filtrado más efectivo de la búsqueda se tuvieron en cuenta unos criterios de exclusión. Por ello, se descartaron aquellos registros los cuales:

- (1) Contenían deportistas con operaciones, lesiones o conmociones actuales o recientes.
- (2) Eran diseños de estudio de revisiones sistemáticas, metaanálisis o estudios de casos y controles.
- (3) Habían aparecido duplicados en más de una de las bases de datos utilizadas.

3.5 PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Los estudios fueron seleccionados por medio de los criterios de inclusión y exclusión a partir de las reglas PIOS (participantes, intervención, resultados y diseño del estudio). La gestión de los registros se llevó a cabo por medio del gestor Mendeley.

Una vez se tuvieron el número total de artículos destinados a ser seleccionados para la revisión sistemática y se quitaron los duplicados, se hizo una primera lectura por título de tal manera que aquellos artículos que no contenían la temática a abordar en el título fueron excluidos. Posteriormente se procedió a una segunda lectura por título y resumen de aquellos artículos potenciales de ser seleccionados y se hizo un primer descarte de aquellos que cumplían con los criterios de exclusión o que no cumplían los criterios para ser incluidos. Finalmente, con los artículos restantes se procedió a realizar una lectura completa y en función de los criterios de selección se obtuvieron los artículos finales para analizar sus resultados.

3.6 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE DATOS

Finalizada la selección de los estudios, para ser analizados se escogieron datos relevantes de los mismos enfocados al objetivo de la revisión y se resumieron en una tabla de características generales y otra con los principales resultados. En este caso se obtuvo información del título, el año de publicación, los autores, el objetivo, una descripción de la muestra (sexo, edad media, deporte realizado, nivel competitivo, estatura y masa corporal media), el diseño del estudio, la metodología y las herramientas de medida (tests y dominios cognitivos evaluados, tests biomecánicos usados y condición cognitiva desafiante), los resultados, conclusiones y limitaciones.

3.7 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SESGO EN LOS ESTUDIOS INDIVIDUALES

Se utilizó la escala Newcastle-Ottawa (NOS) para la valoración de la calidad metodológica de los artículos finalmente seleccionados en esta revisión. En concreto se utilizó su versión adaptada a estudios transversales por la naturaleza de los estudios a analizar. Esta escala adaptada está compuesta por 6 ítems divididos en 3 dimensiones (comparación, selección y tipo de estudio). Para su interpretación se consideró una puntuación de 7 o mayor para que el estudio tuviera buena calidad en función de los siguientes criterios (McPheeters et al., 2012):

Tabla 1. Interpretación de la escala NOS.

Calidad metodológica	Puntos en el dominio de selección	Puntos en el dominio de comparabilidad	Puntos en el dominio de resultados
Buena	≥3	≥2	≥2
Justa	2	≥1	≥2
Pobre	0-1	0	0-1

4. RESULTADOS

4.1 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Se encontraron inicialmente 770 artículos (287 en PubMed, 225 en Scopus y 258 en SportsDiscus). Tras eliminar los duplicados quedaron 508 registros. Después de realizar el primer cribado por la lectura de título quedaron 83, tras la lectura de título y resumen 10 y finalmente tras la lectura completa se quedaron 4 artículos (Figura 1).

En cuanto a los 6 artículos que aparentemente eran aptos pero se excluyeron tras su lectura completa, 2 de ellos fueron excluidos ya que utilizaban participantes que habían tenido una conmoción actual o reciente (Avedesian et al., 2021; Lempke et al., 2020). No se seleccionaron 2 de ellos ya que no median la biomecánicas lesional de LCA en los test, en uno de los artículos median la estabilidad postural (Porter et al., 2022) y en el otro median la incidencia lesional de miembro inferior durante la temporada (Avedesian et al., 2022). Por último, 2 de ellos no fueron escogidos ya que en lugar de medir la función cognitiva median la activación del sistema nervioso central (Bonnette et al., 2020; Giesche et al., 2022).

