
***EFFECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS DE
REHABILITACIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO
ANTERIOR: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y
PROPUESTA DE TRATAMIENTO.***



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA 2017/2018

CONVOCATORIA: MAYO

AUTOR: ANE MARTÍNEZ GOENAGA

DIRECTOR: MIKEL IZQUIERDO REDÍN

RESUMEN

Antecedentes: La rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones más frecuentes entre los deportistas de élite. La rehabilitación que incluye el entrenamiento de fuerza, el entrenamiento pliométrico y el control postural parece ser la más eficaz para la recuperación tras una reconstrucción de LCA.

Objetivo: Valorar y evidenciar la eficacia de los diferentes tipos de entrenamientos que son utilizados en la actualidad en la rehabilitación del LCA.

Metodología: Revisión bibliográfica y propuesta de tratamiento realizada tras consultar las bases de datos PEDro, PubMed, Science Direct y Web of Science.

Resultados: Se muestra que los entrenamientos de fuerza y capacidad de salto analizados tienen efectos beneficiosos y resultan efectivos en la rehabilitación del LCA. Destacan la mejora de la fuerza muscular en cadena cinética abierta y la disminución de los patrones aberrantes en el salto. En el entrenamiento de control postural los resultados no son significativos.

Conclusión: Se ha observado que la efectividad de los tratamientos aumentaría si se realizasen conjuntamente, de manera que se trabajen todos los aspectos en un mismo entrenamiento. Aun así, se requiere más investigación para evaluar los resultados obtenidos a largo plazo.

Palabras clave: "lca", "fuerza", "pliometría", "control postural".

Número de palabras: 14.570

ABSTRACT

Background: The rupture of the anterior cruciate ligament (ACL) is one of the most frequent injuries among elite athletes. Rehabilitation that includes strength training, plyometric training and postural control seems to be the most effective for recovery after an ACL reconstruction.

Objective: The main of this research is to asses and demonstrate the effectiveness of the different types of training that are actually used in the ACL rehabilitation.

Methods: After researching in databases such as PEDro, PubMed, Science Direct and Web of Science, a bibliographic review and treatment proposal was carried out.

Results: It is shown that analysed strength and jump capacity training have beneficial effects and are effective in ACL rehabilitation. They emphasize the improvement of the muscular force in open kinetic chain and decrease of the patterns that increase the risk of injury in the jump. In postural control training the results are not significant.

Conclusion: It has been observed that the effectiveness of the treatments would increase if they were worked in together, so that all the aspects are worked on in the same training. Even so, more research is required to evaluate the results obtained in the long term.

Key words: "*acl*", "*strength*", "*plyometrics*", "*postural control*".

Number of words: 14.570

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

LCA: Ligamento cruzado anterior

RLCA: Reconstrucción del ligamento cruzado anterior

HT: Tendón del músculo isquiotibial

BPTB: Hueso-tendón rotuliano-hueso

OA: Osteoartritis

PL: Posterolateral

AM: Anteromedial

LCP: Ligamento cruzado posterior

GRF: Fuerza de reacción del suelo

CRP: Proteína C reactiva

OKC: Cadena cinética abierta

EOKC: Cadena cinética abierta temprana

LOKC: Cadena cinética abierta tardía

HRT: Entrenamiento de fuerza con altas cargas

LRT: Entrenamiento de fuerza con cargas bajas

MVIC: Contracción voluntaria máxima

EMG: Electromiografía

VOL-VAST: Volumen muscular de los tres vastos del cuádriceps

VOL-RF: Volumen muscular del recto femoral

sCPII: Concentraciones séricas del propéptido C-terminal de colágeno tipo II formado

LSI: Índice de simetría del miembro inferior

WBV-OF: Protocolo de vibración a la frecuencia óptima

TRP: Programa de rehabilitación tradicional

ROM: Rango de movimiento

MTS: Rigidez musculo-tendinosa

CoP: Centro de masas

CPM: Movimiento pasivo continuo

WB: Carga de peso

NWB: Sin carga de peso

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Anatomía y biomecánica del LCA	2
1.2.	Mecanismo de lesión del LCA	3
1.3.	Factores de riesgo	4
1.4.	Complicaciones de la RLCA	8
2.	OBJETIVOS.....	11
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	13
3.1.	Fuentes y búsqueda de datos	13
3.2.	Estrategia de búsqueda.....	13
3.3.	Criterios de inclusión y exclusión	14
3.4.	Calidad metodológica	15
4.	RESULTADOS	19
4.1.	Fuerza muscular	19
4.2.	Capacidad explosiva de salto.....	21
4.3.	Control postural	22
5.	DISCUSIÓN	33
6.	CONCLUSIONES.....	39
7.	PROPUESTA TEÓRICA DE TRABAJO.....	41
7.1.	Introducción	41
7.2.	Objetivos.....	43
7.3.	Algoritmo de tratamiento.....	44
7.4.	Valoración del tratamiento.....	47
7.5.	Ejercicios propuestos	49
7.6.	Guía de tratamiento.....	57

8.	AGRADECIMIENTOS	63
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	65
10.	ANEXOS.....	71

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, las lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) han sido de las más frecuentes en los atletas de élite(1,2). Es una lesión común en los deportes que requieren acciones como correr, saltar, pivotar y realizar movimientos rápidos de cambios de dirección, lo que genera importantes demandas en la rodilla, y por supuesto, en el LCA. Estos movimientos se dan mayoritariamente en deportes de equipo como el balonmano, baloncesto, volleyball y fútbol sala, ya que requieren acciones rápidas y explosivas, o en el fútbol, donde predominan los movimientos de cambios de dirección de gran amplitud(1,3).

La reconstrucción quirúrgica de LCA ha sido una de las soluciones más utilizadas en el ámbito deportivo durante las últimas décadas, debido en parte, al aumento de la población que ha comenzado a realizar ejercicio físico. El deseo y las ganas del atleta de volver a jugar después de una lesión de LCA es un indicador muy importante para la cirugía de RLCA(4). Esta intervención se realiza 4-8 semanas después de la lesión, una vez establecido el rango completo de movimiento y no haya presencia de hinchazón articular(4).

Se utilizan diferentes tipos de injertos para la RLCA. Los más utilizados son los injertos de los tendones isquiotibiales (HT) (sobre todo recto interno y semitendinoso) y el injerto del tendón rotuliano (BPTB) (mediante el método hueso-tendón-hueso)(5). Basándonos en la evidencia disponible, se puede observar en las pruebas postoperatorias, que el déficit de fuerza en el cuádriceps es significativamente mayor en los injertos de BPTB (6), mientras que el déficit de fuerza de isquiotibiales es mayor en los injertos de HT. A su vez, los injertos isquiotibiales no son tan fuertes como los injertos rotulianos durante los primeros 2-3 meses(7), por lo que las cargas de trabajo de las RLCA con injerto rotuliano podrán realizarse de manera más precoz.

En este tipo de lesiones es característica la inestabilidad articular que conlleva una disminución de la actividad física, una función insatisfactoria de la rodilla y una peor calidad de vida. De la misma manera, se asocia con un mayor riesgo de osteoartritis (OA), que causa dolor, inflamación y una disminución en el movimiento de la articulación.

