



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

IMPACTO DE UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DE
FISIOTERAPIA EN MEDIO ACUÁTICO EN PACIENTES FÍSICAMENTE
ACTIVOS POSTCIRUGÍA DE RECONSTRUCCIÓN DE LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Presentado por: Andoni Urrutia Salinas

Tutor: Dr. Diego Fernández Lázaro

Soria, 10 de junio de 2024

RESUMEN:

Introducción: la rotura del ligamento cruzado anterior es una lesión que está aumentando en el mundo del deporte, representando entre 100.000 y 200.000 lesiones entre los atletas por año. Es por ello que ha crecido la demanda de rehabilitación tras esta lesión y han surgido diferentes terapias, una de ellas es la rehabilitación en medio acuático, que por las propiedades intrínsecas del agua nos ofrece un abanico de posibilidades que no tenemos en tierra, y se cree que propician la pronta recuperación de la lesión, potenciando la fuerza, la movilidad, estabilidad y la función de la rodilla.

Objetivos: analizar y comparar la eficacia de un programa de rehabilitación acuático con uno terrestre convencional mediante parámetros de fuerza, estabilidad, movilidad, función y dolor en adultos físicamente activos postcirugía de ligamento cruzado anterior.

Metodología: se llevó a cabo una revisión sistemática bajo la normativa de Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA). La búsqueda se realizó en diferentes bases de datos como Medline, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Biblioteca Cochrane y Semantic Scholar, cuyo objetivo era seleccionar estudios para evaluar la eficacia comparativa de la rehabilitación acuática con una rehabilitación terrestre convencional en pacientes adultos, físicamente activos, tras cirugía de ligamento cruzado anterior en parámetros de fuerza, estabilidad, movilidad, función y dolor. Se utilizaron la escala "Physiotherapy Evidence Database" (PEDro) y el formulario de revisión crítica para estudios cuantitativos desarrollado por el McMaster University Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group para evaluar la calidad metodológica de los estudios seleccionados.

Resultados: entre los 71 estudios que fueron identificados en la búsqueda, un total de 9 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron seleccionados para esta revisión sistemática. Algunos pacientes obtuvieron mejoras en comparación con el grupo control en términos de rango de movilidad, cuestionarios de función, fuerza muscular, actividad eléctrica muscular y propiocepción entre otros. Sin embargo, hubo parámetros en los que no se apreció diferencia alguna entre grupos.

Conclusiones: el uso de la terapia acuática es más efectiva en la ganancia de fuerza, propiocepción y función en etapas iniciales de la rehabilitación, además de propiciar una anterior recuperación y una pronta vuelta al deporte.

Palabras clave: ligamento cruzado anterior, rehabilitación convencional, terapia acuática, medio acuático.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Listado de abreviaturas.....	1
1. Introducción.....	2
1.1. Morfología y función de la rodilla.....	2
1.2. Morfología y función del LCA.....	3
1.3. Mecanismo lesional del LCA.....	3
1.4. Incidencia de las lesiones de LCA	3
1.5. Tipos de rehabilitación tras intervención.....	3
1.6. Rehabilitación del LCA en medio acuático.....	3
1.6.1. El medio acuático y sus propiedades.....	4
1.6.2. Aplicaciones de las propiedades del medio acuático para la rehabilitación	4
2. Justificación	5
3. Objetivos.....	5
3.1. Objetivo primario.....	5
3.2. Objetivos secundarios.....	6
4. Metodología.....	6
4.1. Estrategias de búsqueda de la literatura.....	6
4.2. Criterios de elegibilidad.....	6
4.3. Selección de estudios.....	7
4.4. Extracción de datos.....	7
4.5. Evaluación de la calidad metodológica.....	8
5. Resultados.....	8
5.1. Búsqueda de la literatura y selección de estudios.....	8
5.2. Calidad metodológica.....	9
5.3. Características de los artículos incluidos.....	14
5.4. Evaluación de los resultados.....	15
5.4.1. Parámetros fisioterápicos.....	21
6. Discusión.....	23
6.1. Parámetros fisioterápicos.....	23
6.2. Métodos de aplicación y formas de intervención.....	25
6.3. Limitaciones y fortalezas.....	25
7. Conclusión.....	26
8. Bibliografía.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos y ligamentos de la articulación femorotibial: elaboración propia.....	2
Tabla 2. Criterios PICOS para la inclusión o exclusión de estudios	8
Tabla 3. Puntuación según la escala PEDro para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión.....	11
Tabla 4. Resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos Formulario de revisión crítica de McMaster para estudios cuantitativos	13
Tabla 5. Resumen de los estudios seleccionados.....	16
Tabla 6. Resumen y clasificación de los resultados evaluados en los diferentes estudios	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo que ilustra el proceso de identificación y selección de los estudios incluidos en esta revisión, siguiendo las directrices establecidas por Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA).....	10
--	----

LISTADO DE ABREVIATURAS

EVA: escala visual analógica

GC: grupo control.

GI: grupo intervención.

IKDC: International Knee Documentation Committee

LCA: ligamento cruzado anterior.

LCP: ligamento cruzado posterior.

LLE: ligamento lateral externo.

LLI: ligamento lateral interno.

MES: puntuación media de equilibrio.

PEDro: Physiotherapy Evidence Database.

PH: presión hidrostática.

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses.

ROM: rango de movimiento.

1. INTRODUCCIÓN:

1.1 Morfología y función de la rodilla

La rodilla es una unidad anatómica funcional móvil que desempeña un papel clave en la función recreativa y deportiva (1), está formada por dos articulaciones, la patelofemoral y la tibiofemoral. La estabilidad de la articulación se rige por una combinación de ligamentos estáticos, fuerzas musculares dinámicas, aponeurosis meniscocapsular, topografía ósea y carga articular (2). Si nos vamos a la articulación femorotibial, podemos observar que estos dos huesos se encuentran unidos pasivamente por 4 ligamentos: el ligamento lateral interno, el lateral externo, el ligamento cruzado anterior (LCA) y el ligamento cruzado posterior. (**Tabla 1**)

Tabla 1. Tipos y ligamentos de la articulación femorotibial: elaboración propia.

TIPOS DE LIGAMENTOS		
Extraarticulares: se ubican en el exterior de la capsula articular.	LLI: ligamento lateral interno	Ubicación: en la cara interna de la rodilla, nace del cóndilo interno del fémur y se inserta en la tuberosidad tibial. Función: se encarga de la estabilidad pasiva hacia medial de la rodilla, es decir, impide el valgo de la rodilla.
	LLE: ligamento lateral externo	Ubicación: se ubica en la cara externa de la rodilla, tiene su origen en cóndilo externo del fémur, pasa por encima de la fosa poplíteica y se inserta en la parte superior y anterior del hueso peroné. Función: estabilizador pasivo de la rodilla, impide el movimiento en varo de la articulación, es decir, el desplazamiento hacia el exterior.
Intraarticulares: se encuentran dentro de la capsula articular de la rodilla.	LCA: ligamento cruzado anterior	Ubicación: se encuentra entre el fémur y la tibia, y va desde la parte interna del cóndilo femoral externo y se inserta en la zona preespinal de la tibia, llevando un recorrido diagonal. Función: evitar la translación anterior de la tibia sobre el fémur, y las rotaciones excesivas, contribuyendo a la estabilidad de la articulación y al movimiento armonioso.
	LCP: ligamento cruzado posterior	Ubicación: misma zona que el LCA, pero en sentido contrario. De la zona retroespinal de la meseta tibial, al cóndilo interno del fémur. Función: evitar la translación posterior de la tibia sobre el fémur y las rotaciones.

Abreviaturas: LLI: ligamento lateral interno; LLE: ligamento lateral externo; LCA: ligamento cruzado anterior; LCP: ligamento cruzado posterior

1.2 Morfología y función del LCA

El LCA es un ligamento formado por numerosas fibras que absorben las sollicitaciones de tensión durante el arco de movimiento de la rodilla (3). Dicho ligamento actúa como una estructura que limita la hiperextensión de la rodilla y previene el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre el platillo tibial. Además, evita la rotación axial excesiva de la tibia sobre el fémur y mantiene la estabilidad en valgo-varo (4).