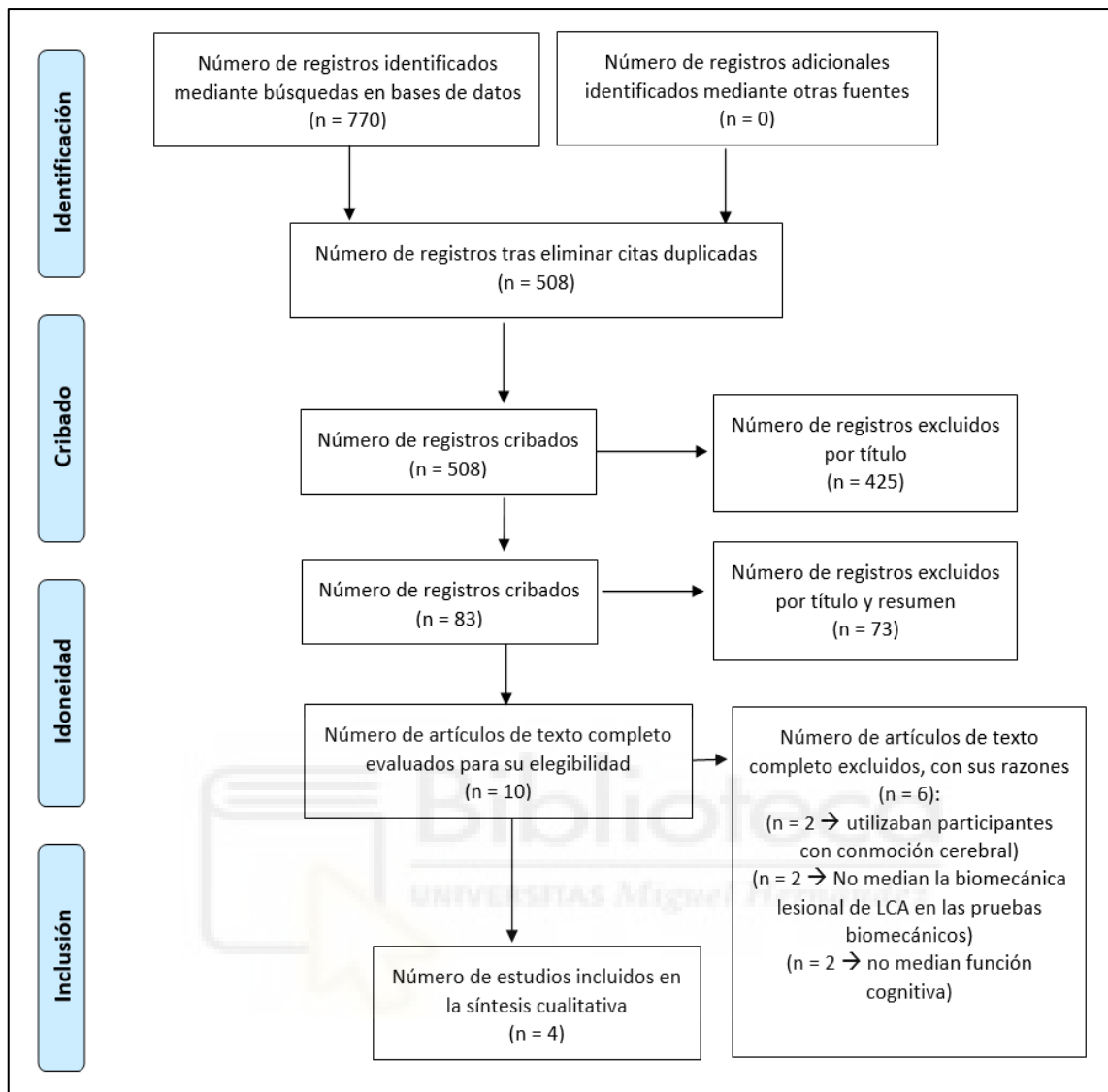


Figura 1. Diagrama de flujo de la selección de artículos.

4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE SESGO

Se analizó la calidad y el riesgo de sesgo de los estudios mediante la Newcastle-Ottawa (NOS) modificada (figura 2, anexos). En 2 de los estudios se obtuvo una puntuación igual a 7 por lo que fueron considerados de buena calidad (Fischer et al., 2021; Monfort et al., 2019) y 2 de ellos fueron considerados de calidad justa (Herman & Barth, 2016; Shibata et al., 2018).

Tabla 2. Calidad metodológica de los estudios según la escala NOS modificada.

	Ítems de la escala NOS modificada						TOTAL
	Selección			Comparabilidad	Resultados		
Autor/Artículo	1	2	3	4	5	6	
(Herman & Barth, 2016)	1	1	1	2	0	1	6
(Shibata et al., 2018)	1	1	1	2	0	1	6
(Monfort et al., 2019)	1	1	1	2	1	1	7
(Fischer et al., 2021)	1	1	1	2	1	1	7

4.3 CARÁCTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS

En cuanto a la muestra, un total de 2 artículos utilizan mujeres (Fischer et al., 2021; Shibata et al., 2018), frente a 1 artículo que utiliza solo hombres (Monfort et al., 2019), mientras que solo 1 artículo representa tanto hombres como mujeres (Herman & Barth, 2016).

En relación a la edad, en el 100% de los estudios los participantes tienen entre 18 y 30 años y la edad media está entorno a los 20 años (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018).

Los participantes competían en deportes de equipo como fútbol, baloncesto y voleibol. En 3 de los estudios los deportistas tenían un alto nivel competitivo (Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018) y en 1 de ellos el nivel de los atletas era recreativo o competitivo (Fischer et al., 2021). El tamaño de la muestra en los estudios fue de una media entorno a los 15 participantes (Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018) y 40 participantes (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016).

En referencia al tipo de estudio y su diseño en el 100% de los casos se trata de estudios transversales analíticos/explicativos en los que median la asociación de la variable función cognitiva como factor de riesgo con la variable de biomecánica lesiva del LCA (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018).

4.4 TIPO DE MEDICIÓN, TEST EMPLEADO

El proceso de medición consistió, en todos los estudios, en una medición cognitiva para posteriormente realizar tests biomecánicos con acciones de los deportes colectivos sumadas a una o varias demandas cognitivas desafiantes para que el test fuera ecológico.

Las pruebas cognitivas iniciales fueron ImPACT (Monfort et al., 2019), CRI (Herman & Barth, 2016), SDMT (Shibata et al., 2018), pruebas de comparación de letras y patrones, prueba de amplitud de letras y dígitos, prueba de antisacadas, Stroop y prueba de la torre de control (Fischer et al., 2021).

Los dominios cognitivos evaluados fueron velocidad de procesamiento en 3 de los estudios (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019), memoria visual en 2 artículos (Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018), memoria verbal en 1 (Monfort et al., 2019), memoria primaria en 1 (Fischer et al., 2021), tiempo de reacción en 2 de ellos (Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019) y concentración en 1 (Monfort et al., 2019).