1.1. Anatomía y biomecánica del LCA

Los ligamentos cruzados de la rodilla influyen sobre la posición de las superficies articulares, la dirección y magnitud de las fuerzas y, de forma indirecta, sobre la distribución de las tensiones articulares(8). El LCA controla el movimiento anterior de la tibia e inhibe los rangos excesivos de rotación tibial. El LCA consiste en un paquete posterolateral (PL) y un paquete anteromedial (AM), nombrados en función de su inserción tibial. Estos paquetes se originan en la parte posteromedial del cóndilo femoral externo y se insertan en la parte anterior de la eminencia tibial intercondílea. El LCA está compuesto por fibras de colágeno tipo I y contiene varios tipos de mecanorreceptores en su interior (corpúsculos de Ruffini, corpúsculos de Paccini, y las llamadas terminaciones libre)(5,8).

El LCA es el responsable de evitar el deslizamiento de la tibia hacia delante durante la flexión, mientras que, en la extensión, es el LCP el que se encarga de evitar el deslizamiento de la tibia hacia atrás respecto al fémur(9). El LCA se tensa durante la flexo-extensión de la rodilla y actúa limitando la hiperextensión de la rodilla y, previniendo al deslizamiento posterior del fémur sobre la meseta tibial. Además, evita la rotación excesiva de la tibia sobre el fémur y contribuye en la estabilidad varo-valgo de la rodilla junto a los ligamentos colaterales(5).

El LCA está dividido en diferentes fascículos que tiene una funcionalidad distinta en la estabilidad de la articulación de la rodilla, dependiendo en los grados en los que se encuentre(10). Los fascículos se nombran en función de la inserción que tienen en la tibia (Figura 1), como se ha comentado anteriormente.

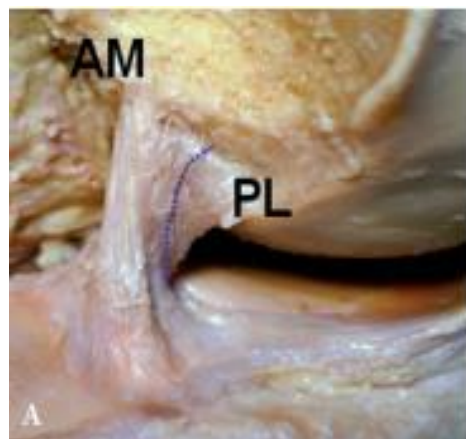


Figura 1: Fascículos del LCA(5)

Cuando la rodilla se encuentra en extensión, los dos fascículos se disponen paralelamente y en tensión, estando el fascículo PL más tenso que el AM. Este fenómeno ocurre hasta los 45° de flexión. A partir de los 90° de flexión, las fibras que se encuentran más en tensión son las AM, mientras que las PL se relajan. Es decir, en extensión se tensa el fascículo PL y se relaja el AM; y en la flexión ocurre lo contrario(11). Además, el fascículo PL es el encargado de controlar la rotación interna de la rodilla.

1.2. Mecanismo de lesión del LCA

El LCA es el mayor estabilizador estático de la translación anterior de la tibia respecto al fémur, resistiendo hasta un 86% de la fuerza total del estiramiento anterior(7). Dependiendo de la fase de movimiento en que se encuentre la rodilla, actuará una porción u otra del LCA para estabilizar la articulación: la parte anteromedial se tensa a 90° de flexión, mientras que la parte posterolateral se vuelve rígida cerca de la extensión completa.

La máxima resistencia a la tensión que soporta el LCA es aproximadamente $1,725 \pm 270\text{N}$, que es menor que la fuerza máxima que se ejerce en actividades de alta intensidad. Los estabilizadores dinámicos, como son los músculos, aplican una fuerza a través de la rodilla para mejorar la estabilidad de la misma(12). Además, el LCA tiene una gran función propioceptiva, debido a la variedad de mecanorreceptores y terminaciones nerviosas libres que contiene. Estas características complejas hacen del LCA una estructura totalmente eficiente para limitar la excesiva tracción anterior de la tibia, así como las rotaciones tibiales y valgo de rodilla, que resultan ser el mecanismo lesional más frecuente(2,13).

El mecanismo lesional del LCA puede darse con contacto o sin contacto (Figura 2). La gran mayoría de las lesiones, alrededor del 70%, son lesiones sin contacto(2), que ocurren como consecuencia de los cambios de dirección, deceleración rápida mientras se ejecuta este movimiento, maniobras de corte combinado con desaceleración, aterrizaje después de un salto, y pivotando sobre el pie estático o movimiento lateral de la extremidad inferior(13).

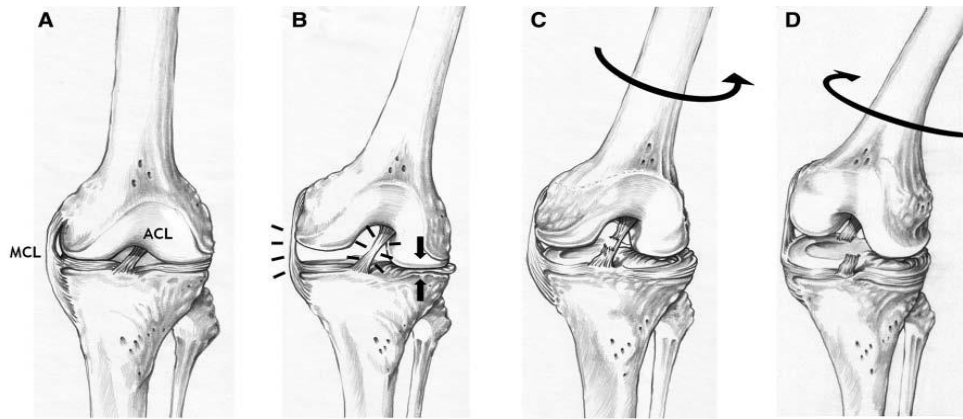


Figura 2: Mecanismo lesional del LCA sin contacto(14).

1.3. Factores de riesgo

Diferentes estudios realizados hasta la fecha han propuesto varias teorías y factores de riesgo que explican el mecanismo de lesión de LCA sin contacto (15). Los factores de riesgo asociadas a las lesiones de LCA pueden clasificarse en extrínsecos e intrínsecos, así como modificables y no modificables.

1. Factores intrínsecos:

a) Anatomía

- Pinzamiento

Se ha propuesto como una posible causa anatómica de la lesión, el pinzamiento del LCA contra el borde medial de la muesca intercondilar, que se encuentra en la parte posterior del cóndilo femoral. Se conoce que la mayoría de las lesiones de LCA se dan con una ligera flexión de rodilla, aunque la compresión también podría darse en hiperextensión, aumentando así probabilidad de descartar que el choque provoca una lesión(15).