1.3 Mecanismo lesional del LCA

Las lesiones de este ligamento se pueden producir por contacto o sin él, siendo los primeros más comunes en los hombres y los segundos más comunes en las mujeres (5). Las lesiones causadas por el contacto requieren una parte inferior de la pierna fija y un torque con suficiente fuerza como para causar un desgarro. Las lesiones por contacto representan solo alrededor del 30 por ciento de las lesiones del LCA (6). El 70 % restante de los desgarros del LCA son lesiones sin contacto que ocurren principalmente durante la desaceleración de la extremidad inferior, con los cuádriceps contraídos al máximo y la rodilla en o cerca de la extensión completa (7).

1.4 Incidencia de las lesiones de LCA

Las lesiones de LCA son la lesión más común del ligamento de la rodilla, representando entre 100.000 y 200.000 lesiones entre los atletas por año (5), estas lesiones presentan una incidencia de 1 de cada 3.000 personas al año, haciendo así de la cirugía de reconstrucción de LCA (LCAR) el sexto procedimiento ortopédico más común (8). Debido a la creciente incidencia de este tipo de lesiones en la población, se ha dado mucha importancia a la rehabilitación tras la intervención para que sea de manera sólida, eficaz y que el paciente recupere su funcionalidad y rendimiento lo más rápido y seguro posible, la velocidad y seguridad con la que un atleta vuelve a la competición después de una operación de LCA depende de muchos factores, incluido el tipo de rehabilitación llevado a cabo (9).

1.5 Tipos de rehabilitación tras intervención

Hoy en día, hay diferentes formas de rehabilitar a este tipo de pacientes, pero lo que sí ha quedado claro es que los protocolos de doce meses que requieren inmovilización y no soportar peso han dado paso a protocolos acelerados que permiten un peso inmediato, sin inmovilización y regreso a la actividad en meses (10). No obstante, hay una gran controversia de cuál de las diferentes formas de rehabilitación actual es la óptima, podemos encontrar desde rehabilitación convencional en tierra firme a máquinas de depresoterapia incluso máquinas de ingravidez, pasando por la rehabilitación en medio acuático. Durante las dos últimas décadas, ha habido una creciente atención a los programas de rehabilitación para la reconstrucción del LCA, pero aún no se ha encontrado un programa óptimo de rehabilitación (11).

1.6 Rehabilitación del LCA en medio acuático

1.6.1 El medio acuático y sus propiedades

El medio acuático puede ser extremadamente beneficioso para la rehabilitación de los atletas después de una lesión deportiva, si se comprenden y maximizan las propiedades del agua (12), que son las siguientes:

- Densidad: es la masa de una sustancia por unidad de volumen. La densidad del cuerpo humano es ligeramente inferior a la del agua ya que contiene un 60% – 70% de agua.
- Flotabilidad: es la capacidad de un cuerpo para sostenerse dentro de un fluido. En los seres humanos el equilibrio se alcanza cuando el 97% del volumen del cuerpo está sumergido.
- Viscosidad: es la magnitud de la fricción interna de un fluido durante el movimiento (específica del fluido). El cuerpo sumergido en movimiento tiene que vencer fuerzas de arrastre resistivas equivalentes y contrarias a la dirección de movimiento.
- Termodinámica: estudia la acción mecánica del calor. El agua tiene mayor habilidad para retener el calor y transferirlo que el aire, además de mayor capacidad que el cuerpo humano, siendo este último el que equilibra la temperatura más rápidamente ganando o perdiendo calor.
- Presión hidrostática (PH): es la compresión que realiza sobre el cuerpo el agua que lo rodea. Esa presión es directamente proporcional tanto a la profundidad de inmersión como a la densidad del líquido (13,14).

1.6.2 Aplicaciones de las propiedades del medio acuático para la rehabilitación

Nos podemos beneficiar de estas propiedades comentadas anteriormente, por ejemplo, la flotabilidad reduce significativamente las fuerzas de impacto máximas (33-54%), el impulso (19-54%) y la velocidad de desarrollo de la fuerza (33-62%) en agua comparado con el medio terrestre (esto proporciona una oportunidad para llevar a cabo la carga temprana de peso completo en el agua para permitir la educación de la marcha). La densidad del agua es mayor que la del aire por lo que proporciona resistencia al movimiento, por lo tanto, esta resistencia aumenta la carga de trabajo de los músculos durante la fase concéntrica, lo que resulta una potencial ganancia de fuerza. (15)

En resumen, la principal ventaja de la terapia acuática en el proceso de recuperación funcional es que las actividades o ejercicios pueden introducirse antes en el proceso de recuperación funcional que en tierra, lo que puede acelerar el proceso de recuperación y reducir el tiempo total de recuperación. Esto incluye ejercicios específicos dirigidos para el desarrollo o mantenimiento de los sistemas neuromuscular y cardiovascular, con un bajo riesgo de lesión (12). Debido a todo esto, este tipo de rehabilitación mediante la terapia acuática es una fuente de estudios muy interesante para la correcta, veloz y eficaz recuperación de esta lesión en creciente prevalencia para el mundo del deporte.

2. JUSTIFICACIÓN

La rehabilitación fisioterápica tras una lesión y reconstrucción del LCA es un proceso clave para lograr la pronta mejoría y funcionalidad del paciente, la lesión del LCA está asociada con diversos grados de dolor, sensación de fallo o inestabilidad de la rodilla, debilidad muscular, limitación funcional y peor calidad de vida por lo que los objetivos del tratamiento tras la lesión del LCA son restaurar la función de la rodilla a corto plazo y prevenir la aparición de alteraciones degenerativas en dicha articulación a largo plazo (16).

Estos objetivos se van a conseguir mediante la fisioterapia, combinando terapia física, ejercicios específicos para fuerza, movilidad, estabilidad y, en definitiva, función. En los últimos años esta lesión ha incrementado exponencialmente y de ahí han surgido muchas investigaciones y propuestas de tratamiento, una de estas propuestas es la realización de ejercicios y actividad física inmersos en agua.

El objetivo de este tipo de tratamiento en medio acuático para pacientes intervenidos de LCA es mejorar los parámetros de fuerza, estabilidad, función, movilidad y dolor, sobre todo en fases más iniciales del tratamiento en fisioterapia, mejorando la capacidad del paciente para realzar actividades de la vida diaria y del deporte. Teóricamente, debido a las propiedades intrínsecas del medio acuático, se cree que se puede iniciar una carga total en este medio, ya que las fuerzas de impacto en agua son ínfimas, y por lo tanto iniciar una recuperación con deambulación o carga más inicialmente que en tierra propiciando beneficios sobre los parámetros comentados con anterioridad. También al ser el agua más densa, el movimiento es resistido con mayor potencia que en el medio terrestre, propiciando una potencial ganancia de fuerza inicial mayor.

Existen diferentes estudios sobre la rehabilitación acuática de LCA mediante diferentes formas de actividad física y ejercicios, todos buscando la pronta y efectiva rehabilitación postoperatoria, fijándose en los valores de la fuerza, movilidad, estabilidad, dolor y función de la articulación de la rodilla y comparándola con una rehabilitación tradicional en medio terrestre. Ocasionalmente, son diferentes las formas de evaluación de estos parámetros y existen diferencias entre estudios de los beneficios de la terapia acuática en los parámetros comentados.

Por ello, surge la necesidad de realizar esta revisión sistemática, cuyo objetivo es el de recopilar la literatura científica existente en relación con el tema comentado, que compare la rehabilitación tras intervención de LCA acuática con la terrestre mediante ejercicios y actividad en adultos físicamente activos y nos muestre diferentes parámetros que van a ser clasificados en fuerza, movilidad, estabilidad, dolor y función.

3. OBJETIVOS:

3.1 Objetivo primario

El objetivo de esta revisión sistemática es analizar la literatura científica existente que haya investigado mediante ensayos clínicos la eficacia de un tratamiento rehabilitador

mediante actividad física en medio acuático, para pacientes mayores de 18 años, físicamente activos e intervenidos tras una rotura de LCA.