El movimiento evaluado en 2 de los estudios fue el salto tras aterrizaje (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016) y en los 2 restantes fue el cambio de dirección a 45° (Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018) (figura 3, anexos). En todos ellos se evaluó la biomecánica lesional del LCA mediante la cinética y la cinemática por medio de marcadores retro reflectantes, programas de análisis de movimiento y mediante plataformas de fuerza, y en 1 de ellos se evaluó mediante electromiografía la activación de cuádriceps e isquios (Shibata et al., 2018). La biomecánica lesiva del LCA fue medida a través del principal mecanismo, el valgo de rodilla, por lo que las mediciones de la cinemática fueron encaminadas a medir los ángulos de flexión de cadera, rodilla y tobillo, rotación interna de cadera, rotación externa y cizallamiento anterior de la tibia, pronación del tobillo e inclinación lateral de tronco, ya que su aumento produce la rotura del ligamento (Waldén et al., 2015). Además, a nivel cinético se midieron los momentos de fuerza de los ángulos anteriores y las fuerzas de reacción vertical contra el suelo ya que tener niveles elevados, también aumenta el riesgo (Boden et al., 2000). La condición cognitiva desafiante aplicada fue en 3 de los casos la aplicación de un estímulo no anticipado/imprevisto al que responder (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016; Shibata et al., 2018), en 2 de los casos fue una tarea dual incluyendo una conducción de balón (Monfort et al., 2019) o una demanda memorística o de identificación y búsqueda de letras (Fischer et al., 2021).

4.5 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

Para obtener los resultados de asociación entre función cognitiva y biomecánica lesiva de LCA se utilizaron distintas metodologías. En 2 estudios se segmentó a los participantes en un grupo de alto y otro de bajo rendimiento cognitivo para comparar sus resultados biomecánicos en las pruebas de cambio de dirección y salto tras aterrizaje con imprevistos (Herman & Barth, 2016; Shibata et al., 2018). En 1 estudio se buscó la relación entre función cognitiva y la biomecánica lesional comparando entre tareas de cambio de dirección con balón (tarea dual) y sin balón (Monfort et al., 2019). En otro estudio se comparó la función cognitiva basal de los deportistas con su rendimiento en una prueba de aterrizaje más salto con distintas condiciones cognitivas desafiantes.

Los resultados mostraron en 3 de los estudios asociaciones significativas entre la función cognitiva disminuida y la mayor biomecánica lesiva de ligamento anterior cruzado (Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018). Sin embargo, en 1 de los estudios no se encontró ninguna asociación entre las variables (Fischer et al., 2021) (tabla 4).

5. DISCUSIÓN

Por ello, el objetivo de este trabajo consistió en revisar la literatura para conocer las relaciones que existen entre la función cognitiva y la biomecánica lesional de LCA en deportes colectivos.

Las características de la muestra estudiada son bastante homogéneas, si observamos la edad de los participantes nos damos cuenta de que los estudios recogían participantes de entre 18 y 30 años y el promedio de edad en todos ellos estaba en torno a 20.

Esta información es relevante conocerla ya que la mayoría de las lesiones del LCA se dan en adolescentes o adultos jóvenes (Bittencourt et al., 2016) y por lo tanto la muestra es representativa del foco del problema.

En relación al sexo, encontramos que 3 de los estudios analizan mujeres (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016; Shibata et al., 2018) y 2 de ellos hombres (Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019), por lo que la muestra es más representativa de la población femenina y puede ser interesante tener en cuenta esta proporción ya que las mujeres tienen un mayor riesgo de lesiones tanto por factores de riesgo biomecánicos como el nivel neurocognitivo (Brown et al., 2009; Piskin et al., 2022).

En cuanto al nivel competitivo observamos que en 3 de los estudios se analizan participantes de alto nivel competitivo (Fischer et al., 2021; Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018), mientras que en solo 2 de ellos se analizan deportistas de nivel recreativo (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016). En este sentido, la muestra es más representativa del nivel competitivo alto. En este caso la literatura nos muestra que no hay variaciones con el riesgo de lesión del LCA y el nivel competitivo (Harmon & Dick, 1998).

En cuanto las mediciones cognitivas observamos que las variables evaluadas en los artículos fueron tiempo de reacción simple y complejo, atención selectiva, velocidad de procesamiento, memoria de trabajo y tarea dual. En investigaciones previas, ya conocíamos que estas variables cognitivas podrían estar relacionadas con una alteración del control neuromuscular y aumentar el riesgo de lesión de LCA (Swanik et al., 2007), no obstante, no se había evaluado su aplicación dentro de tests ecológicos que representarán las demandas del deporte colectivo (Piskin et al., 2022).

La literatura muestra como en la mayoría de las ocasiones las lesiones del LCA suceden en movimientos en los que el deportista debe atender a una gran cantidad de estímulos y se le demandan acciones en breves periodos de tiempo (Griffin et al., 2000; Hootman et al., 2007). En concreto la mayoría de las lesiones suceden en un tiempo inferior a los 50 ms después del contacto inicial del talón con el suelo (Grooms & Onate, 2016). Los movimientos en los que más lesiones ocurren son los aterrizajes y el cambio de dirección (Vargas et al., 2023). Los estudios de esta revisión en este caso analizaron esos principales gestos deportivos, cambio de dirección (Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018) y salto tras aterrizaje (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016).

La mayoría de las lesiones del LCA suelen producirse sin contacto y eso es debido a las demandas cognitivas desafiantes que plantea el deporte de equipo, el deportista debe mantener el control motor integrando todos los estímulos cambiantes que llegan al sistema nervioso central a través de la visión, la propiocepción y el sistema vestibular (Swanik et al., 2007). En los artículos de la revisión analizaron biomecánicamente los gestos deportivos más lesivos, pero a su vez para que el test fuera ecológico añadieron demandas cognitivas. La literatura ha revelado que condiciones cognitivas desafiantes como las tareas duales, la respuesta a estímulos externos, la toma de decisiones, los imprevistos anticipatorios alteran el control neuromuscular (Grooms & Onate, 2016). Los estudios de la revisión utilizaron en 3 de los casos la aplicación de un estímulo no anticipado/imprevisto al que responder (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016; Shibata et al., 2018), en 2 de los casos fue una tarea dual incluyendo una conducción de balón (Monfort et al., 2019) o una demanda memorística o de identificación y búsqueda de letras (Fischer et al., 2021).