- Fuerza del cuádriceps

El cuádriceps es el músculo principal productor de la fuerza de la rodilla, cuando se encuentra en, o cerca de la extensión completa (16). Genera una fuerza compresiva de la articulación tibiofemoral que es mayor que la fuerza anterior del tendón rotuliano(15). Este hallazgo, por lo tanto, apoya la idea de que el empuje anterior del cuádriceps es un factor en la ruptura del LCA ya que favorece la anteriorización de la tibia.

- **Compensación de isquiotibiales**
La estructura que tienen los isquiotibiales imposibilita la protección total(17) del LCA con la rodilla en extensión, lo que hace pensar que contribuye de manera conjunta a las fuerzas de compresión tibiofemoral como a las fuerzas protectoras posteriores, que son menores(15).
- **Fuerzas compresivas**
La evidencia publicada corrobora que la articulación de la rodilla sufre una compresión en el cambio de soporte de peso (de no soportarlo a soportarlo) causando una traslación anterior de la tibia, produciendo así la ruptura del LCA(15). Esto da lugar a pensar que, el factor más importante que conduce a la ruptura del LCA es la fuerza de compresión que actúa sobre la pendiente tibial posterior; que conlleva el desplazamiento posterior del cóndilo femoral sobre la meseta tibial. Esta compresión también puede ser debida tanto a la contracción del cuádriceps como la del isquiotibial, además de una mala absorción de las GRF(15).
- **Patrones de movimiento cinemático de la articulación tibiofemoral**
Se ha observado que en la alineación de las extremidades en la posición lesional (que da lugar a la ruptura del LCA) (Figura 3), la pendiente tibial con respecto al fémur es más vertical(18). Esto produce que el cóndilo femoral contacte con la meseta tibial en su superficie anterior más plana, aumentando al ángulo entre la meseta tibial y el eje femoral, lo que puede promover el desplazamiento tibial anterior y, por tanto, una mayor tensión del LCA(19). Este desplazamiento se favorece debido a que el compartimento medial de la rodilla es más estable que el lateral, ya que se trata de un cóndilo redondo sobre la meseta tibial, cóncava.

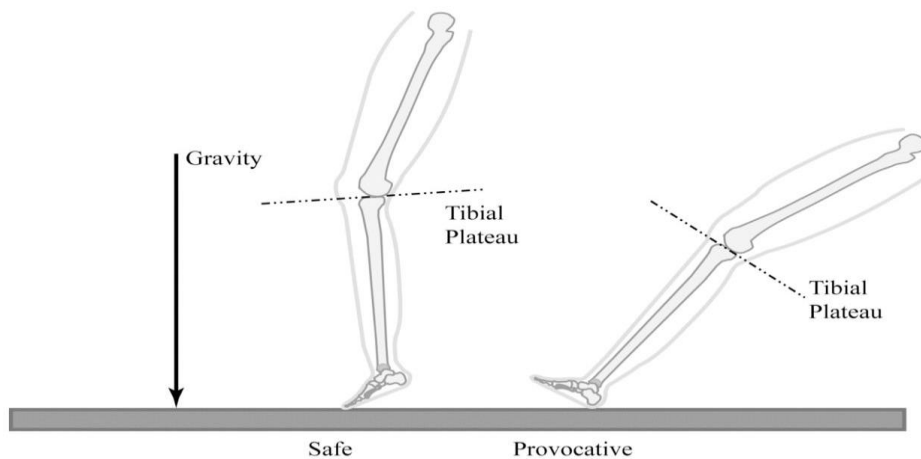


Figura 3: Platillo tibial en la transición de una posición segura a una posición de provocación(15).

- **Valgo de rodilla**
Hay cierta discrepancia acerca del valgo de rodilla en los estudios hasta ahora realizados. Varios estudios argumentan que la rotación en valgo no carga significativamente el LCA y que, por lo tanto, no se asocia con la lesión(20). Por otro lado, hay estudios que indican que el valgo de rodilla en el aterrizaje si se debe considerar factor de riesgo, ya que al corregir mínimamente los grados de valgo, se reduce la carga soportada por el LCA(15).

b) Género y balance hormonal

Las mujeres tienen un mayor riesgo de lesión que los hombres en deportes similares que incluyen saltos, desaceleraciones y movimientos de corte, que se puede ver influenciada por los receptores de progesterona y estrógenos. En estos momentos no hay una respuesta clara acerca del papel que juega el estado hormonal en la práctica deportiva(21), ya que hay estudios que indican un mayor riesgo de lesión en la fase preovulatoria, otros en la fase lútea y durante la menstruación.

2. Factores extrínsecos

La predisposición genética ha sido estudiada últimamente, encontrando que los sujetos con rotura del LCA tienen el doble de probabilidad de tener un pariente también con rotura del LCA. En las mujeres, se ha observado que existen varios genes involucrados con la codificación del colágeno tipo I, V y XII, y la metaloproteinasa de la matriz, asociándolos con un mayor riesgo de ruptura de LCA(21).

En cuanto a los factores extrínsecos modificables, incluyen el entorno el que se practica el deporte, el equipamiento, el nivel de competición y el tipo de deporte.

Podemos decir que las lesiones de LCA ocurren con mayor frecuencia en los siguientes deportes: fútbol, baloncesto, balonmano, gimnasia, esquí alpino y volleyball (Figura 4).

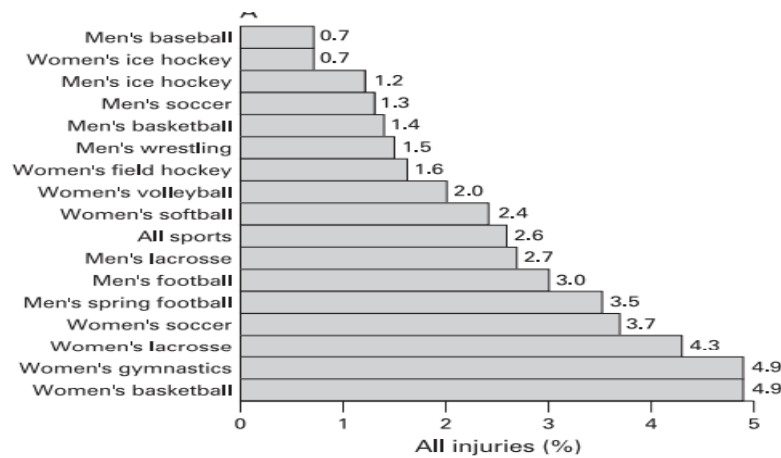


Figura 4: Lesión de LCA expresado como % de todas las lesiones(22)

La tasa de incidencia de lesión del LCA es mayor en el balonmano, comparado con otros deportes de equipo como pueden ser el baloncesto, fútbol y volleyball. En el caso del esquí, los esquiadores recreacionales tienen mayor incidencia de lesión comparándolo con esquiadores expertos(22).

El tipo de superficie de juego y el tipo de calzado son los factores ambientales más importantes(21). En deportes interiores, hay mayor riesgo de lesión en aquellos deportistas que juegan sobre suelo sintético, que los que juegan sobre madera. En los deportes al aire libre, en cambio, el hecho de jugar en hierba natural tiene menor riesgo que hacerlo en hierba artificial. En cuanto al calzado, se asocia con una mayor tasa de lesiones de LCA los zapatos que generan una mayor resistencia a la torsión en el suelo; en el caso del fútbol, las botas con un mayor número de tacos, y una mayor altura de los mismos.