3.2 Objetivos secundarios

Comparar la eficacia de la rehabilitación acuática y la rehabilitación terrestre estándar sobre:

- Parámetros de fuerza
- Escalas de dolor
- Parámetros de movilidad
- Parámetros de estabilidad
- Parámetros de función

4. MATERIAL Y METODOS:

4.1 Estrategia de búsqueda de la literatura

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura utilizando diferentes bases de datos como PEDro, Semantic escolar, Biliboteca Cochrane y Medline (Pubmed), incluyendo todos los resultados publicados desde 1994 hasta febrero de 2024 en adultos de 19 a 64 años. La búsqueda ha llevado a cabo siguiendo las pautas metodológicas específicas del *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* (PRISMA) (17) y mediante palabras claves conectadas por operadores booleanos. La estrategia de búsqueda usada en las bases de datos estaba basada en términos relacionados con la ruptura e intervención quirúrgica, mediante alguna de las técnicas existentes, del ligamento cruzado anterior (LCA) y su posterior rehabilitación basada en ejercicios acuáticos en piscina, así como una combinación de estos mediante el índice de descriptores de ciencias de la salud (DeCS) y operadores booleanos: (*Anterior Cruciate Ligament* OR *Cranial Cruciate Ligament* OR *ACL*) AND (*Aquatic Therapy* OR *Aquatic Exercises* OR *Balneotherapy* OR *Water* OR *Aquatic*). Otros estudios se obtuvieron a través de una búsqueda en la “literatura gris”, es decir, registros adicionales realizando una búsqueda de “bola de nieve” verificando las listas de referencias de publicaciones elegibles para revisión de texto completo y utilizando ResearchGate para identificar artículos potenciales no incluidos en las bases de datos antes mencionadas utilizadas en el estudio

4.2 Criterios de elegibilidad

La pregunta de investigación que se planteó para esta revisión fue la siguiente: “¿Podría la rehabilitación acuática ayudar a mejorar los parámetros de fuerza, estabilidad, función, movilidad y dolor en los pacientes intervenidos quirúrgicamente de ruptura de LCA de manera más prominente comparado con solo rehabilitación convencional en tierra?” Para responder a la pregunta planteada, se establecieron criterios de inclusión basados en los criterios PICOS (18).

Tabla 2. Criterios PICOS (18) para la inclusión o exclusión de estudios.

Criterios	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Población “P”	Adultos activos físicamente operados de rotura de LCA de edad comprendida entre 19 y 44 años	Animales o adultos sin ruptura de LCA, reruptura u otros problemas graves de rodilla diferentes
Intervención “I”	Ejercicios de rehabilitación en medio acuático.	Ejercicios diferentes a los realizados en el grupo control.
Comparación “C”	grupo control o terapia convencional en suelo	Ninguno
Resultados (outcomes) “O”	Cualquier parámetro relacionado con la estabilidad, fuerza, movilidad, función y dolor de la articulación femorotibial	Ninguno.
Diseño de estudio “S”	Estudios de intervención en humanos, ensayos clínicos controlados aleatorizados	Ensayos en animales, estudios observacionales, estudios de caso, metaanálisis, revisiones

Abreviatura: LCA: Ligamento cruzado anterior

4.3 Selección de estudios

Los estudios fueron revisados de forma independiente por el autor (A. U. S.). Se examinaron todos los títulos y resúmenes resultantes de la estrategia de búsqueda en las diferentes bases de datos utilizadas, eliminando así aquellos escritos que no coincidían con los objetivos de esta revisión. Una vez superada esta fase, el autor (A. U. S.) se dispuso a examinar los estudios resultantes a texto completo. Se comprobó que dichos artículos cumplían los criterios de inclusión y podían ser seleccionados para esta revisión, excluyendo aquellos artículos que no fuesen ensayos clínicos controlados aleatorizados.

4.4 Extracción de datos

El autor (A. U. S.) extrajo los datos de manera independiente. La información de los artículos seleccionados para esta revisión consta de lo siguiente:

- **Estudio:** nombre del primer autor, año de publicación, país y ciudad en el que se hizo el estudio
- **Diseño del estudio:** todos fueron ensayos clínicos controlados y aleatorizados
- **Muestra (participantes):** cantidad de participantes en el estudio y las principales características físicas que presentan estos.
- **Intervención y control:** descripción de la intervención y el control, ejercicios realizados en tierra y en agua, y las variables que se midieron de uno y de otro grupo.
- **Resultados:** todos los resultados obtenidos en los artículos relacionados con los parámetros de fuerza, movilidad, función, dolor y estabilidad de la rodilla
- **GI (grupo intervención) vs GC (grupo control):** Se especifica la diferencia de resultados entre el grupo de trabajo en agua (GI) y el grupo de trabajo único en tierra (GC)

4.5 Evaluación de la calidad metodológica.

Se realizó una evaluación de la calidad metodológica de los estudios seleccionados para esta revisión mediante la escala “Physiotherapy Evidence Database” (PEDro) (19) y el formulario de revisión crítica para estudios cuantitativos desarrollado por el McMaster University Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group (McMaster) (20) como herramientas de evaluación crítica, con el objetivo de eliminar aquellos artículos con una deficiente metodología.

5. RESULTADOS:

5.1 Búsqueda de la literatura y selección de estudios

Podemos observar un diagrama de flujo (**Figura 1**) que nos muestra el proceso mediante el cual se ha procedido a la selección de artículos para esta revisión. En un primer lugar, obtuvimos 71 estudios, tras eliminar los manuscritos repetidos, el número resultante fue de 47 (n=24). Posteriormente, se procedió a examinar los artículos obtenidos del resultado de selección anterior. De los 47 artículos mencionados, solo 23 fueron identificados como potencialmente interesantes para incluirlos en nuestra revisión, pero al revisarlos y examinarlos exhaustivamente y tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, fueron descartados 15 estudios por lo que el resultado de artículos seleccionados fue de 8. Tras revisar otras fuentes, como la bibliografía de los estudios relevantes comentados anteriormente, se incluyó 1 estudio que no había sido identificado. Finalmente, se concluyó la búsqueda de literatura para esta revisión sistemática con un total de 9 estudios (21-29).