Con relación a los resultados de los estudios vemos que de 4 artículos tan solo 1 de ellos no encontró relaciones significativas entre la función cognitiva y el riesgo de lesión del LCA (Fischer et al., 2021). Se vio que aquellos deportistas con una menor función cognitiva tenían una biomecánica más agresiva para su ligamento, por lo que las relaciones fueron positivas.

Si analizamos individualmente los artículos, vemos en primer lugar que 1 de ellos demostró que el grupo con menor velocidad de procesamiento y mayor tiempo de reacción obtuvo un mayor ángulo de abducción de rodilla, mayor cizalladura anterior tibial y mayores fuerzas de reacción vertical contra el suelo (Herman & Barth, 2016), todas ellas medidas relacionadas con la mayor carga sobre el LCA (Waldén et al., 2015). Otro estudio encontró que el grupo de deportistas con mayor rendimiento cognitivo en cuanto a atención visual, memoria de trabajo o a corto plazo y velocidad de procesamiento tenían antes y después del contacto inicial tras el aterrizaje una activación superior en los músculos extensores de rodilla y una menor ratio de activación de los flexores respecto a los extensores (Shibata et al., 2018), lo que produce un desplazamiento anterior de la tibia y genera tensión en el ligamento (Krosshaug et al., 2007). El tercer estudio encontró que peores puntuaciones en la prueba cognitiva de memoria visuoespacial se asociaron con mayores ángulos de valgo de rodilla durante la tarea dual de cambio de dirección con el balón (Shibata et al., 2018). Por último, hubo un artículo que no encontró asociaciones significativas entre la biomecánica agresiva de LCA tras el aterrizaje y la menor puntuación en la velocidad de procesamiento, memoria primaria, control atencional y habilidad multitarea (Fischer et al., 2021).

6. LIMITACIONES

A pesar de que los resultados parecen indicar que sí que hay asociaciones entre función cognitiva y el riesgo de lesión en tareas ecológicas del deporte colectivo, podemos encontrar algunas limitaciones:

En primer lugar, debido a la escasa literatura fue complicado encontrar suficiente literatura que cumpliera con los criterios de inclusión como para obtener unas conclusiones más fiables, ya que en ese sentido solo se encontraron 4 artículos. En segundo lugar, la muestra de los artículos es demasiado reducida y podría no ser muy representativas de la población de deportistas colectivos ya que van desde los 15 a los 40 participantes. Por último, existe cierta heterogeneidad de la muestra en cuanto a sexo, nivel competitivo, tipo de deporte colectivo, movimientos evaluados y variables cognitivas evaluadas, por lo que es más difícil comparar los resultados.

7. CONCLUSIÓN

En conclusión, este trabajo de final de grado observó en su revisión que existía relación entre la función cognitiva disminuida y la biomecánica lesional del LCA en los deportes colectivos.

Además, se vio que los tests biomecánicos ecológicos realizados con movimientos de aterrizaje más salto y de cambio de dirección, añadiendo condiciones cognitivas desafiantes como tareas duales, imprevistos o condiciones memorísticas, podrían ser una opción más sensible a los cambios en la función cognitiva de los deportistas.

También, se vio que la literatura actual sobre la función cognitiva aborda en su mayoría estudios con mujeres, lo que podría deberse a su mayor riesgo de lesión.

Estos resultados deberían ser tenidos en cuenta para futuras investigaciones que aborden la función cognitiva como riesgo de lesión. A pesar de la relación existente encontrada, hace falta más literatura que complemente los resultados de esta revisión para poder obtener conclusiones más sólidas y llegar a un paradigma más práctico entorno a la función cognitiva como factor de riesgo.

8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

En futuras investigaciones podría analizarse la función cognitiva de los participantes, hacer un pretest donde se analice la función biomecánica en movimientos del deporte colectivo con condición cognitiva desafiante. Posteriormente un periodo de intervención donde se aplique un entrenamiento neurocognitivo (Grooms et al., 2015) que incida sobre variables como el tiempo de reacción, la atención selectiva, la velocidad de procesamiento, la memoria de trabajo o la tarea dual, para medir en un postest los cambios producidos en la biomecánica en relación a la lesión del LCA. Finalmente, se analizarían tanto las asociaciones entre la función cognitiva y la biomecánica lesional LCA como los efectos del entrenamiento neurocognitivo sobre la misma.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aaltonen, S., Karjalainen, H., Heinonen, A., Parkkari, J., & Kujala, U. M. (2007). Prevention of Sports Injuries: Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Archives of Internal Medicine*, 167(15), 1585–1592. <https://doi.org/10.1001/ARCHINTE.167.15.1585>
- Avedesian, J. M., Covassin, T., Baez, S., Nash, J., Nagelhout, E., & Dufek, J. S. (2021). Relationship Between Cognitive Performance and Lower Extremity Biomechanics: Implications for Sports-Related Concussion. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(8) 23259671211032246. <https://doi.org/10.1177/23259671211032246>
- Avedesian, J. M., McPherson, A. L., Diekfuss, J. A., Barber Foss, K. D., Hogg, J. A., Zuleger, T. M., Dufek, J. S., & Myer, G. D. (2022). Visual–Spatial Attentional Performance Identifies Lower Extremity Injury Risk in Adolescent Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 32(6), 574–579. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000001027>
- Bittencourt, N. F. N., Meeuwisse, W. H., Mendonça, L. D., Nettel-Aguirre, A., Ocarino, J. M., & Fonseca, S. T. (2016). Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition-narrative review and new concept. *British Journal of Sports Medicine*, 50(21), 1309–1314. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2015-095850>
- Boden, B. P., Dean, C. S., Feagin, J. A., & Garrett, W. E. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573–578. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-20000601-15>
- Bonnette, S., Diekfuss, J. A., Grooms, D. R., Kiefer, A. W., Riley, M. A., Riehm, C., Moore, C., Barber Foss, K. D., DiCesare, C. A., Baumeister, J., & Myer, G. D. (2020). Electrocortical dynamics differentiate athletes exhibiting low- and high- ACL injury risk biomechanics. *Psychophysiology*, 57(4), e13530. <https://doi.org/10.1111/psyp.13530>
- Brooks, M. A., Peterson, K., Biese, K., Sanfilippo, J., Heiderscheit, B. C., & Bell, D. R. (2016). Concussion Increases Odds of Sustaining a Lower Extremity Musculoskeletal Injury After Return to Play Among Collegiate Athletes. *The American journal of sports medicine*, 44(3), 742–747. <https://doi.org/10.1177/0363546515622387>

