

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



**Factores neurocognitivos y su relación con la prevención y
rehabilitación del ligamento cruzado anterior en deportistas:
una revisión bibliográfica**

AUTOR: Javier Fernández Fernández

TUTOR: Carlos Llorca Cerdá

Departamento: PATOLOGÍA Y

CIRUGÍA ÁREA: FISIOTERAPIA

CURSO ACÁDEMICO: 2022-2023

CONVOCATORIA DE JUNIO

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. OBJETIVOS.....	6
- General.....	6
- Específicos	6
-PREGUNTA PICO	6
5. MATERIAL Y MÉTODOS	7
5.1. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS	8
7. RESULTADOS.....	9
8. DISCUSIÓN	11
8.1. LIMITACIONES	15
9. CONCLUSIÓN	16
10. BIBLIOGRAFÍA.....	17
11. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS.....	21

1. RESUMEN

Introducción: el ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura intraarticular que evita la translación anterior de la tibia sobre el fémur y preserva el movimiento biomecánico normal de la rodilla. El mecanismo lesional más común del LCA es el indirecto, ocurriendo durante movimientos de deceleración, cortes o aterrizajes desde un salto. Un rendimiento cognitivo deficiente y alteraciones sensoriomotoras se asocian con un mayor riesgo de lesiones de LCA. El tratamiento y la rehabilitación son procesos prolongados y la atención a los factores neurocognitivos y sensoriomotores es crucial.

Objetivos: investigar la influencia de los factores neurocognitivos en la rehabilitación y el rendimiento funcional en deportistas sobre el LCA, identificando las estrategias de intervención para mejorar la recuperación y el medio para evaluar las áreas que se activan a la hora de combinar una tarea con un abordaje neurocognitivo.

Material y métodos: búsqueda a través de diferentes bases de datos: Pubmed, Science direct, scopus, PEDro, incluyendo un total de 8 artículos a partir de 2013.

Resultados: 8 artículos en total. Cuatro, evaluaban el análisis de la resonancia magnética mientras se realizaban tareas. Los restantes, evaluaron el control neuromuscular, rendimiento funcional y factores como la kineosofobia.

Conclusiones: evidencia de la influencia de los factores neurocognitivos en la activación muscular, las áreas motoras implicadas y el rendimiento funcional al realizar las tareas, teniendo en cuenta la kinesofobia. Se comprueba que la FMRI es efectiva en la sobreexcitación de las áreas cerebrales, evidenciando los cambios sensoriomotores.

Palabras clave: “LCA”, “Rehabilitación”, “Volver al deporte”, “Plasticidad Cerebral”, “Cognitivo”.

2. ABSTRACT

Introduction: the anterior cruciate ligament (ACL) is an intra-articular structure that prevents anterior translation of the tibia over the femur and preserves normal biomechanical motion of the knee. Indirect ACL injury is the most common one, occurring during deceleration movements, cuts or landings from a jump. Poor cognitive performance and sensorimotor impairment are associated with an increased risk of ACL injury. Treatment and rehabilitation are lengthy processes and attention to neurocognitive and sensorimotor factors is crucial.

Objectives: to investigate the influence of neurocognitive factors on rehabilitation and functional performance in athletes on the ACL, identifying intervention strategies to improve recovery and the means to evaluate with a neurocognitive approach the areas that are activated when performing a multiple task.

Material and methods: search through different databases: Pubmed, Science direct, scopus, PEDro, including a total of 8 articles from 2013.

Results: 8 articles in total. Four of them evaluated MRI analysis while performing tasks. The remaining evaluated neuromuscular control, functional performance and factors such as kinesiophobia.

Conclusions: evidence of the influence of neurocognitive factors on muscle activation, motor areas involved and functional performance when executing the tasks, considering kinesiophobia. It is proved that fMRI is effective in the overexcitation of brain areas, evidencing sensorimotor changes.

Key words: "ACL", "Rehabilitation", "Return to sport", "Brain plasticity", "Cognitive".

3. INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) se origina en la meseta tibial anterior y entre las eminencias intercondilares. (1). Es un elemento intraarticular, aunque dispone de su propia membrana sinovial. El LCA cumple una doble función: una de ellas es evitar la translación anterior de la tibia sobre el fémur y la otra es la preserva del movimiento biomecánico normal para evitar el daño meniscal (2). Otra cualidad importante del LCA es el papel que juega en el sistema somatosensorial, cuyo principal objetivo es proporcionar información aferente sobre la posición y los movimientos de una articulación (3,4).

En Estados Unidos se realizan entre 60000 y 175000 cirugías de reconstrucción de LCA cada año, siendo una de las lesiones más graves y frecuentes en deportistas (5,6). El 60% de cirugías en el deporte son lesiones de rodillas y, de estas, el 50% son de LCA. Además, estas cirugías suponen costes muy elevados (7,8).

Las atletas femeninas tenían una tasa global más alta de lesión por exposición que los atletas masculinos y, en deportes comparables, como el fútbol y el baloncesto, las tasas eran mucho más altas (9,10).

Los factores de riesgo de las lesiones de LCA se pueden clasificar en dos grupos: extrínseco e intrínseco. Y, dentro de estos dos tipos, modificables y no modificables. En cuanto a los factores de riesgo extrínsecos, son solamente modificables ya que pueden variar según sea el tipo de deporte, la condición del tiempo, el nivel de exigencia, el tipo de calzado y la superficie de juego (hierba natural, artificial o el suelo de un pabellón liso) (3,11). Los factores intrínsecos no modificables incluyen la predisposición genética, las variaciones anatómicas o el género, mientras que los factores intrínsecos modificables incluyen el estado hormonal en el momento de la participación en el deporte, el índice de masa corporal (IMC), déficits neuromusculares y anomalías biomecánicas (12,13). Por su parte, los principales factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos para una lesión del LCA son el aumento de la abducción de la rodilla, la rotación interna, el movimiento lateral del tronco y el centro de masa posterior (5,14).

El mecanismo lesional más frecuente del LCA es el indirecto, es decir, cuando no se produce un golpe directo sobre la articulación “sin contacto”. Entre el 70% y 90% lo sufren (1). Ocurren con mayor frecuencia durante una deceleración repentina, corte o aterrizaje desde un salto (6).

La posición anatómica más común de este mecanismo indirecto se corresponde con la fijación del pie al suelo mientras se produce un valgo dinámico de rodilla y una semiflexión de rodilla antes de llevarla a extensión completa (15,16).

Existen dos opciones de tratamiento: el conservador o el quirúrgico. En ambos la rehabilitación es de largo periodo. Uno de los factores más importantes en el tratamiento es el nivel de preparación funcional y psicológica para afrontar la rehabilitación. Un mayor nivel de dicha preparación lleva a la obtención de resultados más beneficiosos (7,9).