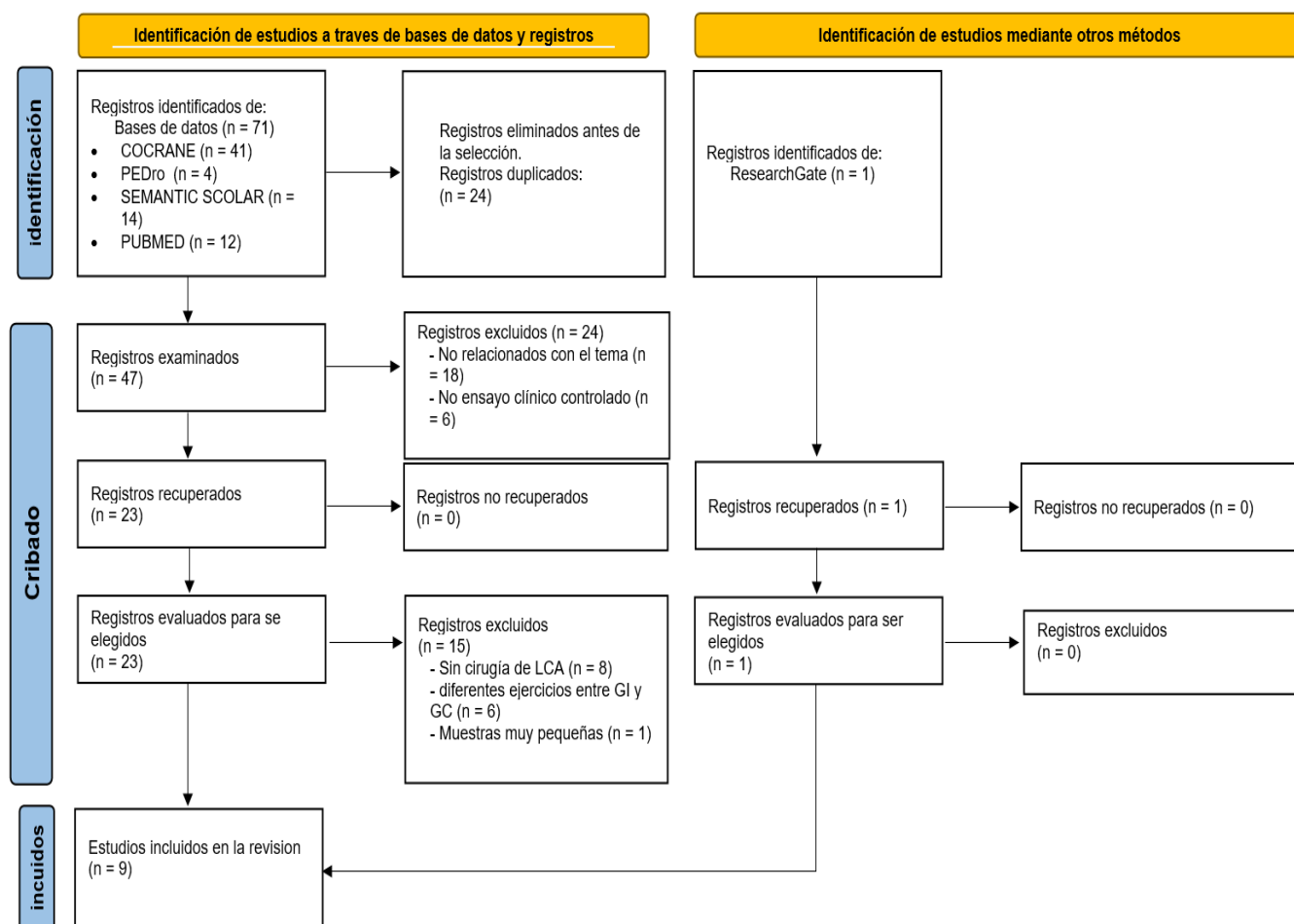


Figura 1: Diagrama de flujo que representa el proceso de identificación y selección de los estudios seleccionados según las directrices de los Elementos de Información Preferidos para las Revisiones Sistemáticas y los Metaanálisis (PRISMA) (17).

5.2 Calidad metodológica

Todos los artículos que han sido seleccionados cumplieron con unos requisitos mínimos de calidad metodológica, evaluados por la escala PEDro (19) (**Tabla 3**), en la que al menos debían presentar 5 puntos, y el formulario de revisión crítica para estudios cuantitativos desarrollado por el McMaster University Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group (20) (**Tabla 4**) en el que como mínimo la puntuación tenía que ser de 12.

De los estudios evaluados por la escala PEDro (19), 6 obtuvieron un resultado correspondiente a “bueno”, 2 fueron clasificados como estudios “regulares” y uno como “excelente”.

Si nos fijamos en el criterio seguido por McMaster (20), 5 estudios obtuvieron una calificación correspondiente a “muy buena”, 3 estudios fueron clasificados como “excelentes” y uno fue determinado como “bueno”

Tabla 3: Resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos — Escala PEdro (19).

Estudio, Año	Ítem											Tota	%	Resultado de calidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Chun-Lung So et al., 2022, (21)	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	9	81.8	G
Desheng Li et al., 2021, (22)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	90.9	E
Hajouj et al. 2021, (23)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8	72,7	G
Hajouj et al. 2021, (24)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	6	54,54	G

Pepino et al. 2023, (25)	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5	45,5	F
Peultier-Celli et al. 2017, (26)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10	90.9	F
Shahidi et al. 2018, (27)	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	9	81.8	G
Tovin et al. 1994, (28)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9	81.8	G
Zamarioli et al. 2008, (29)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8	72,2	G

Abreviaturas: 0= criterio no cumplido; 1= criterio cumplido; E= excelente; VG=muy bueno; G= bueno; F= regular; Ítems del cuestionario PEDro= 1: criterios de elegibilidad; 2: asignación aleatoria; 3: asignación oculta; 4: comparación basal; 5: sujetos ciegos; 6: terapeuta ciego; 7: evaluadores ciegos; 8: seguimiento adecuado; 9: análisis por intención de tratar; 10: comparación entre grupos; 11: estimación puntual y variabilidad.

Tabla 4. Resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos — Formulario de revisión crítica de McMaster para estudios cuantitativos (20).

Estudio, Año	ítem																Total	%	Resultado de calidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Chun-Lung So et al., 2022, (21)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	87.5	VG
Desheng Li et al., 2021, (22)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	93.8	E
Hajouj et al. 2021, (23)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	87.5	E
Hajouj et al. 2020, (24)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	12	75	G

Pepino et al. 2023, (25)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	14	87.5	VG
Peultier-Celli et al. 2017, (26)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Shahidi et al. 2018, (27)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	13	81,3	VG
Tovin et al. 1994, (28)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	87.5	VG
Zamarioli et al. 2008, (29)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	13	81,3	VG

Abreviaturas: 0= criterio no cumplido; 1= criterio cumplido; E= excelente; VG= muy bueno; G= bueno; F= regular; Ítems de la revisión crítica de McMaster= 1: propósito del estudio; Tema 2: revisión de la literatura; Ítem 3: diseño del estudio; Ítem: 4 ciego; Ítem 5: descripción de la muestra; Ítem 6: tamaño de la muestra; Tema 7: ética y consentimiento; Ítem 8: validez de los resultados; Tema 9: fiabilidad de los resultados; Ítem 10: descripción de la intervención; Ítem 11: significación estadística; Ítem 12: análisis estadístico; Ítem 13: importancia clínica; Ítem 14: conclusiones; Ítem 15: implicaciones clínicas; Ítem 16: limitaciones del estudio.

5.3 Características de los estudios incluidos.

El total de todos los participantes de los artículos seleccionados fue de 334, con un claro predominio de varones bastante superior ya que fueron 250 hombres (74,85%) y 84 mujeres (25,15%). Todos los participantes fueron pacientes físicamente activos que padecieron una lesión en su LCA, con una edad comprendida entre 19 y 64 años, aunque al analizar la población de los artículos se ve que la edad máxima de estos es bastante inferior a 64. Los artículos seleccionados para esta revisión fueron llevados a cabo en diferentes partes del globo terráqueo, destacando países como China, Irán, Italia, Francia, Brasil o E.E.U.U. Las intervenciones en los diferentes artículos difieren en algunos aspectos, hay alguno que solo realizan cinta rodante como los artículos redactados por Chun-Lung So et al. (21) y Desheng Li et al. (22), sin embargo, hay otros manuscritos cuya intervención es más global, con ejercicios analíticos de potenciación muscular, neuromuscular, estiramientos y ROM entre otros, además de la deambulación, un ejemplo serían los manuscritos de Hajouj et al. (23,24), Tovin et al. (28) o Zamarioli et al (29). También podemos ver como las intervenciones de los diferentes artículos se prolongan en el tiempo algunos más que otros, es el ejemplo de los artículos de Desheng Li (22) o Peultier-Celli et al. (26) donde el tiempo de intervención fue de 3 semanas, sin embargo, en estudios como los de Hajouj et al. (23,24), Tovin et al. (28) o Zamarioli et al. (29) se puede observar cómo alguno se prolonga hasta los 2 meses.

5.4 Evaluación de los resultados

Los resultados de los estudios incluidos en esta revisión sistemática correspondientes a los parámetros de actividad y función de la rodilla tras una intervención quirúrgica de LCA y se muestran en la tabla 5. Estos resultados se muestran de tal forma que se comparan los dos grupos presentes en cada estudio, en el que se nos presenta un grupo de ejercicio de rehabilitación en medio acuático, que lo denominamos GI, y otro grupo que realiza los mismos ejercicios que el grupo anterior, pero esta vez en tierra firme, que sería el GC. También podemos observar el autor, año y país de publicación, diseño del estudio, características de los participantes y parámetros evaluados entre otros.

En la tabla 6 se puede observar una clasificación de todos los resultados obtenidos en los estudios, que se basan en 5 modalidades: dolor, movilidad, función, fuerza y estabilidad

Tabla 5. Resumen de los estudios seleccionados.