En cuanto a la superficie de juego, la fricción que genera el parqué de los deportes que se practican en instalaciones cubiertas, puede mejorar la tracción y el rendimiento deportivo. Sin embargo, también aumenta el riesgo de lesión por la torsión que genera en la rodilla(22,23). Actualmente existen pocos estudios sobre los aparatos protectores en las lesiones de LCA, y parece ser que los resultados obtenidos en esquiadores expertos con lesiones repetidas de rodilla no son concluyentes(22).

1.4. Complicaciones de la RLCA

El creciente aumento del número de lesiones deportivas hace que las RLCA ocupen una gran proporción de los procedimientos quirúrgicos diarios. El objetivo principal de esta cirugía es prevenir la inestabilidad de la rodilla, ya que puede progresar a una ruptura meniscal y a la condropatía, y esta a su vez a una OA temprana(24). La laxitud de la plastia tras la cirugía ocurre en 1-8% de los pacientes, teniendo una tasa de complicaciones del 25%(25). Por esta razón, la laxitud postoperatoria de rodilla se puede considerar un fallo quirúrgico.

Las complicaciones(26) pueden aparecer de manera temprana debido al procedimiento quirúrgico o la incompleta incorporación del injerto, o pueden desarrollarse más tarde, posiblemente debido a una lesión adicional.

Las complicaciones más comunes de la RLCA descritas hasta ahora son las siguientes:

a) Pinzamiento del injerto

Puede ocurrir como consecuencia del choque entre la parte distal del injerto y la parte anteroinferior de la muesca intercondílea, lo que hace que quede atrapada durante la extensión completa de la rodilla, entre la tibia y el fémur. La causa más común es que el túnel de fijación tibial queda demasiado anteriorizado, enfrente de la intersección de la línea de Blumensaat (línea imaginaria que atraviesa la parte superior de la escotadura intercondílea) y la meseta tibial(24).

b) Ruptura de la plastia

Puede producirse una ruptura parcial o una completa, además de una ruptura espontánea debido a un traumatismo. La ruptura completa de la plastia secundaria a una lesión puede ser por la posición no isométrica del injerto, ya que se expone a grandes fuerzas. También puede ocurrir por un traumatismo en el compartimento lateral del cajón tibial anterior, provocando un derrame articular o una contusión anterior o posterior(27).

c) Artrofibrosis y el Síndrome del cíclope

Es una de las complicaciones más comunes. Implica el desarrollo de tejido fibrótico dentro y alrededor de la membrana sinovial en al menos un compartimento de la articulación. El Síndrome del Cíclope se debe a una fibrosis articular en la parte anterior del espacio intercondíleo, con una afectación del 10% de las personas que se someten a una RLCA(24). Clínicamente produce una extensión limitada o incluso dolor en la rodilla. La prevalencia de fibrosis en las articulaciones es mayor en pacientes que se han sometido a una RLCA 4 semanas después de la lesión y en aquellos que tenían signos de inflamación(27).

d) Quiste en el túnel de fijación

Los primeros 18 meses tras la RLCA es normal observar una pequeña cantidad de líquido en el túnel de fijación del injerto, pudiendo agrandarse de manera moderada(24). El desarrollo de tejido necrótico alrededor de la plastia supone una acumulación de líquido en el túnel(28), formando así un quiste en el túnel. Estos quistes pueden ser dolorosos o asintomáticos, y son más comunes en el túnel femoral que en el túnel tibial. Pueden deberse a una reacción ósea de la persona a los materiales de fijación.

e) Desplazamiento, malposición y fragmentación de los materiales de fijación

Los materiales de fijación del injerto pueden causar complicaciones como, causar fracturas del hueso subyacente, fragmentarse o moverse sobre el espacio articular causando dolor, daño severo a los tendones del cartílago, vasos sanguíneos o nervios(25). Estas complicaciones de ligamentoplastia del LCA se han visto particularmente con alfileres biodegradables.

f) Reacciones inflamatorias y rechazo

Algunos biomateriales utilizados causan una inflamación dentro de las estructuras óseas y tejidos blandos vecinos debido a una reacción inmune, provocada por la producción excesiva de citocinas locales(29). Este proceso puede conducir a la formación de granulomas, haciendo que el hueso se vuelva más frágil y se complique por la fractura. A su vez, los materiales de fijación pueden entrar en contacto con la cintilla iliotibial o tendones, causando fricción, y en los casos más graves, rotura(24).

g) Artritis séptica

La infección postoperatoria es una complicación rara (0,1-0,9%)(27). El signo de advertencia es la combinación entre hinchazón articular y dolor moderado, donde los índices de eritrocitos y CRP siguen siendo elevados después del primer período postoperatorio. Los signos de infección que se pueden observar mediante imágenes son la sinovitis, erosiones óseas, edema periarticular y abscesos(28).

2. OBJETIVOS

El **objetivo principal** de esta revisión es valorar y evidenciar la eficacia de los diferentes tipos de entrenamientos que son utilizados en la actualidad en la rehabilitación del LCA.

Objetivos secundarios:

- Conocer los mecanismos lesionales del LCA y los factores predisponentes.
- Conocer las últimas actualizaciones en cuanto a los protocolos de rehabilitación del LCA.
- Identificar diferentes tipos de entrenamiento basados en ejercicios de fuerza, pliometría y control postural más utilizados para la recuperación de las lesiones de LCA.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Fuentes y búsqueda de datos

Para desarrollar esta revisión sistemática se ha realizado una búsqueda completa en diferentes bases de datos como Medline, PEDro, PubMed, Science Direct, y Web of Science (WOS).

Se ha limitado la búsqueda a artículos que han sido publicados los últimos 5 años, de lengua española o inglesa, y que han sido realizadas únicamente con seres humanos. Las palabras claves utilizadas son las siguientes: "*acl*", "*strength training*", "*plyometric training*" y "*postural programs*"; todas ellas combinadas con los operadores booleanos AND.

3.2. Estrategia de búsqueda

- PubMed

Se ha realizado una exhaustiva búsqueda introduciendo las palabras clave mencionadas, obteniendo un total de 442 artículos. Para poder reducir el número de artículos, se ha hecho uso de los filtros como estudios sólo de los últimos 5 años, que estuviesen únicamente en lengua española o inglesa, y se hubiesen realizado sólo en seres humanos. Tras este cribado, quedaron un total de 346 artículos.

Entonces, se procedió a la lectura de los abstract para poder acotar aún más la búsqueda. Se excluyeron todas las revisiones sistemáticas, aquellos artículos que solamente constasen del abstract y los estudios que no se ajustasen a la temática del trabajo. De esta manera, quedaron 33 artículos disponibles. Se procedió a leer los artículos completos, y se descartaron 21 artículos que no cumplían con los requisitos. Finalmente, se obtuvieron 9 artículos para elaborar la revisión sistemática, y se añadió un artículo debido a su relevancia.