Los estudios han revelado dos hallazgos importantes en pacientes que han pasado por reconstrucciones previas del LCA (9). El primero es que durante los primeros 2 años después de la cirugía, el riesgo de lesión en el LCA opuesto o la rotura del injerto es similar (13,18). El segundo es que aquellos pacientes que han sufrido una lesión anterior del LCA tienen un riesgo significativamente mayor de sufrir una segunda lesión, con tasas que varían de 4 a 25 veces más que los pacientes sin una lesión previa (5,12). Se ha demostrado que regresar a un alto nivel de actividad después de una reconstrucción del LCA es un factor de riesgo importante para el desgarramiento del injerto (19).

Un tercio de los jóvenes que se someten a la reconstrucción del LCA experimentan un segundo desgarramiento del mismo, y el 27 % experimenta un tercio dentro de los 2 a 9 años posteriores a la revisión de reconstrucción quirúrgica del LCA (ACLR) (12,20). Otro dato importante y de cara al futuro de las personas intervenidas quirúrgicamente del LCA es que más del 50% presentan osteoartritis radiográfica en los 10 posteriores a la cirugía (10,21).

El LCA, contiene mecanorreceptores que proporcionan información vital de la posición articular al sistema nervioso (22). Se van a producir cambios sensoriomotores y alteraciones a nivel neurocognitivo al sufrir la lesión (4). En este caso, todos los factores neurocognitivos como pueden ser la atención dividida, el control motor, el tiempo de reacción, la mecánica de aterrizaje o la toma de decisiones van a desarrollar un papel importante en el proceso de la rehabilitación y recuperación del LCA (8). Los programas de rehabilitación, que incluyen entrenamiento de la visión, de agilidad, toma de decisiones y pliometría y desarrollarlos de manera adecuada, son esenciales para llevar a cabo una rehabilitación y

prevención óptima en el futuro. Un peor rendimiento cognitivo y una alteración a nivel sensoriomotor se asocian notablemente a un alto riesgo de la alteración y restricción biomecánica de sufrir esta lesión (5,23).



4. OBJETIVOS

- General

Investigar a través de la literatura científica, la influencia/impacto de los factores neurocognitivos en la rehabilitación y el rendimiento funcional en pacientes deportistas operados del ligamento cruzado anterior.

- Específicos

1- Analizar la calidad metodológica de los estudios relacionados sobre los factores neurocognitivos que se han identificado como relevantes en la rehabilitación del ligamento cruzado anterior.

2- Identificar estrategias de intervención que se puedan utilizar para mejorar la recuperación y el rendimiento funcional en pacientes con lesiones en el ligamento cruzado anterior antes de volver al deporte, prestando especial atención a los aspectos neurocognitivos.

3- Identificar de forma objetiva, el medio para poder evaluar las diferentes áreas que se activan del cerebro a la hora de combinar una tarea con un abordaje neurocognitivo.

-PREGUNTA PICO

P: Deportistas amateurs intervenidos quirúrgicamente de reconstrucción del LCA por lesión del mismo.

I: Programa de rehabilitación biomecánica junto al abordaje neurocognitivo para la rehabilitación/prevención y el aprendizaje.

C: Programa específico de rehabilitación física va a trabajar para mejorar la rehabilitación/prevención.

O: Se pueden observar los diferentes beneficios y cambios sensoriomotores como son la recuperación y rendimiento funcional en la rehabilitación/ prevención del LCA que nos aporta la rehabilitación física junto al abordaje neurocognitivo.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Esta revisión sistemática, ha sido aprobada por la oficina de investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche, quedando registrada con el código COIR: **TFG.GFI.CLC.JFF.230503**.

La metodología utilizada para realizar esta revisión se ha basado en realizar una búsqueda bibliográfica electrónica durante un periodo comprendido entre el 17 de febrero y 20 abril de 2023, en las siguientes bases de datos: Pubmed, Scopus, Web of Science y Pedro. Para la búsqueda bibliográfica se ha llevado a cabo una estrategia con las siguientes palabras claves: “ACL” “Rehabilitation”, “Return To Sport”, “Cognitive”, “Psychological Acl”, “Brain Plasticity”, “Neurocognitive Acl”, “Sensorimotor Changes”. Estas palabras clave para realizar la ecuación de búsqueda, han sido formuladas mediante el operador booleano “AND” y también con el operador booleano “OR” en las bases de datos utilizadas para la búsqueda bibliográfica. Excepto en la base de datos PEDro, ya que al no obtener resultados se realizó la búsqueda directamente utilizando “knee acl neurocognitive”. Además, se han utilizado criterios de inclusión que más adelante detallaré para ser más precisa, en cuanto a la búsqueda y reducir el número de resultados. En cuanto a los datos cuantitativos de la estrategia de búsqueda se muestran en el diagrama de flujo en la *Tabla 1*.

Los criterios de inclusión utilizados son: textos completos, ensayos clínicos, ensayos controlados aleatorizados, y estudios de casos, en los que se llevaba a cabo un abordaje biomecánico y un abordaje neurocognitivo para la rehabilitación del LCA y valorar los factores neurocognitivos que influyen en dicha rehabilitación, mediante pruebas, tests... Los artículos debían estar publicados por profesionales de la salud, en un rango de tiempo desde el 10 de febrero 2013 hasta el 20 abril de 2023, además de estar publicados en español o inglés.

Para este trabajo se excluyeron los metaanálisis, guías de prácticas clínicas, revisiones sistemáticas, artículos anteriores a 2013, además de todos los artículos que no tuvieran unas conclusiones claras. También se excluyeron todos los artículos que estudiaran otras patologías y que no hablara únicamente de LCA en deportistas.

5.1. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

En primer lugar, para la selección de los artículos que conforman la revisión se realizó una búsqueda en cuatro bases de datos mediante la combinación de las palabras clave previamente mencionadas. Se descartaron artículos por duplicado al encontrarse en ambas bases de datos. Tras la lectura de los títulos y resúmenes, se eliminaron aquellos que no estaban relacionados con el tema de la revisión. A continuación, se procedió a la lectura completa de los documentos restantes para eliminar los que no se adaptaban a los criterios de inclusión y exclusión. Tras su lectura detallada, se considera que este documento aporta información suficientemente valiosa para formar parte de la revisión.

Por último, se analizan los ocho estudios finales para obtener conclusiones y responder a los objetivos planteados. Una vez realizada la selección de los artículos, se procedió a la evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los mismos mediante las escalas Physiotherapy evidence Database (PEDro) en la *Tabla 3*, Newcastle Ottawa Quality Assesment Scale NOS en la *Tabla 4* y la declaración de STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) en la *Tabla 5*.

7. RESULTADOS

Los artículos seleccionados y analizados para esta revisión bibliográfica han sido 8, tras el proceso de selección. Estos artículos han sido obtenidos principalmente de Pubmed y Scopus. En la *Tabla 2* se puede encontrar toda la información más importante extraída y a su vez resumida de dichos artículos científicos.