AUTOR, AÑO DE PUBLICACIÓN Y PAÍS	TIPO DE ESTUDIO	PARTICIPANTES (TAMAÑO Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA)	INTERVENCIÓN Y CONTROL	PARÁMETROS EVALUADOS	RESULTADOS GI vs GC
Chun-Lung So et al. 2022, China (Hong Kong) (21)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	38 participantes, incluidos 18 individuos con LCA-R (tiempo postoperatorio medio = 25,8 ± 25,0 meses) compuestos por 11 chicos y 7 chicas y 20 individuos sanos. Compuestos por 10 chicos y 10 chicas	Carrera continua en cinta rodante terrestre (GC) y cinta rodante acuática (GI) donde se midió la actividad eléctrica de diferentes músculos involucrados y en diferentes profundidades del agua durante la actividad. Se compararon la actividad muscular de los diferentes músculos tanto entre sana y afecta del mismo grupo, así como con del grupo contrario	-%MVC espinilla -%MVC mitad de muslo -%MVC cadera -Actividad muscular de BF en la fase de apoyo -Actividad muscular de RF en la fase de oscilación	↔ %MVC espinilla ↑ %MVC mitad de muslo ↑ %MVC cadera ↑*Actividad muscular de BF en la fase de apoyo ↑*Actividad muscular de RF en la fase de oscilación
Desheng Li et al. 2021, China (Shenzhen) (22)	Ensayo clínico controlado aleatorizado simple ciego	60 participantes en rehabilitación tras reconstrucción de LCA que fueron divididos en 2 grupos	GI: entrenamiento en cinta rodante acuática durante 3 semanas. GC: entrenamiento en cinta rodante terrestre en 3 semanas	-Lysholm scale -Fuerza músculos extensores	↑ Lysholm scale ↑ *Fuerza músculos extensores

				-Estabilidad a una pierna	↔ Estabilidad a una pierna
				-Propiocepción	↑ *Propiocepción
Hajouj et al. 2021, Irán (Teherán) (23)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	40 atletas varones con rotura de ligamento cruzado anterior. Características: GI: edad=23.7 ± 2.66 años; altura=175,3 ± 4,78 cm; peso = 80,1 ± 5,62 kg GC: edad=24,4 ± 3,59 años; altura=173,1 ± 4,55 cm; peso = 76,7 ± 4,87 kg	Se aplicó a todos los sujetos un tratamiento convencional post operatorio de ejercicios analíticos desde el primer día tras intervención hasta la 7ª semana. GC: siguió con el tratamiento convencional en tierra con 3 sesiones de ± 1 hora a la semana, durante 10 semanas. GI: recibió lo mismo que el GC, pero con 2 sesiones de 65 minutos de entrenamiento propioceptivo acuático	MAG: - De sentado a de pie - De pie - De pie a sentado SI: - De sentado a de pie - De pie - De pie a sentado	MAG: ↑*De sentado a de pie ↑ *De pie ↑*De pie a sentado SI: ↑*De sentado a de pie ↑*De pie ↑*De pie a sentado
Hajouj et al. 2021, Irán (Teherán) (24)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	38 hombres atletas con plastia de isquiotibiales, seleccionados 6 semanas tras la intervención. Con ROM de flexión de rodilla	Primero se realizó un protocolo de rehabilitación acelerada convencional en tierra durante siete semanas	EVA Función	↔ EVA ↑ Función

$\geq 100^\circ$ y extensión completa	GC: tres sesiones semanales de 60-75 minutos de rehabilitación convencional, incluyendo fortalecimiento, caminata y entrenamiento neuromuscular durante seis semanas.	Sentido de la posición articular	Sentido de la posición articular
Edad de entre 18 y 35 años		- AE	- $\downarrow$ *AE
		- VE	- $\downarrow$ *VE
		- CE	- $\uparrow$ CE
GI: edad 23.79 ± 3.04 , peso $80,57 \pm 3,88$, altura $174,64 \pm 4,85$, IMC $26,64 \pm 1,98$	GI: misma rehabilitación convencional, pero con dos sesiones semanales de 45-60 minutos de ejercicios acuáticos innovadores de propiocepción con el nivel de agua entre cintura y esternón y una temperatura entre 28 y 30°C .		
GC: edad $24,68 \pm 3,78$, peso $78,57 \pm 4,94$, altura $173,21 \pm 4,74$, IMC 26.29 ± 1.75			

Pepino et al. 2023, Italia (Roma) (25)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	28 pacientes con índice de masa corporal (IMC) ≤ 30 kg/m ² , candidatos para un procedimiento artroscópico basado en una resonancia magnética previa positiva para lesión aislada del LCA. Edad de los pacientes al momento de la cirugía entre 18 y 40 años,	Todos los pacientes iniciaron la movilización pasiva de la rodilla operada desde el primer día postoperatorio. Después de 2 semanas se dividieron aleatoriamente en dos grupos (GI y GC). Hicieron los mismos ejercicios de rehabilitación, con la diferencia del medio, el GI lo realizó en medio acuático y el GC en suelo.	-EVA -ROM -IKDC -Lysholm scale	$\leftrightarrow$ EVA $\uparrow$ ROM $\uparrow$ IKDC $\uparrow$ Lysholm scale
---	--	--	---	---	--

		pruebas preoperatorias de pivot-shift y Lachman positivas.	12 sesiones, tres sesiones por semana durante cuatro semanas.		
Peultier-Celli et al. 2017, Francia (Nancy) (26)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	67 pacientes de entre 18 y 49 años, deportistas aficionados o profesionales, sin antecedentes de enfermedad neurológica, medicación con fines psicotrópicos o antihipertensivos, contraindicaciones para actividades acuáticas y esguinces recientes menores de 3 meses en miembros inferiores que pudieran interferir con el control postural	Todos los participantes hicieron el mismo protocolo de rehabilitación convencional hasta la cicatrización de los tejidos. Después se dividieron en dos grupos que uno siguió con la rehabilitación convencional (GC) y el otro tuvo rehabilitación acuática y convencional (GI). Ambos tuvieron sesiones de 45 min, una vez al día, cinco veces a la semana, de lunes a viernes, durante 3 semanas. Después de estas 3 semanas, todos los pacientes regresaron a una rehabilitación convencional	-Dolor -ROM -Trofismo -6 minutos marcha -Fuerza de isquiotibiales -Fuerza de cuádriceps -somestesia -MES	↔ Dolor ↔ ROM ↔ Trofismo ↑ 6 minutos marcha ↑ *Fuerza de isquiotibiales ↑ *Fuerza de cuádriceps ↑ somestesia ↔ MES
Shahidi et al. 2018, Irán (Teherán) (27)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	30 estudiantes varones de Educación Física. GC (n= 15, con edad promedio de 20.11 ± 1.66 años, talla: 178.34 ± 4.67	Actividad física basada en ejercicios analíticos. Antes y después del protocolo de ejercicio, se utilizó el sistema de calificación de errores LESS para evaluar los factores de	-Tasa de error de aterrizaje	↓ Tasa de error de aterrizaje

		cm, y peso: 66.68 ± 7.69 kg)	riesgo. Luego, el grupo experimental realizó los ejercicios seleccionados en el agua durante ocho semanas. Para analizar los datos, se utilizaron pruebas t pareadas e independientes para examinar las diferencias entre los grupos y dentro de ellos.		
		GI (n= 15, con edad promedio de 21.63 ± 2.9 años, estatura: 179.38 ± 5.24 cm, y peso: 69,01 ± 6,75 kg).			
Tovin et al. 1994, EE. UU. (Atlanta) (28)	Ensayo clínico controlado aleatorizado doble ciego	14 hombres y 6 mujeres intervenidos por el mismo médico, artroscópicamente, con una plastia H-T-H y sin lesión de menisco.	<u>Semana 1:</u> programa supervisado de ejercicios en casa idéntico para ambos grupos	-Laxitud -PROM -Lysom scale	↔ laxitud ↔ PROM ↑ * Lysom scale
		Edad (media ± SD) 29.0 ± 7,8 años	<u>Semana2-8:</u> GC: programa de ejercicios para rehabilitación tradicional en suelo (bici estática, deambulación, escalones, movimientos generales de cadera con resistencia y flexión de rodilla) GI: igual que el programa tradicional, pero en agua.	-flexión y extensión isométrica -flexión y extensión isocinética con pico de torque -Circunferencia de la pierna	↔ flexión y extensión isométrica ↔ pico de torque en extensión isocinética ↑ *pico de torque en flexión isocinética ↔ Circunferencia de la pierna