- Brown, T. N., Palmieri-Smith, R. M., & McLean, S. G. (2009). Sex and limb differences in hip and knee kinematics and kinetics during anticipated and unanticipated jump landings: implications for anterior cruciate ligament injury. *British Journal of Sports Medicine*, 43(13), 1049–1056. <https://doi.org/10.1136/BJSM.2008.055954>
- Chaaban, C. R., Turner, J. A., & Padua, D. A. (2023). Think outside the box: Incorporating secondary cognitive tasks into return to sport testing after ACL reconstruction. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 1089882. <https://doi.org/10.3389/FSPOR.2022.1089882/BIBTEX>
- Covassin, T., Covassin, T., & Elbin. (2010). The cognitive effects and decrements following concussion. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 1, 55–61. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S6919>
- Fischer, P. D., Hutchison, K. A., Becker, J. N., & Monfort, S. M. (2021). Evaluating the Spectrum of Cognitive-Motor Relationships During Dual-Task Jump Landing. *Journal of Applied Biomechanics*, 37(4), 388–395. <https://doi.org/10.1123/JAB.2020-0388>
- Giesche, F., Vieluf, S., Wilke, J., Engeroff, T., Niederer, D., & Banzer, W. (2022). Cortical Motor Planning and Biomechanical Stability During Unplanned Jump Landings in Men With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Athletic Training (Allen Press)*, 57(6), 547–556. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0544.20>
- Goetschius, J., Smith, H. C., Vacek, P. M., Holterman, L. A., Shultz, S. J., Tourville, T. W., Slauterbeck, J., Johnson, R. J., & Beynon, B. D. (2012). Application of a clinic-based algorithm as a tool to identify female athletes at risk for anterior cruciate ligament injury: a prospective cohort study with a nested, matched case-control analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(9), 1978–1984. <https://doi.org/10.1177/0363546512456972>
- Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., Garrick, J. G., Hewett, T. E., Huston, L., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Kibler, W. B., Lephart, S., Lewis, J. L., Lindenfeld, T. N., Mandelbaum, B. R., Marchak, P., Teitz, C. C., & Wojtys, E. M. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(3), 141–150. <https://doi.org/10.5435/00124635-200005000-00001>
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynon, B. D., DeMaio, M., Dick, R. W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Hannafin, J. A., Hewett, T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W., ... Yu, B. (2006). Understanding and Preventing Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries, 34(9), 1512–1532. <https://doi.org/10.1177/0363546506286866>
- Grooms, D., Appelbaum, G., & Onate, J. (2015). Neuroplasticity following anterior cruciate ligament injury: A framework for visual-motor training approaches in rehabilitation. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 45(5), 381–393. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5549>
- Grooms, D. R., & Onate, J. A. (2016). Neuroscience Application to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Sports Health*, 8(2), 149–152. <https://doi.org/10.1177/1941738115619164>

- Harmon, K. G., & Dick, R. (1998). The relationship of skill level to anterior cruciate ligament injury. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 8(4), 260–265. <https://doi.org/10.1097/00042752-199810000-00002>
- Harvey, P. D. (2022). Domains of cognition and their assessment. *Dialogues in clinical neuroscience*, 21(3), 227–237. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2019.21.3/pharvey>
- Herman, D. C., & Barth, J. T. (2016). Drop-Jump Landing Varies with Baseline Neurocognition: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk and Prevention. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(9), 2347–2353. <https://doi.org/10.1177/0363546516657338>
- Herman, D. C., Jones, D., Harrison, A., Moser, M., Tillman, S., Farmer, K., Pass, A., Clugston, J. R., Hernandez, J., & Chmielewski, T. L. (2017). Concussion May Increase the Risk of Subsequent Lower Extremity Musculoskeletal Injury in Collegiate Athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(5), 1003–1010. <https://doi.org/10.1007/S40279-016-0607-9>
- Herman, D. C., Zaremski, J. L., Vincent, H. K., & Vincent, K. R. (2015). Effect of neurocognition and concussion on musculoskeletal injury risk. *Current Sports Medicine Reports*, 14(3), 194–199. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000157>
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007). Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports: Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311-319.
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., Hewett, T. E., & Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 359–367. <https://doi.org/10.1177/0363546506293899>
- Lempke, L. B., Johnson, R. S., Schmidt, J. D., & Lynall, R. C. (2020). Clinical versus Functional Reaction Time: Implications for Postconcussion Management. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(8), 1650–1657. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002300>
- McPheeters, M. L., Kripalani, S., Peterson, N. B., Idowu, R. T., Jerome, R. N., Potter, S. A., & Andrews, J. C. (2012). Closing the quality gap: revisiting the state of the science (vol. 3: quality improvement interventions to address health disparities, Appendix G, Thresholds for Quality Assessment). Evidence report/technology assessment, (208.3), 1–475. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK107322/>
- Monfort, S. M., Pradarelli, J. J., Grooms, D. R., Hutchison, K. A., Onate, J. A., & Chaudhari, A. M. W. (2019). Visual-Spatial Memory Deficits Are Related to Increased Knee Valgus Angle During a Sport-Specific Sidestep Cut. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(6), 1488–1495. <https://doi.org/10.1177/0363546519834544>
- Piskin, D., Benjaminse, A., Dimitrakis, P., & Gokeler, A. (2022). Neurocognitive and Neurophysiological Functions Related to ACL Injury: A Framework for Neurocognitive Approaches in Rehabilitation and Return-to-Sports Tests. *Sports Health*, 14(4), 549–555. <https://doi.org/10.1177/19417381211029265>