En cuanto al diseño de esta revisión, se han incluido cinco estudios observacionales: uno de ellos meramente observacional (18), otros tres de tipo transversal (16,19,24) y otro de cohortes prospectivo (5). Se ha seleccionado a su vez un diseño de casos y controles (21). Respecto al diseño de ensayos clínicos se han seleccionado dos artículos (4,25), siendo ambos ensayos aleatorizados. Uno se correspondía con un ensayo en comparar los efectos de movimiento versátiles con las variaciones de movimiento con énfasis de la interrupción visual en el cual influían factores como la kinesofobia, mientras que el otro ensayo se centraba en comparar la activación cerebral durante la flexión y extensión de la rodilla mediante el análisis de resonancia magnética. Decidimos seleccionarlos y aceptarlos previamente, debido a que los resultados fueron concluyentes y estaban estrechamente relacionados con la temática de nuestra revisión.

Respecto a las puntuaciones referentes a la calidad metodológica de los estudios, dos escalas y una declaración establecieron una puntuación determinada para estos. Para los ensayos clínicos (4,25) ambos artículos han presentado una puntuación de 6 y 8 respectivamente teniendo una media de 7, evaluados mediante la escala PEDro en la *Tabla 3*. Para los estudios de caso y control y de cohortes prospectivo han obtenido una puntuación de 7 en ambos, mediante la escala NOS en la *Tabla 4*. Por último, para los estudios observacionales restantes han sido examinados a través de la Declaración STROBE observándola en la *Tabla 5*.

Sobre la población, el número de sujetos analizados en los estudios observacionales, con un total de 273 y dos grupos en todos los artículos mencionados, excepto el de (18). En el artículo de caso control se examinaron 24 mujeres y también se dividieron en dos grupos (21). En cuanto a los dos ensayos clínicos, 45 y 30 sujetos que se dividieron en 3 y 2 grupos respectivamente (4,25).

Todos los sujetos incluidos en los artículos revisados, estaban comprendidos entre hombres y mujeres (15,16,18,19,24,26) excepto en el artículo (21), que solo incluye a mujeres y el artículo (25), que incluye solo a hombres. Estos sujetos tienen como mínimo 16 años y como máximo 65. Por lo tanto, en ningún estudio participaron niños o ancianos.

En cuanto a la duración de los estudios, el que tuvo mas duración fue de 1 año justo después de ser intervenidos quirúrgicamente (25), mientras tanto los demás artículos tuvieron una duración menor comprendido entre las primeras semanas y meses de realizar el protocolo de tratamiento.

Por otro lado, los tipos de intervenciones fueron muy variados excepto en los artículos (4,21,24,26) que evaluaban el análisis de la resonancia magnética mientras que practicaban o visualizaban ejercicios que activaran las diferentes áreas del cerebro. Los demás artículos evaluaron a través de protocolos de tratamiento mediante ejercicios biomecánicos que incluían el control neuromuscular, el rendimiento funcional y los factores neurocognitivos que influyen en la rehabilitación como puede ser la kinesofobia, personalidad del paciente, entre otros.

Finalmente, se utilizaron varias escalas, pruebas y programas para determinar los análisis de los resultados de las intervenciones. Escalas de Kinesofobia de Tampa-11(TSK-11) (21), el PHOSA-ACLR12. (21), IKDC (4), la escala de Tegner (24) y la MRI que fue la utilizada en la mayoría de los estudios(4,19,21,26). Respecto a las evaluaciones de los estudios, fueron muy variadas ya que algunos estudios realizaron una evaluación preliminar de selección de los participantes, otros realizaron únicamente una sola evaluación después de la intervención y también se realizaron evaluaciones antes y después.

8. DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica ha sido estudiar a través de la literatura científica la influencia de los factores neurocognitivos en la rehabilitación y el rendimiento funcional de pacientes deportistas operados del ligamento cruzado anterior.

Así bien, se ha analizado la calidad metodológica de los estudios relacionados que abordan los factores neurocognitivos relevantes en la rehabilitación de esta lesión. Para ello se han identificado las estrategias de intervención que puedan mejorar la recuperación y el rendimiento funcional de los pacientes antes de regresar al deporte, poniendo especial atención en los aspectos neurocognitivos e identificando la manera objetiva de evaluar la actividad de las distintas áreas cerebrales.

De este modo, se analizaron ocho artículos, de los cuales se pudieron observar las diferentes intervenciones aplicadas a los protocolos de rehabilitación haciendo hincapié en el control neuromuscular combinado a tareas visual-motoras (16,18,25) la actividad y conectividad cerebral mediante MRI como instrumento objetivo (15,21) llegando así a una comparación de las cinco grandes personalidades aplicadas a un protocolo de rehabilitación.

Atendiendo a los objetivos secundarios de esta revisión bibliográfica, encontramos inquietudes marcadas por la identificación de estrategias de intervención que se puedan utilizar para mejorar la recuperación y el rendimiento funcional en pacientes con lesiones en el ligamento cruzado anterior antes de volver al deporte, prestando especial atención a los aspectos neurocognitivos.

Así bien, los factores que pueden influir de forma positiva en el rendimiento funcional quedaron evidenciados en los aquellos estudios que se ajustaron al protocolo de rehabilitación y rendimiento funcional. Mediante la combinación de ejercicios biomecánicos con tareas duales visual-motoras, aprendizaje diferencial, tareas de salto combinadas con y sin restricciones, teniendo en cuenta la kinesofobia, a la hora de realizar tareas combinadas, la mayor activación muscular de la pierna lesionada en comparación a la sana y los cambios a nivel sensoriomotor junto al equilibrio son datos que afirman la relación entre el protocolo de rehabilitación y rendimiento funcional.

Gholami et al (25) realizó un protocolo de rehabilitación con la finalidad de observar evidencia al comparar los efectos de las variaciones de movimiento versátiles (DL) con las variaciones de movimientos con énfasis en la interrupción de la información visual (VMT) aplicándose en atletas que se habían sometido a una reconstrucción del LCA.

Para ello, se combinó con una serie de ejercicios como la prueba de triple salto, equilibrio dinámico, la biomecánica de aterrizaje de una sola pierna y teniendo en cuenta cómo influye la kinesofobia al respecto, distribuyendo a la población en tres grupos: aprendizaje diferencial (DL), entrenamiento visuo-motor (VMT) y el grupo de sujetos sanos.

De esta forma, coincidiendo con Coronado RA et al (27) a diferencia de que este último sí introduce la kinesofobia como factor a tener en cuenta, ambos demostraron que los grupos de intervención DL y VMT, mostraron resultados comparables a diferencia del grupo restante, proporcionando evidencia de cómo el aprendizaje diferencial contribuye a un aumento positivo en el rendimiento obtenido por atletas al promover el desarrollo divergente de la coordinación del movimiento y la percepción del entorno.

Siguiendo así la línea de revisión marcada en este documento, la mayor activación muscular y la adaptación de la co-contracción medial se encuentra estudiada por Smeets et al (24). Este autor llevó a cabo un protocolo de rehabilitación que se basó en las activaciones musculares de vasto medio (VM), vasto lateral (VL) y gastrocnemio lateral (GL) que, junto con el control muscular, se midió el rendimiento durante la realización de una doble tarea cognitiva y de perturbación.