Zamarioli et al. 2008, Brasil (Sao Paulo (29)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	12 hombres y una mujer con lesión de LCA y menisco concomitante, operados por el mismo equipo con plastia de rotuliano H-T-H	Ambos grupos se les administro diclofenaco (50g) durante 10 días y se les estudió 9 semanas	-Dolor	↓Dolor
				-ROM en flexión	↑ ROM en flexión
		3 abandonos	GC: ejercicios en el suelo en cadena cinética abierta y cerrada (controlando los grados de movimiento), entrenamiento neuromuscular y estiramiento	-ROM extensión de rodilla	↔ ROM en extensión de rodilla
		Edad: entre 18 y 55 años		-Fuerza muscular en flexión y extensión de rodilla	↑ Fuerza muscular en flexión y en extensión
			GI: mismos ejercicios, pero en medio acuático a 34°C	-Circunferencia de la pierna (hinchazón y masa muscular)	↓ Circunferencia por hinchazón
					↑ Circunferencia por masa muscular

Símbolos y abreviaturas: ↔: sin cambio significativo; ↑: incremento no significativo; ↓: disminución no significativa; ↑*: incremento significativo; ↓*: disminución significativa; GI: grupo intervención, GC: grupo control, SD: desviación estándar, H-T-H: hueso-tendón-hueso, PROM: rango de movimiento pasivo, ROM: rango de movimiento, LCA: ligamento cruzado anterior, IMC: índice de masa corporal, AE: error absoluto, VE: error variable, CE: error constante, IKDC: International Knee Documentation Committee MAG: Actividad eléctrica total de los músculos durante la tarea, SI: coeficiente de similitud, LCA-R: reconstrucción de ligamento cruzado anterior, BF: bíceps femoral, RF: Recto anterior, SEMG: electromiografía de superficie, %MVC: contracción voluntaria máxima, MES: puntuación media de equilibrio.

Tabla 6. Resumen y clasificación en parámetros fisioterápicos de los resultados evaluados en los diferentes estudios:

MOVILIDAD	FUERZA	ESTABILIDAD	FUNCIONALIDAD	DOLOR
- ROM - Laxitud - PROM	- %MVC - Actividad muscular - Fuerza muscular - MAG - fuerza de cuádriceps - fuerza de isquios - flexión y extensión isométrica - flexión y extensión isocinética con pico de torque - Tasa de desarrollo de fuerza - Circunferencia de la pierna (puede ser edema)	- Propiocepción - Sentido de la posición articular - Somestesia - MES - Tasa de error de aterrizaje	- Lysom Scale - S I - Función - 6 Min marcha - IKDC	- Dolor - EVA

Abreviaturas: ROM: rango de movimiento; PROM: rango de movimiento pasivo; %MVC: porcentaje de contracción voluntaria máxima; MAG: actividad eléctrica total durante la tarea; MES: puntuación media de equilibrio; SI: coeficiente de similitud; IKDC: International Knee Documentation Committee; EVA: escala visual analógica.

5.4.1 Parámetros fisioterápicos

- **Dolor:** el dolor se analizó con la escala visual analógica (EVA) en 4 estudios (24-26, 29) en los que en 3 de ellos (24-26) no se obtuvo diferencia en este parámetro entre el grupo intervención y el grupo control. Sin embargo, en un estudio (29) se observó una disminución del dolor no significativa ($p>0,05$).
- **Movilidad:** 4 estudios (25, 26, 28, 29) examinaron la movilidad de rodilla entre ambos grupos midiendo el rango de movimiento (ROM). En los estudios de (26,28) no se apreciaron cambios en el rango de movimiento ni activo ni pasivo y en el realizado por (29) no se apreció cambios en el ROM de extensión de rodilla, sin embargo, sí que hubo un aumento no significativo ($p>0,05$) en el ROM de flexión. Por otro lado, un estudio (25) evaluó este parámetro y dedujo un aumento de este.
- **Funcionalidad:** 6 manuscritos (22-26, 28) evaluaron la función de la rodilla de diferentes maneras, pero todos ellos encontraron un aumento de la función en el GI con respecto al GC. 3 estudios (22, 25, 28) evaluaron este parámetro mediante cuestionarios de función como son el Lysolm scale (22, 25, 28) y el IKDC (25). Uno de ellos (28) mostró un aumento significativo en la Lysolm scale

($p < 0,05$) y en los otros dos también aumentó, pero no de manera significativa. Los otros 3 artículos valoraron la función de diferente forma, Hajouj et al. (23) utilizó el coeficiente de similitud de las dos piernas, pasando de sentado a de pie, de pie y de pie a sentado, en las tres fases se dio un aumento de este coeficiente de manera significativa ($p < 0,05$). El último estudio (26) se sirvió de la prueba de “6 minutos marcha” para evaluar la función, y obtuvo un aumento en la mejora de resultados para esta prueba no significativa ($p > 0,05$).

- **Fuerza:** fue evaluada principalmente la fuerza en flexión y extensión de rodilla, así como la actividad eléctrica muscular y la contracción voluntaria máxima de los músculos involucrados en la movilidad de la rodilla. 6 estudios (21-23, 26, 28, 29) fueron los encargados en examinar la fuerza. Con respecto a la actividad eléctrica total realizando la tarea (23) se pudo deducir un aumento significativo ($p < 0,05$) de esta en las 3 fases de la tarea: de sentado a de pie, de pie y de pie a sentado. Otro estudio (21) midió el mismo parámetro durante la marcha y se observó un aumento significativo ($p < 0,05$) en dos fases de la marcha para músculos tanto flexores como extensores de rodilla. 4 estudios (22, 26, 28, 29) fueron los encargados analizar la fuerza en flexión y extensión, dos de ellos (22, 26) concluyeron con un incremento de la fuerza de la musculatura extensora de manera significativa ($p < 0,05$) y solo uno (26) dedujo un aumento significativo en la fuerza de la musculatura flexora, sin embargo (28) también llegó al resultado que mostraba un aumento significativo en el pico de troque de flexión isocinética. En otro estudio (29) se pudo observar un aumento de la fuerza en flexión y extensión, pero esta vez de manera no significativa ($p > 0,05$).
- **Estabilidad:** fue evaluada en 4 estudios (22, 24, 26, 27), unos examinaron la propiocepción y otros el equilibrio. 3 estudios (22, 24, 26) observaron una mejora en la propiocepción, en dos de ellos fue significativa ($p < 0,05$) (22,24) y en otro no ($p > 0,05$) (26). Con respecto al equilibrio, se midieron la estabilidad a una pierna (22), la puntuación media de equilibrio (MES) (24) y la tasa de error de aterrizaje (27) en 3 estudios diferentes. En los dos primeros parámetros no hubo diferencias entre los grupos, pero sí que hubo un descenso de la tasa de error de aterrizaje en el GI con respecto al GC.

6. DISCUSIÓN:

El propósito de esta revisión sistemática ha sido evaluar de forma crítica la eficacia de un programa de entrenamiento rehabilitatorio en medio acuático (GI) en comparación con los protocolos de ejercicios estándar en tierra firme (GC) en los diferentes parámetros fisioterápicos afectados tras una reconstrucción de LCA en pacientes adultos físicamente activos. Para poder llevar a cabo esta revisión se seleccionaron 9 estudios (21-29) que cumplieron los criterios de inclusión propuestos para esta investigación. De forma general, se ha observado que los programas acuáticos propician una mejora significativa de parámetros como la fuerza, la propiocepción y la funcionalidad de la rodilla. Sin embargo, hay otros parámetros como el dolor o la movilidad en los que no se ha observado una mejora sustancial considerable con respecto al tratamiento convencional. No se describen efectos adversos para la terapia acuática, por lo que este tipo de rehabilitación es una terapia segura.

6.1 Parámetros fisioterápicos

Los diferentes estudios evaluados (21-29) han encontrado en la rehabilitación en medio acuático para LCA un programa de reacondicionamiento diferente, seguro y eficaz debido a las propiedades intrínsecas del agua, que propician una mayor producción de fuerza y una mayor tasa de desarrollo de la fuerza en la misma cantidad de tiempo con menos impacto y, por lo tanto, pueden ofrecer una alternativa viable a los ejercicios tradicionales. Los beneficios de este tipo de ejercicio incluyen un modo de ejercicio que se puede realizar sin comprometer la velocidad y reducir el potencial de lesiones articulares (30).