- PEDro

Se ha realizado la misma búsqueda que en la base de datos PubMed, introduciendo todas las palabras claves. De esta manera se han obtenido 45 resultados. Para reducir la búsqueda se aplican los siguientes filtros:

- Body Part: Lower leg or knee
- Method: Clinical Trial

- Published Since: 2013

Tras este cribado, se obtienen 5 artículos que serán leídos. Se decide excluir 3 artículos, ya que son iguales que los encontrados en la base de datos PubMed. Finalmente, se decide añadir a los 2 artículos seleccionados, un estudio realizado en el año 2001 debido a su relevancia y aporte de datos a la revisión. Por lo tanto, son 3 los artículos escogidos de la base de datos PEDro.

- Otras bases de datos

Se ha realizado la misma búsqueda en las bases de datos anteriormente mencionadas en la metodología, pero los artículos encontrados que se ajustaban a los criterios establecidos eran los mismos que se habían encontrado en las bases de datos PubMed y PEDro.

Como conclusión, cabe destacar que para la realización de esta revisión sistemática se han utilizado 13 artículos (Tabla 1).

3.3. Criterios de inclusión y exclusión

a) Criterios de inclusión:

- Los artículos deben ser estudios de intervención, no revisiones sistemáticas.
- Los estudios deben haber sido publicados los últimos 5 años.
- Los estudios tienen que ser publicados en inglés o español.
- Las intervenciones tienen que ser realizadas en seres humanos.
- Los participantes tienen que tener entre 15 y 60 años.
- Los participantes deben presentar lesiones de LCA o RLCA.
- Los estudios pueden realizarse sólo en mujeres, sólo en hombres o mixtos.

b) Criterios de exclusión:

- Lesiones bilaterales de LCA.
- Lesiones en la pierna contralateral en los últimos 6 meses.
- Lesiones neurológicas, reumatológicas o traumáticas.
- Enfermedades cardiovasculares, respiratorias, metabólicas y renales.
- Embarazadas.
- Lesiones de otras articulaciones o estructuras que afecten a la rodilla: lesiones meniscales, OA o fractura intrarticular.

3.4. Calidad metodológica

Para evaluar la calidad de los ECAs obtenidos para la revisión, se ha utilizado la escala PEDro. Esta escala mide la credibilidad o validez interna de los estudios, es decir, si contiene suficiente información estadística para hacerlo interpretable.

Se ha utilizado un estudio de cohortes y otro de casos y controles que, al no ser estudios experimentales, no se le puede pasar la escala PEDro (Tabla 2).

También se ha analizado el factor de impacto de las revistas en las que se han publicado los artículos (Anexo 1). Es decir, se ha medido la repercusión que han obtenido las revistas en la comunidad científica, evaluando su importancia dentro de un mismo campo científico.

Diagrama de flujo

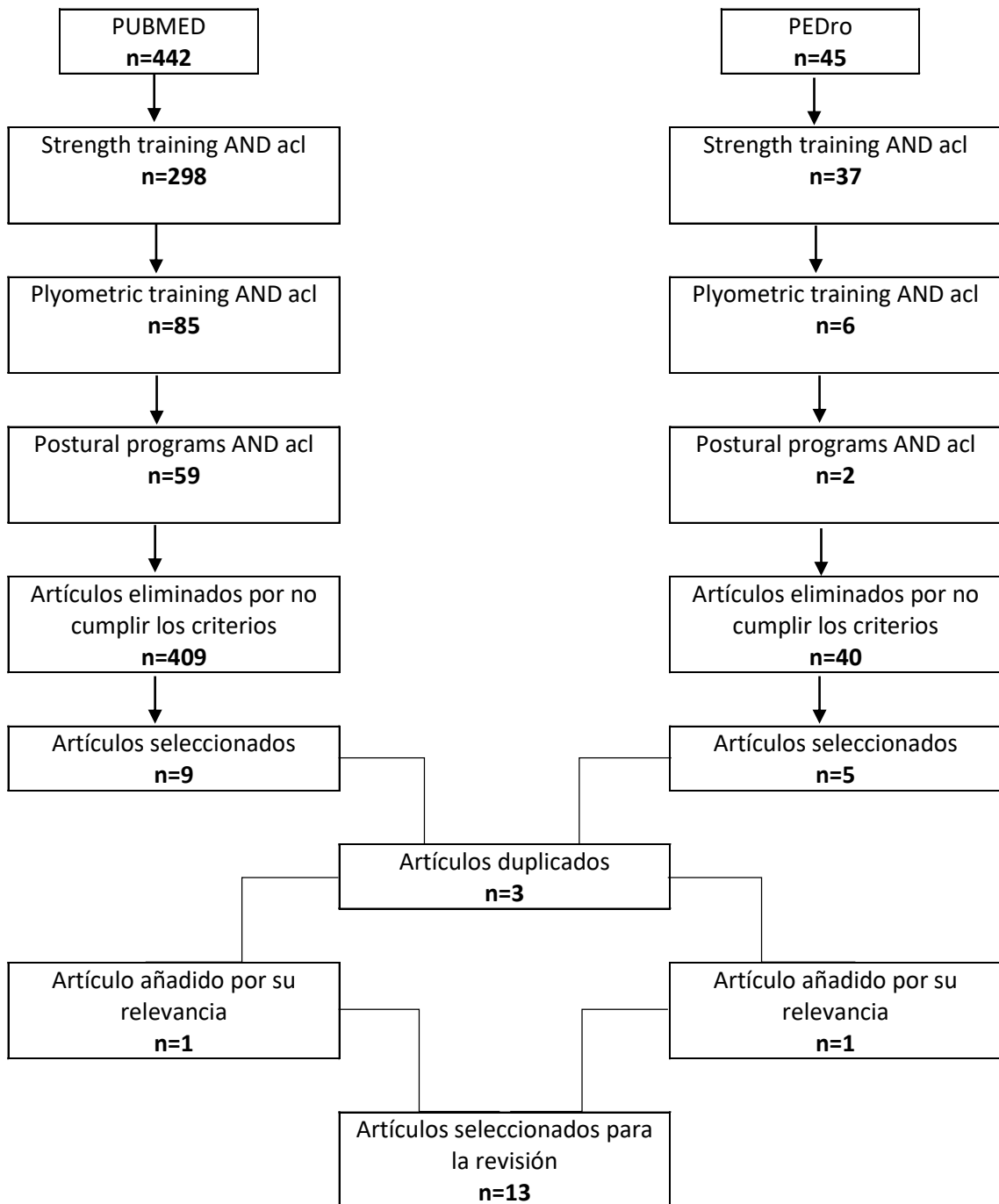


Tabla 1: Diagrama de flujo. Elaboración propia.

Escala PEDro

Artículos	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criterio 11	Total
Barcellona et al.(30)	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	8/11
Fukuda et al.(31)	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8/11
Kinikli et al.(32)	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	5/11
Bieler et al.(33)	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	6/11
Blackburn et al.(34)	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	7/11
Grapar Zargi et al.(35)	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	5/11
Chmielewski et al.(36)	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	8/11
Ageberg et al.(37)	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	5/11
Pistone et al.(38)	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	7/11
Asadi et al.(39)	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	4/11
Akbari et al.(40)	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	6/11

Tabla2: Escala PEDro. Elaboración propia.