Smeets et al (16) incluía en su protocolo a diferencia de otros autores, tareas de salto y aterrizaje combinándolas con tareas de doble función cognitiva mediante sonidos e imágenes. Esta idea le permitió demostrar una mayor activación de los isquiotibiales y una menor activación de VM en su pierna lesionada en comparación con los sujetos no lesionados.

Respecto a la co-contracción medial, Smeets et al (16) escribe acerca de los resultados obtenidos de estudiar la pierna lesionada en los atletas con ACLR ya que muestran una menor adaptación de la co-contracción medial y los niveles de activación VM,VL,GL en respuesta a las perturbaciones son diferentes a comparación de resultados mencionados anteriormente de autores como Gholami et al (25), pero sí coincidiendo con autores como Markstrom JL et al (17).

Siguiendo la línea de comparación entre protocolos de rehabilitación y los factores que mejoran la recuperación, Gandolfi M et al (18), centró su investigación del protocolo en asociar las características de la morfometría muscular semitendinosa y el rendimiento del equilibrio. Para ello mediante un protocolo de rehabilitación antes, durante y después de la cirugía donde se valoró la evaluación instrumental del equilibrio junto con las capacidades sensoriomotoras y la morfología muscular del semitendinoso (mediante una serie de objetos como puede ser el uso de una plataforma de equilibrio y las capacidades sensoriomotoras, entre otros) se demostró el objetivo de dicho estudio observacional. Esta afirmación se comparó de manera exitosa junto con otros estudios, como el de Giesche F et al (9), comprobándose así que sí existe una recuperación del equilibrio dentro de los primeros seis meses después de la cirugía en caracteres generales. Se atiende, así, a uno de los objetivos secundarios de esta revisión bibliográfica, que se basa en identificar de forma objetiva el medio para poder evaluar las diferentes áreas que se activan del cerebro a la hora de combinar una tarea con un abordaje neurocognitivo.

El efecto de los rasgos de personalidad en la rehabilitación temprana después de la ACLR y a su vez proporcionar una referencia para los médicos en el diseño de un plan de rehabilitación personalizado está a manos de Xu Y et al (7) al ya que mediante las cinco grandes personalidades se elaboró un plan de rehabilitación progresiva durante de 0 a 5 semanas, incluyendo la administración de varios cuestionarios para poder realizar una evaluación completa de las puntuaciones subjetivas de la rodilla, la personalidad de los pacientes, entre otras.

Así bien, se llegó a la conclusión de que si encontramos una correlación significativa entre las cinco grandes dimensiones de la personalidad y el efecto de rehabilitación temprana después de la reconstrucción del LCA. A su vez, encontramos una correlación negativa significativa entre el neuroticismo Xu Y et al (7).

La activación y conectividad cerebral mediante MRI se han revisado en dos puntos de vista diferentes. Por un lado, Grooms DR et al (28) se centraron en analizar mediante los movimientos de flexo-extensión de rodilla con la adición de un metrónomo para saber cuando empezar el movimiento y parar, reafirmando así la teoría de Criss CR et al (15).

Otro punto de vista está enmarcado por Kim H et al (19), quien analizó un paradigma de salto vertical de caída de observación (AO-DVJ), asociando el factor de la kinesofobia.

Finalmente, Baez S et al (21) se centró en caracterizar el sustrato neuronal subyacente del miedo relacionado del ACLR durante una tarea de imaginación de imágenes específicas del deporte. Estos dos últimos autores coinciden en analizar mediante las observaciones de los sujetos mediante los distintos tipos de imágenes.

Por una parte, de los dos primeros artículos mencionados anteriormente, el artículo Grooms et al (27) una vez realizados los movimientos de flexo-extensión mediante el aviso del metrónomo, anteriormente colocados en supino con el escáner de fMRI, se demostró una mayor activación de la corteza motora primaria contralateral, el giro lingual ipsilateral y la corteza somatosensorial secundaria, a su vez se observó una disminución de la activación de la corteza motora ipsilateral y los vermis del área del cerebro, en comparación con el grupo de control emparejado.

En el segundo artículo Criss et al (15) de los movimientos de flexo-extensión, se demostró que la tarea de movimiento en la corteza motora primaria contralateral mostró mayores niveles de activación en relación con la corteza motora primaria ipsilateral. Además, la corteza somatosensorial primaria contralateral mostró mayores niveles de actividad en comparación con la corteza somatosensorial primaria ipsilateral. En cuanto a la corteza premotora contralateral (PMC) mostró mayores niveles de actividad en comparación con la PMC ipsilateral. Por lo tanto, se observó una mayor actividad en el cerebro ipsilateral en comparación con el cerebro contralateral.

Para contrastar, en los dos artículos restantes, el estudio de Baez et al (21) se sometieron a una resonancia magnética (RNM), durante el escaneo se presentaron un dos tipos de imágenes de imaginación (PIT), un tipo de imágenes de deportes específicos y en el otro grupo imágenes de las actividades de la vida diaria (ADL).

Donde se observó un aumento de la activación en el lóbulo parietal inferior y el tálamo medio dorsal durante el PIT en el grupo ACLR. También, se observó una incapacidad para suprimir la red de modo predeterminado en el grupo ACLR. El grupo ACLR mostró una mayor activación en las regiones del cerebelo y del occipital inferior durante las imágenes específicas del deporte en comparación con las imágenes de ADL.

Por último en el artículo Kim et al (19), los participantes fueron colocados en supino para la RNM quince minutos antes de observar los bloques de tarea: doce saltos verticales consecutivos, mostrados en la perspectiva de primera persona. Se demostró, que el grupo ACLR tenía una actividad cerebral más baja en la corteza prefrontal ventrolateral derecha en relación con el grupo de control no lesionado. Además, la actividad cerebral del cerebelo izquierdo Crus I y Crus II, el lóbulo del cerebelo IX, la amígdala, el giroscopio temporal medio y el polo temporal se correlacionaron positivamente con las puntuaciones de TSK-11 en el grupo ACLR.

Para concluir la relación entre los cuatro artículos anteriores, Criss CR et al (15) demuestra que la FMRI usada en los últimos cuatro artículos, es una herramienta objetiva y fiable para poder comprobar que las determinadas áreas del cerebro se activan dependiendo de la tarea de movimiento, ejercicio observacional e intervención que se este llevando a cabo en cada momento concreto.

8.1. LIMITACIONES

En primer lugar, hay pocos estudios que hablen de este tema tan concreto, ya que hay varios estudios que estudian y comentan este tema, pero no tan concretamente y específicamente involucrados en el tema. Hay varios estudios que incluyen el tema, pero también se centran en otras patologías y tipo de pacientes.

En cuanto a las intervenciones estudiadas en los diferentes artículos, se ha podido estudiar que hubo mucha variedad entre ellas.

Además, habría que buscar más actividades a parte de la resonancia, combinando con la electromiografía, como sugerencia para futuras investigaciones con otro tipo de predictor para poder objetivar de otra forma, ya que actualmente como herramienta objetiva se encuentra la RNM, para poder estudiar las determinadas áreas sobreexcitadas en el cerebro.