- Porter, K. H., Quintana, C., Morelli, N., Heebner, N., Winters, J., Han, D. Y., & Hoch, M. (2022). Neurocognitive function influences dynamic postural stability strategies in healthy collegiate athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(1), 64–69. <https://doi.org/10.1016/J.JSAMS.2021.07.012>
- Shibata, S., Takemura, M., & Miyakawa, S. (2018). The influence of differences in neurocognitive function on lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity during an unanticipated cutting motion. *Physical Therapy Research*, 21(2), 44. <https://doi.org/10.1298/PTR.E9938>
- Smith, H. C., Johnson, R. J., Shultz, S. J., Tourville, T., Holterman, L. A., Slauterbeck, J., Vacek, P. M., & Beynon, B. D. (2012). A prospective evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(3), 521–526. <https://doi.org/10.1177/0363546511429776>
- Swanik, C. B., Covassin, T., Stearne, D. J., & Schatz, P. (2007). The relationship between neurocognitive function and noncontact anterior cruciate ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(6), 943–948. <https://doi.org/10.1177/0363546507299532>
- Vargas, M., Chaney, G. K., Jaramillo, M. C. M., Cummings, P., McPherson, A., & Bates, N. A. (2023). Video Analysis of 26 Cases of Second ACL Injury Events in Collegiate and Professional Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 18(1), 122. <https://doi.org/10.26603/001C.67775>
- Waldén, M., Krosshaug, T., Bjørneboe, J., Andersen, T. E., Faul, O., & Hägg, 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/-/DC1>
- Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Schneider, D. K., Stanfield, D., Webster, K. E., & Myer, G. D. (2016). Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. <https://doi.org/10.1177/0363546515621554>, 44(7), 1861–1876. <https://doi.org/10.1177/0363546515621554>
- Wilkerson, G. B. (2012). Neurocognitive Reaction Time Predicts Lower Extremity Sprains and Strains. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 17(6), 4–9. <https://doi.org/10.1123/IJATT.17.6.4>
- Yepes-Nuñez, J. J., Urrútia, G., Romero-García, M., & Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/J.RECESP.2021.06.016>

10. ANÉXOS

Tabla 3. Características generales de los artículos seleccionados

Autores	Año	Diseño	Muestra	Edad media	Sexo ♂ y/o ♀	Deporte	Nivel competitivo
Herman & Barth.	2016	Transversal analítico / explicativo	N = 37	21 ± 1,5 años	Hombres y mujeres (no especifica %)	Deportes de equipo con salto y cambio de dirección (baloncesto, futbol, voleibol y lacrosse)	Recreativo universitario. Deportistas que han practicado el deporte desde la escuela y siguen practicando al menos 3 veces/semana.
Shibata et al.,	2018	Transversal analítico / explicativo	N = 15	20,1 ± 1,3 años	100% mujeres	Deportes de equipo con salto y cambio de dirección (baloncesto, futbol)	Alto universitario. Máxima competición nacional, practica de 2-3 h durante 5-6 días/semana.
Monfort et al.,	2019	Transversal analítico / explicativo	N = 15	20,7 ± 2,0 años	100% hombres	Jugadores de futbol	Alto universitario. Puntuación ≥7 en escala de actividad Tegner y ≥ 12 en escala de actividad de Marx.
Fischer et al.,	2021	Transversal analítico / explicativo	N = 40	20.2 ± 2.57 años	100% mujeres	Jugadoras de Futbol y baloncesto	Recreativo o alto universitario. Practicaban 3 veces/semana.

Tabla 4. Método de medición y principales resultados de los estudios

	(Herman & Barth, 2016)	(Shibata et al., 2018)	(Monfort et al., 2019)	(Fischer et al., 2021)
Test y dominios cognitivos	<p>CRI:</p> <p>Tiempo de reacción; Decodificación de animales, Reconocimiento visual; Exploración de símbolos.</p>	<p>SDMT:</p> <p>Velocidad psicomotora; Memoria visual a corto plazo; Atención; Concentración.</p>	<p>ImPACT:</p> <p>Velocidad de procesamiento; Memoria visual; Memoria Verbal; Tiempo de reacción.</p>	<p>Pruebas de comparación de letras y patrones (Velocidad de procesamiento); Pruebas de amplitud de letras y dígitos (memoria primaria); Pruebas de antisacadas y Stroop (Control atencional); prueba de la Torre de Control (Habilidad multitarea).</p>
Movimiento realizado	<p>Drop Jump: salto desde un cajón de 30 cm a una plataforma de fuerzas, aterrizaje y salto al siguiente objetivo.</p>	<p>Salto unilateral desde cajón a plataforma de fuerzas y al caer + Cambio de dirección a 45º (único analizado) o Step hacia delante o aterrizaje unilateral únicamente.</p>	<p>Cambio de dirección a 45º</p>	<p>Drop jump: el participante salta desde una caja a 30 cm a una plataforma de fuerza y posteriormente realiza un salto en la dirección del siguiente objetivo.</p>