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los efectos de los diferentes programas de rehabilitación de LCA sobre la fuerza muscular, la capacidad explosiva durante el salto y el control postural.

4.1. Fuerza muscular

De los 6 artículos que estudian la fuerza muscular incluidos en la revisión, 2 de ellos muestran mejoría en la laxitud y la flexión de rodilla(30,31). La fuerza del cuádriceps presenta también mejoría en 2 de los estudios(31,35). La fuerza del isquiotibial aumenta en 1 de los estudios(31). Mas, la rigidez del isquiotibial también se observa en 1 estudio(34). Por último, en 2 de los artículos se muestra una mejoría en la función de la rodilla independientemente de la intensidad del ejercicio(32,33).

En el estudio de *Barcellona et al.*(30), se observó que tras participar en un entrenamiento de OKC de extensión de rodilla, los sujetos que participaban en el grupo de alta intensidad como en el de baja intensidad, obtuvieron una mejora significativa ($p < 0,001$) en la flexión de rodilla, pero no en la extensión.

El estudio de *Fukuda et al.*(31) realizado en sujetos con autoinjerto de semitendinoso y recto interno, indicó que un inicio temprano de los ejercicios de OKC no aumenta la laxitud de rodilla. Del mismo modo, la laxitud anterior de rodilla tras la realización de ejercicios de EOKC (inicio temprano OKC) o LOKC (inicio tardío OKC) presentó una media de 3-5mm, siendo únicamente un 12% de cada grupo los que sobrepasaban los 5mm.

En los **ejercicios de resistencia** utilizados en el estudio de *Bieler et al.*(33) se puede observar una reducción de la fuerza de la pierna sana respecto a la lesionada de un 90,1% hasta un 64,3%. Tras el protocolo de entrenamiento de 20 semanas, destaca que la fuerza fue recuperada en mayor medida en el grupo HRT que en el grupo LRT, a partir de la semana 14 de tratamiento. En el grupo HRT las cargas incrementaron hasta el fallo de 20 a 8RM, mientras que en el grupo LRT el incremento fue de 30 a 20RM.

Los cambios en la **rigidez de la musculatura isquiotibial** se analizaron en el estudio de **Blackburn et al.**(34), mediante una MVIC de 5 segundos durante la cual se tomaron mediciones de la actividad del isquiotibial con EMG. Durante las 6 semanas de intervención los cambios, que únicamente fueron medidos en la pierna derecha, no difirieron ($p=0,325$) entre las actividades isométricas e isotónicas, siendo los cambios medios de 15,7% en el grupo isométrico y 13,5% en el grupo isotónico. Por otro lado, los análisis indicaron un aumento de la rigidez en el grupo isométrico respecto al isotónico y grupo control.

En el estudio de **Grapar Zargi et al.**(35) se encontraron diferencias en **VOL-VAST y VOL-RF** en los programas que presentan un pre-acondicionamiento isquémico (ISCHEMIC) con una restricción real de flujo sanguíneo o con una restricción de despistaje (maniobra SHAM), realizados 10 días antes de la cirugía. Los ejercicios realizados se basaban en una extensión de rodilla en OKC: tras un calentamiento de 10-15 repeticiones, el torniquete del grupo ISCHEMIC se infló a 150mmHg, mientras que el del grupo SHAM se infló a 20mmHg. Se observó un déficit de VOL-VAST de la pierna lesionada en ambos grupos en el tiempo (pre-operatorio, 4 semanas post-IQ y 12 semanas post-IQ), mientras que este déficit no se produjo en el VOL-RF. Esta tendencia hacia el déficit fue más pequeña ($p<0,013$) en el grupo ISCHEMIC que en el grupo SHAM respecto al VOL-VAST de la pierna afectada. Después de la intervención quirúrgica no hubo cambios significativos en el déficit del VOL-VAST de la pierna afectada. Por otro lado, la **máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC) del cuádriceps** mostró una tendencia ($p=0,013$) hacia un menor déficit de torque preoperatorio en el grupo ISCHEMIC respecto al grupo SHAM al inicio de la intervención(35). El déficit, en cambio, aumentó ($p<0,001$) en el grupo ISCHEMIC y en el grupo SHAM ($p=0,012$).

El estudio de **Fukuda et al.**(31) también observó que la mejoría de la **fuerza del cuádriceps** en el tiempo se ve influenciada por el tipo de ejercicio. En el EOKC la fuerza se ve mejorada las semanas 19 y 25 post cirugía, y a los 17 meses; mientras que en el LOCK la diferencia significativa se presenta a los 17 meses del seguimiento. Respecto a la **fuerza de los isquiotibiales**, la mejora significativa ($p=0,041$) de la fuerza se observa, tanto en EOKC como en LOCK, a los 17 meses de seguimiento respecto a las 12 primeras semanas. No se considera que existan diferencias si

comparamos la diferencia de la fuerza del cuádriceps e isquiotibiales entre ambos grupos.

La **función de la rodilla en los saltos** se analizó en los estudios de *Bieler et al.*(33) y *Kliniki et al.*(32): Los cambios en la función de la rodilla no difirieron entre los grupos de alta y baja intensidad para el salto monopodal ($p=0,566$) y triple salto ($p=0,880$). Así pues, no se observaron diferencias significativas entre grupos en el tiempo del salto horizontal, medido con dos piernas y una sola pierna en el aterrizaje(33).

Si reparamos en las contracciones excéntricas y concéntricas realizadas durante el *squat*, vemos una mejora de los resultados funcionales(32) en términos de salto vertical ($p=0,012$) y salto de longitud ($p=0,027$).

La mayoría de estos trabajos muestran que los ejercicios en OKC mejoran la flexión de la rodilla, y su inicio temprano produce un mayor aumento de la fuerza del cuádriceps y del isquiotibial. La función de la rodilla no varía en cuanto a diferencias de carga del entrenamiento, mientras que la fuerza muscular aumenta en mayor medida en los entrenamientos de altas cargas. Por otro lado, la rigidez de la musculatura isquiotibial aumenta en los ejercicios isométricos.

4.2. Capacidad explosiva de salto

El primer artículo muestra mejoría independientemente de la intensidad del ejercicio, aumentando la concentración de sCPII en los ejercicios de baja intensidad(36). En el otro artículo, se observa una disminución de los patrones aberrantes durante el salto(41).

Después de participar en un programa de 8 semanas de entrenamiento pliométrico, agilidad y carrera, *Chmielewski et al.*(36) mostró que las **concentraciones de sCPII**, parecen cambiar en direcciones opuestas, dependiendo de la intensidad del ejercicio. Se obtuvo un valor medio positivo en el grupo de baja intensidad, y un valor medio negativo en el grupo de alta intensidad ($p=0,097$). En cuanto a los ejercicios de **pliometría de alta y baja intensidad**, mostraron una mejora significativa tras la intervención en diferentes aspectos(36): puntuación IKDC ($p<0,001$), altura del salto vertical ($p=0,001$), normalización del torque extensor de la rodilla ($p=0,018$), índice de fuerza del cuádriceps ($p=0,004$) y la puntuación KASE ($p<0,001$). Por otro lado, se observó una disminución de la puntuación media de NPRS ($p<0,001$).