9. CONCLUSIÓN

Atendiendo a la revisión bibliográfica de los artículos expuestos en este documento, se concluye la evidencia científica que relaciona la activación muscular, la activación de las diferentes áreas motoras implicadas y en el rendimiento funcional en deportistas con las tareas observadas anteriormente: ejercicios de doble tarea, tareas de movimiento, tareas visual-motoras, protocolos de rehabilitación enfocados a la mejora de la rehabilitación, quedando así resuelto el objetivo principal de esta revisión bibliográfica.

A su vez teniendo en cuenta factores como la kinesofobia, un factor muy importante en todos los campos y hábitos de la rehabilitación, junto a los rasgos de personalidad. Además, existe evidencia en los cambios sensoriomotores que se producen después de la intervención quirúrgica de LCA y como pueden ser intervenidos mediante los protocolos mencionados anteriormente con el objetivo de mejorar el rendimiento funcional.

La FMRI se ha podido comprobar mediante los estudios, que es una herramienta objetiva muy efectiva para poder observar la sobreexcitación de las distintas áreas del cerebro a la hora de realizar las distintas tareas e intervenciones que se proponen en los artículos.

Se necesita más investigación en relación con el tema abordado en este trabajo ya que se dispone de pocos artículos disponibles actualmente y a su vez de mayor calidad para poder determinar específicamente, qué áreas cerebrales son las más afectadas. Determinando la insuficiente calidad metodológica.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Fox A. Neuromechanics of the lower limb: Implications for ACL injury prevention. PhD Thesis [Internet]. 2016;1–466.
2. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior cruciate ligament injury: Identification of risk factors and prevention strategies. *Curr Sports Med Rep*. 2014;13(3):186–91.
3. Onate J, Herman D, Grooms D, Sutton Z, Wilkerson G. Return to Sport after ACL Reconstruction and Other Knee Operations. *Return to Sport after ACL Reconstr Other Knee Oper*. 2019;(December).
4. Grooms DR, Onate JA. Neuroscience Application to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Sports Health*. 2016;8(2):149–52.
5. Daley-Yates P, Brealey N, Kumar B, Thomas S, Austin D, Shabbir S, et al. Relations dose-réponse pour l'efficacité topique et l'activité systémique, équivalence de dose et index thérapeutique relatif pour le furoate de fluticasone (FF), le propionate de fluticasone (FP) et le budésonide (BUD) chez les sujets asthmatiques. *Rev Fr Allergol* [Internet]. 2020;60(4):347.
6. Lin CY, Casey E, Herman DC, Katz N, Tenforde AS. Sex Differences in Common Sports Injuries. *PM R* [Internet]. 2018;10(10):1073–82.
7. Kakavas G, Malliaropoulos N, Pruna R, Traster D, Bikos G, Maffulli N. Neuroplasticity and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Indian J Orthop* [Internet]. 2020;54(3):275–80.
8. Boden BP, Sheehan FT. Mechanism of Non-Contact ACL Injury HHS Public Access. *J Orthop Res*. 2022;40(3):531–40.

9. Giesche F, Engeroff T, Wilke J, Niederer D, Vogt L, Banzer W. Neurophysiological correlates of motor planning and movement initiation in ACL-reconstructed individuals: a case-control study. *BMJ Open*. 2018;8(9).
10. Faltus J, Criss CR, Grooms DR. Shifting Focus: A Clinician's Guide to Understanding Neuroplasticity for Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation. *Curr Sports Med Rep*. 2020;19(2):76–83.
11. Relph N, Herrington L, Tyson S. The effects of ACL injury on knee proprioception: A meta-analysis. *Physiother (United Kingdom) [Internet]*. 2014;100(3):187–95.
12. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med [Internet]*. 2017;36(1):1–8.
13. Hassebrock JD, Gulbrandsen MT, Asprey WL, Makovicka JL, Chhabra A. Knee ligament anatomy and biomechanics. *Sports Med Arthrosc*. 2020;28(3):80–6.
14. Lepley AS, Ly MT, Grooms DR, Kinsella-Shaw JM, Lepley LK. Corticospinal tract structure and excitability in patients with anterior cruciate ligament reconstruction: A DTI and TMS study. *NeuroImage Clin [Internet]*. 2020;25:102157.
15. Criss CR, Onate JA, Grooms DR. Neural activity for hip-knee control in those with anterior cruciate ligament reconstruction: A task-based functional connectivity analysis. *Neurosci Lett [Internet]*. 2020;730(May):134985.
16. Smeets A, Verschueren S, Staes F, Vandenuecker H, Claes S, Vanrenterghem J. Athletes with an ACL reconstruction show a different neuromuscular response to environmental challenges compared to uninjured athletes. *Gait Posture [Internet]*. 2021;83(September 2020):44–51.
17. Markström JL, Grinberg A, Häger CK. Fear of Reinjury Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Is Manifested in Muscle Activation Patterns of Single-Leg Side-Hop Landings. *Phys Ther*. 2022 Feb 1;102(2):pzab218.

18. Gandolfi M, Ricci M, Sambugaro E, Valè N, Dimitrova E, Meschieri A, et al. Changes in the sensorimotor system and semitendinosus muscle morphometry after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective cohort study with 1-year follow-up. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2018;26(12):3770–9.
19. Kim HW, Onate JA, Criss CR, Simon JE, Mischkowski D, Grooms DR. The relationship between drop vertical jump action-observation brain activity and kinesiophobia after anterior cruciate ligament reconstruction: A cross-sectional fMRI study. *Brain Behav*. 2023;13(2):1–13.
20. Van Melick N, Van Cingel REH, Brooijmans F, Neeter C, Van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: Practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med*. 2016;50(24):1506–15.
21. Baez S, Andersen A, Andreatta R, Cormier M, Gribble PA, Hoch JM. Neuroplasticity in corticolimbic brain regions in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train*. 2021;56(4):418–26.
22. Wilk KE, Arrigo CA. Rehabilitation Principles of the Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Knee: Twelve Steps for Successful Progression and Return to Play. *Clin Sports Med* [Internet]. 2017;36(1):189–232.
23. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol* [Internet]. 2019;33(1):33–47.
24. Criss CR, Lepley AS, Onate JA, Simon JE, France CR, Clark BC, et al. Neural Correlates of Self-Reported Knee Function in Individuals After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health*. 2023;15(1):52–60.