	(Herman & Barth, 2016)	(Shibata et al., 2018)	(Monfort et al., 2019)	(Fischer et al., 2021)
Condición cognitiva desafiante	<p>ESTIMULO NO ANTICIPADO:</p> <p>Aparece 1 de 3 flechas en un monitor 25 ms antes de aterrizar en la plataforma e indica la dirección del segundo salto.</p>	<p>ESTIMULO NO ANTICIPADO:</p> <p>Aparece justo antes del aterrizaje una señal que indica al jugador si hacer cambio de dirección, aterrizaje unilateral o step hacia delante.</p>	<p>TAREA DUAL:</p> <p>Conducción de balón</p>	<p>ESTIMULO NO ANTICIPADO/ IMPREVISTO: antes del aterrizaje una flecha les indicaba la siguiente dirección de salto.</p> <p>CONDICIÓN DE RECUERDO ANTICIPADO: tras el salto debían recordar la posición de la letra sugerida.</p> <p>IDENTIFICACIÓN/RECUERDO ANTICIPADO: igual que el anterior pero la letra sugerida debía ser identificada en el aire.</p> <p>IDENTIFICACIÓN/RECUERDO NO ANTICIPADO/IMPREVISTA: igual que el anterior, pero, además aparece la flecha con la siguiente dirección de salto.</p>
Instrumentos de medida	<p>Marcadores retro reflectantes y plataforma de fuerzas para medir las fuerzas de reacción contra el suelo y analizar la cinemática y la cinética.</p>	<p>Marcadores retro reflectantes y plataforma de fuerzas (cinética y cinemática) y electromiografía (MVC)</p>	<p>Marcadores retro reflectantes y plataforma de fuerzas para medir las fuerzas de reacción contra el suelo y analizar la cinemática y la cinética.</p>	<p>Marcadores retro reflectantes y plataformas de fuerzas para medir la cinética y cinemática.</p>

	(Herman & Barth, 2016)	(Shibata et al., 2018)	(Monfort et al., 2019)	(Fischer et al., 2021)
Medidas cognitivas	Tiempo de reacción simple; Tiempo de reacción complejo; Velocidad de procesamiento.	Se utilizó la mediana del número de respuestas correctas en la prueba y la tasa de éxito (%) para dividir en 2 grupos alta función cognitiva (HP) y baja (LP) de 7 y 8 personas.	Memoria visual, memoria verbal, Tiempo de reacción y Velocidad de procesamiento.	Velocidad de procesamiento; Memoria primaria; Control de la atención; Multitarea. Se normalizo con puntuaciones z para poder comparar el rendimiento cognitivo general entre participantes,
Medidas biomecánicas	Pico de fuerza de reacción vertical contra el suelo (GRF) y pico de fuerza de cizalladura en la zona anterior proximal de la tibia (PCIZ); momento de aducción-abducción de rodilla; ángulos de aducción-abducción y flexión de rodilla; ángulos de aducción-abducción y flexión de cadera; flexión e inclinación lateral de tronco.	Ángulo de valgo de rodilla; Ángulos de rotación interna de cadera; Ángulo de aducción de cadera; Ángulo de flexión de cadera; Momento de flexión de cadera; Momento de aducción de cadera; Momento de flexión de rodilla; Fuerzas de reacción vertical contra el suelo; Pico de fuerza en fase de aceptación del peso (30%); Ratio de actividad de la activación de los extensores de rodillas respecto a los flexores.	Pico de fuerza en los primeros 50 ms tras el contacto; Máximo ángulo de valgo de la rodilla (pKVA); Máximo momento de valgo (pKVM); Puntuaciones de cambio en doble tarea ($\Delta pKVA$, $\Delta pKVM$)	Ángulo máximo de flexión de rodilla, Ángulo máximo de abducción de rodilla y Momento máximo de abducción de rodilla durante los 50 ms siguientes al contacto inicial.

	(Herman & Barth, 2016)	(Shibata et al., 2018)	(Monfort et al., 2019)	(Fischer et al., 2021)
Resultados	<p>El grupo de LP que mostro una puntuación más baja en todas las subpruebas del CRI también tuvo una biomecánica más lesiva en comparación con HP. El LP tuvo un 31% más de fuerzas de reacción vertical y un 26% más de fuerza de cizalladura. Valores cinemáticos más altos en LP en el ángulo de abd-add rodilla 4, 8º y más bajos 6,8º en flexión de tronco.</p>	<p>La tasa de éxito en el grupo HP fue significativamente mayor a la de LP. No diferencias significativas en los momento y ángulos articulares máximos. No diferencias significativas en la actividad de flexores de rodilla. La actividad de los extensores de rodilla si fue significativamente mayor en LP antes del contacto inicial y después del contacto inicial. EL CCR fue mayor en HP antes del contacto y significativamente mayor tras este.</p>	<p>Se asoció una peor memoria visual a un aumento del pKVA; Se asoció la doble tarea con balón a menor pKVA.</p>	<p>(H2) No se encontraron correlaciones significativas entre la mecánica de aterrizaje y la función cognitiva para ninguna de las variables cognitivas: Se intuyo tendencia no significativa entre mayor pKAbA y mayor memoria primaria. (H1) SI que se encontraron varios efectos significativos de varias demandas cognitivas en la mecánica de aterrizaje: En condiciones de identificación anticipadas, condición no anticipada y condición de identificación no anticipada se encontró menor pKFA en comparación con los valores basales; Durante condiciones de identificación no anticipada se dio un menor pKFA en comparación con la condición no anticipada.</p>

NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE
(adapted for cross-sectional studies)

Selection: (Maximum 3 stars)

1) Representativeness of the sample:

- a) Truly representative of the average in the target population. * (all subjects or random sampling)
- b) Somewhat representative of the average in the target population. * (non-random sampling)
- c) Selected group of users.
- d) No description of the sampling strategy.