En la intervención realizada por *Pfile et al.*(41) con atletas femeninas universitarias, se estudiaron las diferencias biomecánicas de la rodilla en el salto. Participaron en un programa de 4 semanas, divididas en un entrenamiento de pliometría y otro entrenamiento de estabilización lumbopélvica, y se encontraron los siguientes hallazgos:

- Ángulo de flexión de rodilla: En ambos grupos se observó una disminución del ángulo en la fase de aterrizaje, encontrando una mayor diferencia media (18.58 ± 3.68) en los ejercicios de salto.
- Ángulo de rotación interna de la rodilla: En el grupo de ejercicios de saltos, se observó una reducción de la rotación interna del 1% al 25% en la fase de aterrizaje; sin embargo, esta medida se ve aumentada en 1% a 2% en el grupo de estabilización lumbopélvica.
- Momento de flexión de rodilla: Disminuyó del 16% al 25% en la fase de aterrizaje, al igual que el momento de flexión de cadera, que disminuyó del 19% a 25%. También se encontró una disminución de la abducción de la rodilla al 10%, y del momento de rotación interna de la cadera, ambas en la fase de aterrizaje.

Estos trabajos muestran en la fase de aterrizaje una reducción del ángulo de flexión de rodilla, del momento de flexión de rodilla y cadera, así como de la abducción de rodilla y el momento de rotación interna de cadera en ambos grupos de entrenamiento. Sin embargo, el ángulo de rotación interna de rodilla muestra una reducción en el grupo de pliometría, y un aumento en el grupo de estabilización lumbopélvica.

4.3. Control postural

5 artículos se han utilizado para analizar el control postural. Un artículo muestra la mejora del LSI(38). 3 artículos que analizan la estabilidad indican que la estabilidad dinámica disminuye(40) y que hay un aumento en la longitud del CoP en la estabilidad estática(42). 1 artículo observa mejoría en el test de SEBT(39).

En el estudio realizado durante 4 semanas por *Pistone et al.*(38) se estudió el LSI en dos tipos de entrenamiento: en el TRP de LCA y en el TRP+WBV-OF. El LSI aumentó significativamente al realizar una MVC de flexión de rodilla desde el primer mes tras la cirugía hasta el seguimiento de 3 meses. Este aumento fue mayor en el programa

WBV-OF+TRP, que en el programa TRP, a los 2 meses de la cirugía ($p < 0,05$) y a los 3 meses ($p < 0,05$). De esta manera, se muestra un efecto principal del tiempo en la LSI de una MVC de flexión de rodilla.

Ageberg et al.(37) analizó la estabilidad y la capacidad de salto después de participar en un programa de entrenamiento de control postural. Los pacientes fueron divididos en grupos de entrenamiento neuromuscular y grupos de entrenamiento autocontrolado, donde algunos de los sujetos tuvieron que ser transferidos al primer grupo debido a restricciones de movilidad articular y/o atrofia muscular considerable. Sin embargo, no se observaron cambios entre grupos en las medidas de **estabilometría**. Se encontró un aumento de amplitud DEV10 bilateral, mientras que el DEV5 y la velocidad promedio se vieron menos o nada afectadas.

En cuanto a los **saltos en entrenamiento de control postural**, las medidas fueron tomadas con el test de salto a una pierna. En el programa de entrenamiento neuromuscular la distancia de salto es menor a los 3 meses, pero se normaliza al año y 2 años. En los pacientes que autocontrolan el entrenamiento, la distancia de salto fue menor en todo momento.

El estudio de **Asadi et al.**(39) observó el efecto que tenía en el entrenamiento pliométrico unido a un entrenamiento de baloncesto en jugadores jóvenes durante 6 semanas repartidas en 12 sesiones. Para ello se utilizó el test de **SEBT**, donde el entrenamiento de control postural y ejercicios específicos del deporte muestra mejoras significativas en todas las direcciones ($p < 0,001$), mientras que no se encuentran cambios significativos si se realiza únicamente un entrenamiento específico del deporte.

La estabilidad fue estudiada por **Akbari et al.**(40) mediante el sistema de balance Biodex tanto en pacientes con RLCA, como en pacientes sanos durante 2 semanas. La cantidad de índices de **estabilidad estática** no cambiaron después del entrenamiento. Mientras que los índices de **estabilidad dinámica** disminuyeron, pero no se encontraron diferencias antes y después del entrenamiento de equilibrio. Es decir, no se encontraron diferencias significativas entre grupos para ambas medidas.

El estudio de **Howells et al.**(42) utilizó la tabla de equilibrio Wii para observar el control postural a una pierna y a una pierna asociada a una segunda tarea en

pacientes con RLCA y sanos. Durante la intervención las longitudes de la trayectoria AP en apoyo monopodal fueron mayores tanto en la pierna sana como en la pierna lesionada. En la trayectoria ML no hubo diferencias para la pierna lesionada. Al añadir una segunda tarea al ejercicio aumentan las 3 medidas del centro de masas, para la pierna ilesa y pierna sana.

Tabla de resultados: Fuerza muscular

TÍTULO	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	OBJETIVOS	MÉTODO	RESULTADO
The effect of knee extensor open kinetic chain resistance training in the ACL-injured knee	Barcellona et al.	Ensayo clínico aleatorizado	58 sujetos (18-60 años) aleatorizados para el estudio. - A las 6 semanas N=39, debido al abandono de varios sujetos. - A las 12 semanas N= 36 Total N= 36	Investigar el efecto de las diferentes cargas de los extensores de rodilla en un entrenamiento de resistencia, en cadena cinética abierta, en cuanto a la laxitud anterior en una lesión de LCA.	Simple ciego. 12 semanas de entrenamiento → sesiones 45'-1h - Grupo 1: Protocolo de rhb estándar sin incluir OKC rodilla sentado. - Grupo 2: Mismo protocolo con 2x20RM en dispositivo con rodilla sentada - Grupo 3: Mismo protocolo 20x2RM *Flexión de rodilla 0-90° y velocidad 60°/s	→ El grupo 2 demuestra una reducción de 133N de laxitud anterior de rodilla (p=0.009). → La laxitud anterior de rodilla disminuye aproximadamente 5mm en el grupo 2 respecto al grupo 1 y 3.
Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction	Fukuda et al.	Ensayo clínico aleatorizado	64 sujetos (16-50 años) seleccionados para el estudio. 49 sujetos aleatorizados. a) EOKC N=25 b) LOKC N=24 Total N=49	Determinar si un inicio precoz de ejercicios de OKC para la fuerza del cuádriceps en una restricción del ROM puede provocar una mejora clínica, sin causar una mayor laxitud articular en sujetos con RLCA	a) EOKC: 4ª semana post-IQ - Protocolo rhb de OKC con restricción ROM 45-90° b) LOKC: 12ª semanas post-IQ - Protocolo rhb de ejercicios OKC entre 0-90° Valoración medidas semanas 12,19,25 y 17ª mes	Los 2 grupos mayor nivel de función y menor dolor en semanas 19, 25 y 17ª mes - EOKC mejora fuerza de cuádriceps semanas 19, 25 y 17ª mes. - LOKC mejora a los 17 meses - No hay diferencias en evaluaciones funcionales, dolor y laxitud anterior