25. Gholami F, Letafatkar A, Moghadas Tabrizi Y, Gokeler A, Rossetini G, Ghanati HA, et al. Comparing the Effects of Differential and Visuo-Motor Training on Functional Performance, Biomechanical, and Psychological Factors in Athletes after ACL Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med*. 2023;12(8).
26. Grooms DR, Page SJ, Nichols-Larsen DS, Chaudhari AMW, White SE, Onate JA. Neuroplasticity associated with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017;47(3):180–9.
27. Coronado RA, Sterling EK, Fenster DE, Bird ML, Heritage AJ, Woosley VL, et al. Cognitive-behavioral-based physical therapy to enhance return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction: An open pilot study. *Phys Ther Sport [Internet]*. 2020;42:82–90.
28. Lepley LK, Grooms DR, Burland JP, Davi SM, Mosher JL, Cormier ML, et al. Eccentric cross-exercise after anterior cruciate ligament reconstruction: Novel case series to enhance neuroplasticity [Internet]. Vol. 34, *Physical Therapy in Sport*. Elsevier Ltd; 2018. 55–65 p.
29. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003 Aug;83(8):713-21.
30. Studies CC. Ottawa. Round Table. 1932;22(87):461–78.
31. Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J Anaesth*. 2019 Apr;13(Suppl 1):S31-S34.

11. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1. FIGURA DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA.....	22
Tabla 2:RESUMEN DE LA INFORMACIÓN EXTRAÍDA DE LOS ARTÍCULOS.....	23
Tabla 3 ESCALA PEDro.....	31
Tabla 4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD METODOLÓGICA MEDIANTE ESCALA NOS.....	32
Tabla 5 RESULTADOS DE LA DECLARACIÓN STROBE.....	33



Tabla 1. FIGURA DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA.

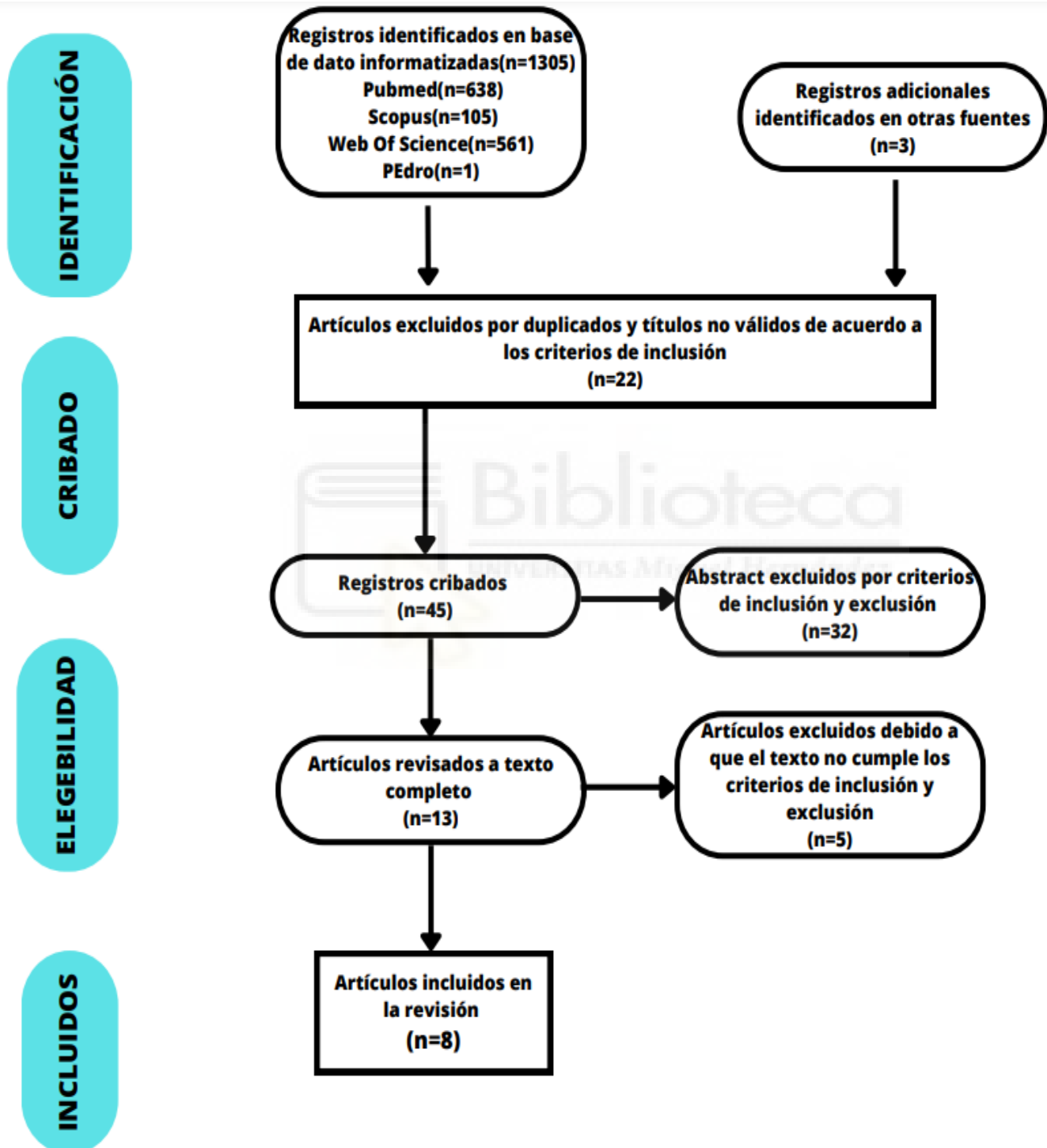


Tabla 2: RESUMEN DE LA INFORMACIÓN EXTRAÍDA DE LOS ARTÍCULOS.

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
Grooms DR, Et al., 2017	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Comparar la activación cerebral durante la flexión/extensión de la rodilla entre las personas que se han sometido a ACLR y un grupo de control emparejado	30 sujetos 2 grupos: -ACLR: (n=15) -Grupo control: (n=15)	<ul style="list-style-type: none"> -Cumplimiento de las imágenes de la RNM -Puntuación mínima de 5 en la escala Tegner 9 -Participación en la actividad de funcionamiento -Cambio/corte de dirección en la escala Marx53, una vez a la semana al menos. -ACLR lado izquierdo 	fMRI en 15 participantes con ACLR izqd y 15 control. Cada participante en supino en el escáner, realizando una extensión/flexión de la rodilla cíclica y sin soporte de peso desde 45° de flexión hasta la extensión terminal de la rodila de control involucrada. Se desencadenó por un aviso visual de 2 segundos y se adeó con un metrónomo auditivo que proporcionó una señal para flexionar o extender la rodilla a 1,2 Hz o 36 ciclos de extensión/flexión de la rodilla por estímulo de 30 segundos.	-Análisis de resonancia magnética funcional(fMRI)	<ul style="list-style-type: none"> -Evaluación preliminar de un formulario sobre la evaluación subjetiva de la rodilla del comité internacional de documentación de la rodilla(IKDC). -Una sola vez tras realizar el ejercicio. 	El grupo ACLR demostró una mayor activación de la corteza motora primaria contralateral, el giro lingual ipsilateral y la corteza somatosensorial secundaria, y una disminución de la activación de la corteza motora ipsilateral y los vermis del área del cerebelo, en comparación con el grupo de control emparejado