2) Non-respondents:

- a) Comparability between respondents and non-respondents characteristics is established, and the response rate is satisfactory. *
- b) The response rate is unsatisfactory, or the comparability between respondents and non-respondents is unsatisfactory.
- c) No description of the response rate or the characteristics of the responders and the non-responders.

3) Ascertainment of the exposure (risk factor):

- a) Validated measurement tool. *
- b) Non-validated measurement tool, but the tool is available or described.
- c) No description of the measurement tool.

Comparability: (Maximum 2 stars)

1) The subjects in different outcome groups are comparable, based on the study design or analysis. Confounding factors are controlled.

- a) The study controls for the most important factor (select one). *
- b) The study control for any additional factor. *

Outcome: (Maximum 2 stars)

1) Assessment of the outcome:

- a) Independent blind assessment. *
- b) Record linkage. *
- c) Self report.
- d) No description.

2) Statistical test:

- a) The statistical test used to analyze the data is clearly described and appropriate, and the measurement of the association is presented, including confidence intervals and the probability level (p value). *
- b) The statistical test is not appropriate, not described or incomplete.

Figura 2. Escala Newcastle-Ottawa

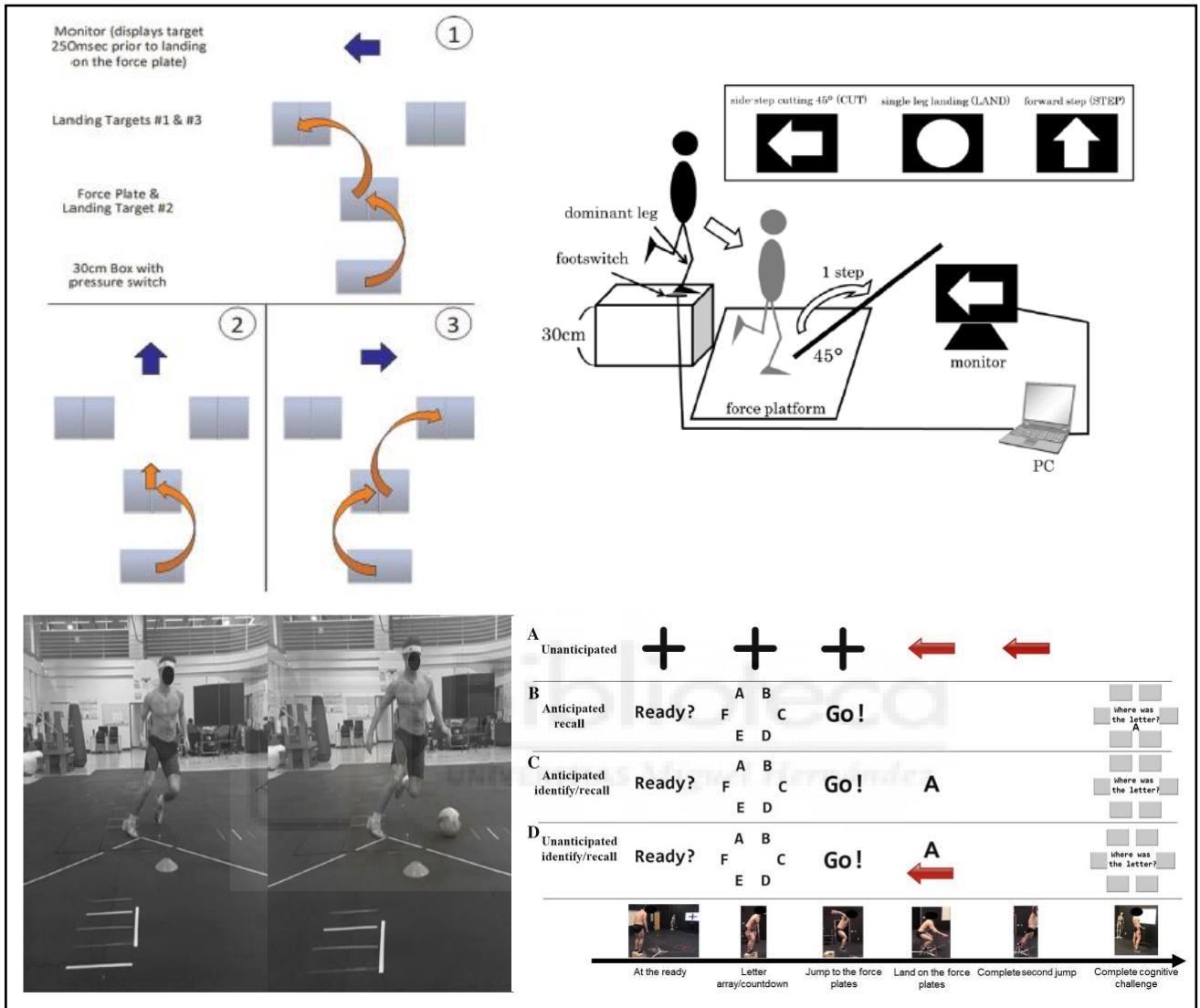


Figura 3. Movimientos analizados en los artículos (Fischer et al., 2021; Herman & Barth, 2016; Monfort et al., 2019; Shibata et al., 2018)