En este caso si comenzamos hablando del dolor, de los 4 estudios evaluaron el dolor (24, -26, 29), un estudio (29) obtuvo una disminución sustancial de este, pero los demás estudios (24-26) no encontraron diferencias en el GI con respecto al GC. Esto puede deberse a que la evaluación se llevó a cabo por una escala subjetiva, sin embargo, el agua en movimiento, cuya velocidad puede graduarse, produce un efecto de masaje (hidromasaje) de intensidad graduable, que añade el efecto de presión y masaje a los efectos térmicos y mecánicos de la inmersión. La agitación creada actúa como una fuente de estimulación mecánica de los receptores cutáneos, lo que explica su acción sedativa y analgésica (31).

Otro factor para tener en cuenta y uno de los que más se evalúa y se incide en él es la movilidad que fue mediada mediante el ROM o PROM, se midió en 4 ensayos (25, 26, 28, 29) y en dos de ellos (25,29) se puede ver una mejora de este, aunque en uno de ellos la mejora solo fue en el ROM de flexión de rodilla (29). El medio acuático por sí solo no nos va a ayudar a la ganancia de movilidad, pero si lo combinamos con movilizaciones de forma pasiva beneficiándose de la flotación y del efecto analgésico y relajante muscular que aporta el calor del agua, estos ejercicios permiten el mantenimiento o mejoría de la amplitud articular. Y de forma activa, ayudada por la presión hidrostática, o resistida, por los factores de resistencia hidrodinámica. Se utilizan para conservar o recuperar la movilidad articular y para ejercitar los músculos (31).

Siguiendo a la movilidad, nos encontramos unos de los factores más importantes y que mayor trabajo requieren que es la fuerza, pero también es una de las principales capacidades que se pierde en pacientes sometidos a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior, por lo que es una prioridad durante el periodo de rehabilitación en fisioterapia (32). La ganancia de fuerza es esencial para mejorar la estabilidad de la rodilla, controlar los movimientos, facilitar el retorno a la actividad deportiva y prevenir lesiones secundarias. Es un componente clave en el proceso de recuperación y ayuda a los pacientes a recuperar su función y rendimiento óptimos para la vuelta al deporte (32). Por todo esto la fuerza fue evaluada en 6 estudios (21-23, 26, 28, 29) principalmente se midieron la fuerza de flexión y extensión de rodilla de diferentes maneras, ya sea usando actividad eléctrica de los músculos u otras formas como la dinamometría o el pico de torque. En todos los estudios (21-23, 26, 28, 29) la fuerza aumentó y en 3 de ellos (23, 26, 28) el aumento de la fuerza fue significativo ($p<0,05$). Es probable que este aumento de la fuerza se deba a la mayor resistencia al movimiento creada por la fuerza de arrastre, lo que suele ocurrir en cualquier movimiento en el medio acuático y especialmente con movimientos rápidos como los saltos realizados al máximo esfuerzo (30).

Es cierto que la fuerza muscular y los músculos son elementos que dan solidez a la articulación de la rodilla, pero hay otros elementos que influyen en la estabilidad, y esta ha sido evaluada en nuestra revisión mediante diferentes parámetros, como se puede ver en la tabla 6, hay 2 principales grupos, unos pertenecientes a la propiocepción y otros correspondientes al equilibrio (MES, tasa de error de aterrizaje), que fueron medidos en 4 estudios (22, 24, 26, 27). La evidencia disponible sugiere que la reconstrucción del LCA disminuye la retroalimentación somatosensorial y el funcionamiento propioceptivo, que son vitales para el posicionamiento adecuado de las articulaciones y el control del movimiento (33). Debido a la presión hidrostática y las propiedades de viscosidad del agua, el entrenamiento propioceptivo en el medio acuático puede ser más beneficioso para la provisión de retroalimentación sensorial, en comparación con los que se sienten en el entrenamiento en tierra (34). Todos los estudios que evaluaron la propiocepción (22, 24, 26) concluyeron en una mejora de esta, y en dos de ellos (22, 24) la mejora fue significativa ($p<0,05$).

Una vez vistos todos los parámetros anteriores nos queda por comentar el último, la funcionalidad, que es de los parámetros más importantes ya que condiciona la calidad de vida del paciente, y a su vez es el parámetro más global que encontramos ya que dentro de este se encuentran todos los demás, debido a que si los anteriores parámetros comentados no se encuentran en un rango óptimo, la funcionalidad de la rodilla va a ser deficiente. La funcionalidad fue evaluada en 6 estudios, (22-25, 28) ya sea mediante cuestionarios o pruebas. En todos los estudios se obtuvo una mejora notable y en dos de ellos (23, 28) de manera significativa ($p<0,05$).

6.2 Métodos de aplicación y formas de intervención

Teniendo en cuenta las diferentes formas de intervención para una rehabilitación de ligamento cruzado anterior realizadas en los ensayos analizados (21-29) y los resultados obtenidos, se propone el desarrollo de un protocolo de rehabilitación global con el objetivo de guiar la clínica en los diferentes centros y profesionales encargados de devolver la funcionalidad al paciente. Podemos diferenciar 3 partes en la rehabilitación de esta lesión. Tras la cirugía se crean ciertas heridas abiertas que no pueden entrar en contacto con el agua, pero es fundamental que desde el día 1 tras la intervención se comience con ejercicios tanto isométricos como algún dinámico para la musculatura anterior y posterior del muslo, así como la aplicación de hielo, para la fuerza, la movilidad, el dolor y la inflamación.

Cuando las heridas hayan cicatrizado, mas menos hacia la semana 2, es el momento de la terapia acuática, ya que como hemos comentado en la discusión, este tipo de terapia disminuye el impacto y la carga se puede realizar con prontitud estimulando la ganancia de fuerza, propiocepción, movilidad y función. La intervención en el agua la podríamos dividir en dos partes, una inicial de calentamiento realizando bicicleta o cinta rodante acuática y después pasaríamos a ejercicios analíticos como sentadillas, diferentes formas de deambulaciones, subir y bajar escalones, movilidad global de la cadera, flexión y extensión de rodilla, entre otros. Tras esto, realizaremos una vuelta a la calma, como hemos realizado el calentamiento, con un tapiz rodante o un cicloergómetro acuáticos a baja intensidad. La duración de las sesiones será de entre 45 minutos y 1 hora y 3 días a la semana, además del trabajo realizado por el paciente en su domicilio. Mientras se realiza la terapia acuática, no hay que dejar de lado la rehabilitación convencional y seguir progresando y aplicando los progresos en el agua en tierra firme, ya sea en la camilla con nosotros o en su casa mediante el ejercicio prescrito en carga parcial.

La ultima fase seria aquella en la cual el paciente ya ha ganado la suficiente fuerza, funcionalidad, estabilidad y movilidad, y que la carga en tierra firme ya no supone un obstáculo ni un problema para la progresión. Es por ello que continuar la terapia acuática no tendría sentido ya que no le va a proporcionar más beneficios y lo que necesita, es la realización de todas las actividades en piscina, pero esta vez ya en el medio en el que va a realizar su vida, para seguir avanzando en la rehabilitación.

6.3 Limitaciones y fortalezas

Esta revisión sistemática presenta algunas limitaciones, por lo que es importante interpretar los resultados de manera cuidadosa. En primer lugar, el número de estudios seleccionados que cumplieron los criterios de inclusión fue limitado pese al enfoque sistemático siguiendo el método PRISMA (17) y realizar la búsqueda en 4 bases de datos, PubMed, PEDro, Semantic scolar y Biblioteca Cochrane. Además, se utilizó la escala PEDro (19) y el formulario de McMaster (20), con el objetivo de garantizar que los estudios seleccionados cumplieran los criterios de calidad mínimos e incluyeran varios resultados utilizados comúnmente en la investigación sobre la rehabilitación y

recuperación veloz y eficaz del elemento intervenido. Bien es cierto que una estrategia de búsqueda más extensa podría haber proporcionado una cantidad y unos resultados de estudios diferentes. Dicho esto, es probable que no se hayan identificados todos los estudios existentes relevantes para esta revisión.