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
Gandolfi M, Et al., 2018	Estudio observacional	Evaluar el curso temporal de los procesos de integración sensoriomotora involucrados en la capacidad de equilibrio durante el seguimiento de 1 año después de la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior (LCA). Para evaluar si existe una asociación entre el rendimiento del equilibrio y las características de la morfometría muscular semitendinosa.	27 sujetos	<ul style="list-style-type: none"> -Edad entre 18-65 años -Lesión de LCA durante la actividad deportiva -Actividades deportivas no competitivas -Reconstrucción LCA utilizando injerto de semitendinoso -Rehabilitación postoperatoria 24h después de la cirugía 	Se llevo a cabo la rehabilitación antes de la cirugía, durante la estancia hospitalaria y la tercera fase en la que los pacientes asistieron durante los primeros 2 meses tres veces a la semana y luego dos veces durante los siguientes 4 meses. Mediante una plataforma para el equilibrio y las capacidades sensoriomotrices y un sistema de ultrasonido portátil para el tamaño muscular y la calidad del musculo semitendinoso, realizando una serie de pruebas.	<ul style="list-style-type: none"> -Equilibrio y capacidades sensoriomotrices -Morfometría muscular semitendinoso -Análisis estadístico 	Evaluación a los 3 meses, 6 meses y 1 año	El equilibrio se recuperó dentro de los primeros 6 meses después de la cirugía, mientras que la morfometría del músculo semitendinoso mejoró principalmente entre 6 y 12 meses en pacientes que regresaron a las actividades deportivas. Las capacidades de equilibrio son paralelas a las mejoras de la morfometría del músculo semitendinoso. La evaluación instrumental de los procesos de integración sensoriomotora es relevante en la práctica clínica como pruebas de detección para la prevención primaria y secundaria de la lesión del LCA.

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
------------	-----------------	----------	-----------	------------------------	--------------	----------------------	------------------------	------------

<p>Baez S, Et al., 2021</p>	<p>Caso control</p>	<p>Caracterizar el sustrato neuronal subyacente del miedo relacionado con la lesión en pacientes después de ACLR frente a individuos de control emparejados sanos durante una tarea de imaginación de imágenes (PIT) que consiste en imágenes específicas del deporte e imágenes de actividades de la vida diaria (ADL).</p>	<p>24 mujeres atletas dominantes de la mano derecha, 2 grupos:</p> <p>-ACLR lado izqd: (n=12)</p> <p>-Grupo control: (n=12)</p>	<p>-ACLR izquierdo</p> <p>-Puntuación mínima de 5 en la evaluación de actividad física de Tegner10(para los niveles de actividad antes de la lesión)</p> <p>-De 18 a 35 años</p> <p>-Lesión mediante la realización de algún deporte</p> <p>-Dominantes en la mano derecha</p>	<p>Se sometieron a una Resonancia magnética funcional, durante el escaneo se presentaron dos tipos de imágenes de imaginación (PIT), un tipo de imágenes de deportes específicos 28 y otro grupo de imágenes de actividades de la vida diaria(ADL) 20. Las cuales tenían que observar dichas imágenes.</p>	<p>-Análisis de resonancia magnética funcional(fmRI)</p>	<p>un cuestionario demográfico para evaluar las medidas antropométricas y el historial de lesiones. Al final del protocolo fmRI, todos los participantes completaron el Cuestionario de Creencias de Evitación del Miedo (FABQ),¹³ y la Escala de Kinesiofobia de Tampa-11 (TSK-11),¹⁴ que mide el miedo al movimiento. El PHOSA-ACLR12 también se completó para permitir a los participantes calificar subjetivamente sus percepciones de las fotos mostradas mientras estaban en el dispositivo de resonancia magnética</p>	<p>Se observó un aumento de la activación en el lóbulo parietal inferior y el tálamo medio dorsal durante el PIT en el grupo ACLR. Se observó una incapacidad para suprimir la red de modo predeterminado en el grupo ACLR. El grupo ACLR mostró una mayor activación en las regiones del cerebelo y del occipital inferior durante las imágenes específicas del deporte en comparación con las imágenes de ADL, pero ninguna otra región de interés demostró diferencias.</p>
------------------------------------	---------------------	--	--	--	---	--	---	--

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
------------	-----------------	----------	-----------	------------------------	--------------	----------------------	------------------------	------------

Smeets A, Et al., 2021	Estudio observacional, transversal	Evaluar el control neuromuscular de los atletas con ACLR bajo un mayor desafío cognitivo y ambiental.	<p>40 sujetos, 2 grupos:</p> <p>-Sujetos ACLR: (n=20)6 mujeres y 14 hombres</p> <p>-Sujetos no lesionados: (n=20) 6mujeres y 14 hombres</p>	<p>-Practicaran un deporte que implicase girar, saltar antes de su lesión</p> <p>-ACLR, con autoinjerto de semitendinoso</p> <p>-Sujetos control estuvieron libres de lesiones en las extremidades inferiores o espalda durante al menos 6 meses y sin antecedentes de lesiones LCA</p>	<p>Realizaron un calentamiento estandarizado de 5 min y un conjunto de tareas de salto, realizaron varias tareas:</p> <p>-1 tarea de reducción sin restricciones ambientales(normal)</p> <p>-2 tarea de reducción combinada con doble tarea cognitiva(dual)</p> <p>-3 Tarea de reducción combinada con una base impredecible de perturbaciones de soporte (PERT)</p> <p>-4 Tarea de reducción combinada con una doble tarea cognitiva y una base impredecible de perturbaciones de soporte (PERTDUAL)</p>	<p>-Rendimiento en la doble tarea cognitiva y la perturbación</p> <p>-Control neuromuscular y activaciones musculares de VM, VL Y GL</p>	-Solo se utilizaron los últimos tres ensayos válidos de todas las tareas para un mayor análisis de datos, al realizar el tratamiento.	Los atletas con ACLR muestran una mayor activación de los isquiotibiales y una menor activación de VM en su pierna lesionada, en comparación con los controles no lesionados, que podrían representar una respuesta muscular artrogénica (AMR). Además, la pierna lesionada de los atletas con ACLR muestra menos adaptación de la co-contracción medial y los niveles de activación de VM, VL y GL en respuesta a las perturbaciones en comparación con los atletas no lesionados.
-------------------------------	------------------------------------	---	--	---	--	--	---	---

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
Xu Y, Et al., 2022	Estudio observacional, prospectivo de cohortes	Explorar el efecto de los rasgos de personalidad en la rehabilitación temprana después de la reconstrucción del LCA y proporcionar una referencia para los médicos en el diseño de un plan de rehabilitación personalizado.	155 sujetos, 124 hombres y 31 mujeres	-Entre 18-45 años -Lesión de LCA debido al deporte que requerían una reconstrucción unilateral de injertos de isquiotibiales y reparación de menisco	-Plan de rehabilitación progresiva estandarizada durante 0 a 5 semanas, para evaluar la asociación entre las cinco grandes dimensiones de la personalidad y los primeros resultados después de la ACLR.	-Características demográficas -Personalidad de los participantes -Puntuaciones subjetivas de la rodilla -Función objetiva de la rodilla -Completar cuestionario a los 3 meses de la cirugía y a los 6 meses otro junto al test	Evaluación antes y después del plan de rehabilitación a los 3 y luego a los 6 meses	Encontramos una correlación significativa entre las cinco grandes dimensiones de la personalidad y el efecto de rehabilitación temprana después de la reconstrucción del LCA. Encontramos una correlación negativa significativa entre el neuroticismo y el efecto de rehabilitación, pero una correlación positiva entre la conciencia y el efecto de rehabilitación. La amabilidad y la apertura a la experiencia se correlacionaron positivamente con las puntuaciones subjetivas, pero no encontramos una correlación significativa entre la extraversión y el efecto de rehabilitación.

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
Criss CR, Et al., 2023	Estudio observacional, transversal	Observar si los patrones de activación cerebral para el control de la rodilla están relacionados con las medidas de la función de la rodilla notificada por el paciente en individuos después de ACLR.	25 sujetos , 10 hombres y 15 mujeres	-Antecedentes de ACLR primario y unilateral -16-35 años	Tarea activa de fMRI , cada participante realizó movimientos de flexo-extensión de rodilla seguidos por un metrónomo a 1,2Hz 30s seguidos de 30s descanso	-Análisis de resonancia magnética funcional(fMRI)	Evaluación antes de cada sesión, completaran la escala de Tegner	La función de la rodilla reportada por el paciente se correlacionó positiva y moderadamente con la corteza somatosensorial secundaria ipsilateral ($r = 0,57$, $P = 0,005$) y el área motora suplementaria ipsilateral ($r = 0,51$, $P = 0,01$). El aumento de la actividad cortical sensoriomotora secundaria ipsilateral está relacionada con la mayor función percibida de la rodilla.

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
Kim H, Et al., 2023	Estudio observacional, transversal	Comparar la actividad cerebral entre un grupo de ACLR y los controles no lesionados coincidentes durante un paradigma de salto vertical de caída de observación de acción (AO-DVJ) y explorar la asociación entre la kinesiophobia y la actividad cerebral en el grupo de ACLR.	26 sujetos, 2 grupos: -Grupo con ACLR: (n=13) 7 hombres y 6 mujeres -Grupo control: (n=13) 6 hombres y 7 mujeres	-Lesión aislada de LCA rodilla izqd -Puntuación de actividad Tegner superior a 5 en el momento de la participación -Ningún otra lesión en las extremidades inferiores en un año atrás -Entre 18-35 años -Grupo de control sin antecedentes de lca, incluyendo todos los demás	Los participantes fueron colocados en posición supino para la RNM 15 minutos antes de observar los bloques de tarea. Mientras que los participantes observaban 12 saltos verticales consecutivos, mostrados de una perspectiva en 1 persona	-Análisis de Resonancia magnética funcional(fMRI)	Evaluación antes con test y cuestionarios y Rnm y después de la intervención.	El grupo ACLR tenía una actividad cerebral más baja en la corteza prefrontal ventrolateral derecha en relación con el grupo de control no lesionado. La actividad cerebral del cerebelo izquierdo Crus I y Crus II, el lóbulo del cerebelo IX, la amígdala, el giroscopio temporal medio y el polo temporal se correlacionaron positivamente con las puntuaciones de TSK-11 en el grupo ACLR.

Autor, año	Diseño, estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
Gholami F, et al., 2023	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Comparar los efectos de las variaciones de movimiento versátiles (DL) con las variaciones de movimientos con énfasis en la interrupción de la información visual (VMT) en atletas que se habían sometido a una reconstrucción del LCA.	45 atletas masculinos 3 grupos: •Aprendizaje diferencial DL (n=15) •Entrenamiento visuo-motorVMT (n=15) -No control (n=15)	-Tener una reconstrucción unilateral del autoinjerto del tendón isquiotímquial del LCA -No mostraran dolor -Presentar derrame -Presentar rango de movimiento activo de rodilla sin dolor	Los atletas ejecutaron un protocolo de calentamiento estandarizado durante 8 semanas , que incluía sentadillas de doble pierna(2x8 repes) y saltos máximos de doble pierna(2x5 repes), seguidos de estiramiento de la pantorrilla con una rodilla recta y la otra doblada. Grupos de no control no recibieron ningún tratamiento específico.	-Rendimiento funcional(prueba de triple salto) -Equilibrio dinámico(prueba de equilibrio de la excursión de estrellas) -Biomecánica durante la tarea de aterrizaje de caída de una sola pierna -Recopilación de datos -Kinesofobia	Evaluación preliminar de selección de los atletas, a las 8 semanas de realizar el tratamiento.	Ambos grupos de intervención, DL y VMT, mostraron resultados comparables, con la diferencia de que el tamaño del efecto de DL fue mayor que el VMT en la mayoría de las variables. Los resultados de los estudios examinados proporcionan evidencia de cómo el aprendizaje diferencial contribuye a un aumento positivo en el rendimiento obtenido por los atletas al promover el desarrollo divergente de la coordinación del movimiento y la percepción y percepción del entorno

Tabla 3 ESCALA PEDro.

ESTUDIO (autor y año)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score
Grooms DR, Et al., 2017	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Gholami F, et al., 2023	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	8

Criterio 1. Los criterios de elección fueron especificados.

Criterio 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos.

Criterio 3. La asignación fue oculta.

Criterio 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes.

Criterio 5. Todos los sujetos fueron cegados.

Criterio 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados.

Criterio 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados.

Criterio 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos.

Criterio 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”.

Criterio 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave.

Criterio 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

MEDIA PUNTUACIÓN: 7

(+) = PRESENTE; (-) = AUSENTE

Se incluye un criterio adicional (1) relacionado con la validez externa (“Aplicabilidad del ensayo”) que no se sumará en el cálculo de la puntuación final. INTERPRETACIÓN: Se considera que los estudios con una puntuación entre 9 y 10 tienen una calidad metodológica excelente, los estudios con una puntuación entre 6 y 8 tienen una buena calidad metodológica, entre 4 y 5 una calidad regular y por debajo de 4 puntos tienen una mala calidad metodológica.

Tabla 4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD METODOLÓGICA MEDIANTE ESCALA NOS.

ESTUDIO (Autor y año)	Selección	Comparabilidad	Exposición	Total	Conclusión
Baez S, Et al., 2021 caso control	****	*	**	7	Bajo riesgo
Xu Y, Et al., 2022, prospectivo de cohortes	***	*	***	7	Bjao riesgo
INTERPRETACIÓN: Se considera que los estudios con más de 7 asteriscos o estrellas tienen bajo riesgo de seso, por el contrario, aquellos que tienen menos de 7 son considerados como estudios con alto riesgo de sesgo MEDIA PUNTUACIÓN: 7					



Tabla 5 RESULTADOS DE LA DECLARACIÓN STROBE.

AUTOR Y AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	TOTAL
Gandolfi M, Et al., 2018	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	20
Smeets A, Et al., 2021	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	21
Criss CR, Et al., 2023	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	19
Kim H, Et al., 2023	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	20