En segundo lugar, podemos encontrar en los estudios incluidos limitaciones en cuanto al diseño del estudio, el cegamiento de terapeutas y pacientes, solo hay un estudio (28) que utilizó la técnica de doble ciego. Aparte de esto, existe una amplia heterogeneidad entre los protocolos de ejercicios realizados en el medio acuático, el tiempo de intervención y la cantidad de sesiones semanales, además de la fecha de inicio de los protocolos de rehabilitación acuática o convencional. Debido a la variabilidad de los protocolos y ejercicios realizados en los diferentes estudios, es necesario realizar más investigaciones para llegar a un consenso y decidir cual es el protocolo de ejercicios acuáticos más eficaz para la rehabilitación postoperatorio de LCA que mejore los parámetros de dolor, movilidad, función fuerza y estabilidad. Por otro lado, los ensayos incluidos presentan tamaños de muestras muy diferentes y en general, de corta extensión, las muestras son heterogéneas y en algunos casos no se proporcionan datos demográficos detallados. Por último, las características de la profundidad y temperatura del agua también son datos que en varios estudios no se muestran y que pueden interferir en los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta las limitaciones planteadas, hay que tener cuidado a la hora de interpretar los resultados y se sugiere que se realicen más investigaciones de este tipo para tener un abordaje amplio del beneficio del trabajo acuático, abordar las limitaciones planteadas y obtener una comprensión más sólida y segura de los efectos y beneficios de la rehabilitación acuática en la clínica y en el ámbito deportivo para la pronta y eficaz recuperación de la lesión.

7. CONCLUSIONES

Se describen las siguientes conclusiones para la eficacia comparativa de una rehabilitación de fisioterapia en medio acuático frente a un protocolo de rehabilitación estándar en tierra firme:

- Tanto el tratamiento convencional como el acuático tienen un potencial para disminuir el dolor postcirugía, siendo ligeramente superior la eficacia del tratamiento acuático debido a las propiedades del agua.
- No existe una diferencia significativa para la ganancia de movilidad entre los dos grupos evaluados
- Los estudios evaluados observaron una mejora significativa ($p < 0,05$) de la funcionalidad de la rodilla en los pacientes que fueron asignados en el grupo intervención.
- La mejora de la fuerza fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en la intervención en medio acuático esencialmente en las fases iniciales.
- La propiocepción se potencia de manera significativa con la terapia acuática, por lo tanto, la estabilidad de la articulación también aumentará.

- La rehabilitación en medio acuático es una estrategia efectiva para una pronta recuperación y anterior vuelta al deporte del paciente.
- Se requiere una mayor estandarización de los protocolos estudiados, así como un consenso del tiempo de aplicación y el inicio del tratamiento en este tipo de terapias para poder obtener el mayor rendimiento y recuperación de la rehabilitación acuática.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Mangine RE, Minning SJ, Eifert-Mangine M, et al. Management of the patient with an ACL/MCL injured knee. *N Am J Sports Phys Ther.* 2008; 3:204-211.
2. Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2011; 19: 82–92.
3. Forriol F, Maestro A, Vaquero Martín J. El ligamento cruzado anterior: morfología y función. *Trauma Fund MAPFR.* 2008; 19: 7- 18.
4. Piziali RL, Seering WP, Nagel DA, et al. The function of the primary ligament of the knee in anterior-posterior and medial-lateral motion. *J Biomech* 1980; 13:777-784.
5. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, et al. Stiff landings, core stability, and dynamic knee Valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18: 3826.
6. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Lesiones del ligamento cruzado anterior en atletas femeninas: Parte 1, mecanismos y factores de riesgo. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 299-311.
- 7 Shimokochi Y, Shultz SJ. Mecanismos de lesión del ligamento cruzado anterior sin contacto. *J Athl Train.* 2008; 43: 396-408.
- 8 Zamarioli A, Pezolato A, Mieli E, et al. The significance of water rehabilitation in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Physiotherapy Quarterly.* 2008; 16: 3-6.
- 9 Sayed, S. (2016). Effectiveness of Accelerated Rehabilitation for Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction in Football Players. *IPMRJ.* 2016; 4: 1-5.

- 10 Tovin B, Wolf S, Greenfield B, et al. Comparison of the effects of exercise in water and on land on the rehabilitation of patients with intra-articular anterior cruciate ligament reconstructions. *Physical Therapy*. 1994; 74: 710-719.
- 11 Momberg B, Louw Q, Crous L. Accelerated hydrotherapy and land-based rehabilitation in soccer players after anterior cruciate ligament reconstruction: a series of three single subject case studies. *S. Afr. J. Sports Med*. 2008; 20: 109 - 114.
- 12 Buckthorpe M, Pirotti E, Villa FD. Benefits and use of aquatic therapy during rehabilitation after acl reconstruction -a clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther*. 2019; 14: 978-993.
- 13 Severin A, Burkett BJ, McKean MR, et al. Biomechanical aspects of aquatic therapy: A literature review on application and methodological challenges. *J. Fit. Res*. 2016; 5: 48-62.
- 14 Martín S. Beneficios de la terapia acuática en la recuperación tras lesiones deportivas: Ligamento cruzado anterior. Revisión sistemática. Grado, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid. 2017; 12.
- 15 Agraz J, Martínez-Frígols V. Beneficios del ejercicio físico acuático en la readaptación de la lesión de ligamento cruzado anterior. *RIAA*. 2017; 1: 33-39.
- 16 Miguel BM. Beneficios del ejercicio físico preoperatorio en la lesión de ligamento cruzado anterior. *NeuroRehab*. 2020.
- 17 Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009; 6: e1000097.
- 18 Brown P, Brunnhuber K, Chalkidou K, et al. How to formulate research recommendations. *BMJ*. 2006; 333: 804–806.
- 19 Moseley AM, Elkins MR, Van der Wees PJ, et al. Using research to guide practice: The Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Braz. J. Phys. Ther*. 2020; 24: 384–391.
- 20 Law M, Stewart D, Letts L, et al. Guidelines for Critical Review of Qualitative Studies; McMaster University Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group: Hamilton, ON, Canada, 1998; 1–9.

- 21 So BC-L, Kwok M-Y, Chan Y-L, et al. Lower-limb muscle activity during aquatic treadmill running in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehabil.* 2022; 31: 894–903.

- 22 Li D, Zhang Q, Liu X, et al. Effect of water-based walking exercise on rehabilitation of patients following ACL reconstruction: a prospective, randomized, single-blind clinical trial. *Physiotherapy.* 2022; 115: 18–26.

- 23 Hajouj E, Hadian MR, Mir SM, et al. Motor control changes after innovative aquatic proprioceptive training in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: Voluntary response index analysis. *Arch Neurosci.* 2021; 8.

- 24 Hajouj E, Hadian MR, Mir SM, et al. Effects of innovative aquatic proprioceptive training on knee proprioception in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial. *Arch Bone Jt Surg.* 2021; 9: 519-526.

- 25 Pipino G, Tomasi E, Mardones R, et al. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: Dry land vs aquatic rehabilitation. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2023; 13: 421.

- 26 Peultier-Celli L, Mainard D, Wein F, et al. Comparison of an innovative rehabilitation, combining reduced conventional rehabilitation with balneotherapy, and a conventional rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. *Front Surg.* 2017; 4: 61.

- 27 Shahidi M, Minoonejad H, Rajabi R, et al. Effect of eight weeks of selected aquatic exercises on landing error in male athletes prone to anterior cruciate ligament damage. *SJRM.* 2019; 8: 109-118.

- 28 Tovin BJ, Wolf SL, Greenfield BH, et al. Comparison of the effects of exercise in water and on land on the rehabilitation of patients with intra-articular anterior cruciate ligament reconstructions. *Phys Ther.* 1994; 74: 710–9.

- 29 Zamarioli A, Pezolato A, Mieli E, et al. The significance of water rehabilitation in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Physiotherapy.* 2008;16: 3.

- 30 Triplett NT, Colado JC, Benavent J, et al. Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41:1790–1796.

- 31 Natalia Batista M, Mottillo Andrés Panasiuk E. Material de Apoyo a la Asignatura Kinesiterapia (I) Hidroterapia. 2008; 12.

- 32 Buckthorpe M, La Rosa G, Villa FD. Restoring knee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction: a clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther.* febrero de 2019; 14: 159-72.
- 33 Fleming JD, Ritzmann R, Centner C. Effect of an anterior cruciate ligament rupture on knee proprioception within 2 years after conservative and operative treatment: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med.* 2022; 52: 1091–102.
- 34 Genuario SE, Vegso JJ. El uso de una piscina en la rehabilitación y reacondicionamiento de lesiones deportivas. *Contemp Orthop.* 1990; 20: 381–387.