TÍTULO	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	OBJETIVOS	MÉTODO	RESULTADO
The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction	Kinikli et al.	Ensayo clínico aleatorizado	52 sujetos (18-44 años) seleccionados para el estudio 39 sujetos (31 hombres y 2 mujeres) aleatorizados a) Grupo experimental N=18 - Análisis N=16 b) Grupo control N=21 - Análisis N=17 Total N=33	Evaluar los resultados funcionales de un entrenamiento precoz progresivo excéntrico y concéntrico en pacientes con injerto isquiotibial en RLCA	Protocolo rhb basado en Wilk et al. and Majima et al. a) Grupo control: 3 semanas rhb b) Grupo experimental: 3 semanas rhb +12 semanas entrenamiento MFSS	No diferencias significativas entre grupos para fuerza isocinética en flexores/extensores de rodilla. Resultados funcionales mejores en grupo experimental: - Salto vertical (p=0.012) - Salto único de distancia (p=0.027) - Escala Lysholm (p=0.002) - LCA-QOL (p=0.000)
The Effects of High-Intensity versus Low-Intensity Resistance Training on Leg Extensor Power and Recovery of Knee Function after ACL-Reconstruction	Bieler et al.	Ensayo clínico aleatorizado	93 sujetos (18-45 años) seleccionados para el estudio 50 sujetos aleatorizados. A las 7 semanas N=46 A las 14 semanas N=40 A las 20 semanas N=38 Total N=38	Investigar el efecto del entrenamiento de resistencia de la alta intensidad vs baja intensidad en la fuerza de extensión de la pierna y recuperación de la rodilla tras RLCA	Programa 20 semanas tras RLCA. a) LRT: - Press pierna (0-90° flexión) - Extensión (0-90°) rodilla prono - Ponerse de puntillas con cargas de 30 a 20RM b) HRT (incluye ej. bilaterales) - Press pierna (0-90° flexión) - Extensión (0-90°) rodilla prono - Extensión (0-90°) rodilla sentado - Semana 7: levantar peso de 20 a 8RM	La potencia de la pierna lesionada disminuye de un 90% a un 64% a las 4 semanas. Hubo una mayor recuperación en el grupo HRT que en el LRT: - Semana 7: 84% vs 73% pierna no lesionada (p=0.027) - Semana 14: 98% vs 83% pierna no lesionada (p=0.006) No efectos adversos sobre la laxitud articular.

TÍTULO	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
The effects of isometric and isotonic training on hamstring stiffness and anterior cruciate ligament loading mechanisms	Blackburn et al.	Ensayo clínico aleatorizado	36 sujetos (18 hombres y 18 mujeres) seleccionados para el estudio - IsoM N=12 - IsoT N=12 - CON N=12 Total N=36	Evaluar los efectos del entrenamiento isométrico e isotónico en la rigidez de los isquiotibiales y los mecanismos de carga del LCA	Grupos IsoM e IsoT: entrenamiento 6 semanas con MTS Grupo Control: Actividad física normal Evaluar 1 semana antes y después: - MTS isquiotibiales - Tracción tibial anterior - Biomecánica del aterrizaje	Aumento 15,7% de la rigidez isquiotibial en IsoM ($p=0,006$), pero no en IsoT (13,5%; $p=0,089$) o grupo control (0,4%, $p=0,942$) Los mecanismos de carga de LCA cambian con menor carga ($p<0,005$)
The effects of preconditioning with ischemic exercise on Quadriceps femoris muscle atrophy following ACL reconstruction	Grapar Zargi et al.	Ensayo clínico cuasialeatorio	105 sujetos (18-45 años) evaluados para ser elegidos 26 sujetos aleatorizados para el estudio a) Grupo ISCHEMIC N=13 - Analizados N=10 b) Grupo SHAM N=13 - Analizados N=10 Total N=20	Evaluar si el preconditionamiento muscular con ejercicio isquémico puede controlar la pérdida de volumen, fuerza y función del cuádriceps después de RLCA	Programa de 5 ejercicios, 10 días antes de la operación. 3 días/semana. Calentamiento 10-15 repeticiones. - Grupo ISCHEMIC: Extensión de rodilla en OKC: 6x40RM Tras la 3º y 5º series, descanso de 45sg sin perfusión. - Grupo SHAM: Mismo protocolo	No hay diferencias significativas en las variables antes y después de la cirugía. - Aumento VAST-QF en ambos grupos 4ºy 12º semana - Persiste el déficit de torque en isométrico en ambos grupos

Tabla resultados: Capacidad explosiva de salto

TÍTULO	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction	Chmielewski et al.	Ensayo clínico aleatorizado	25 sujetos seleccionados para el estudio 24 sujetos aleatorizados a) Grupo LI N=12 b) Grupo HI=12 Total N=24	Comparar el efecto inmediato del ejercicio pliométrico de alta y baja intensidad durante la rehabilitación tras RLCA, en la función de la rodilla, metabolismo del cartílago articular y otras medidas clínicamente relevantes	2 veces/semana durante 8 semanas. a) Grupo LI: - Carrera: Trote y correr - Saltos: press pierna, wall jump, squat jump, salto adelante bilateral y salto línea bilateral - Agilidad: pasos/carrera lateral, carioca y cortes a 45º y 90º b) Grupo HI: Mismo protocolo y: - Sprints - Saltos: drop land, drop vertical, cone jump, tuck jump y line jump unilateral	No hay diferencias significativas en ninguna medida de resultado primario y secundario. - Las [sCPII] inversamente proporcionales aumentan en LI y disminuyen en HI - En los 2 grupos, aumento: puntuación IKDC, altura salto vertical, fuerza Q normalizada y simetría, y autoeficacia de la rodilla - En los 2 grupos disminuye: intensidad media de dolor de rodilla
Different Exercise Training Interventions and Drop- Landing Biomechanics in High School Female Athletes	Pfile et al.	Estudio de cohortes	24 sujetos (mujeres) seleccionados para el estudio 23 sujetos (14-15 años) pre-testados Grupo pliometría N=9 - No post-testing N=1 Grupo control N=6 Grupo core N=8 Total N=22	Evaluar la eficacia de 4 semanas de entrenamiento de core o un programa de pliometría, en la alteración de la biomecánica de la extremidad inferior y tronco durante un DVJ.	Todos los grupos realizan 5 DVJs en el pre-test y post-test. a) Grupo pliometría (4 sem): Serie de saltos unilateral y bilateral enfocados al despegue y aterrizaje b) Grupo core: Mejorar coordinación estab. Abdominales, lumbares, y extensores, rotadores externos y abductores de cadera	Diferencia en la biomecánica de la extremidad inferior en ambos grupos ($p<0.05$) - Pliometría: Disminución de flexión de rodilla y momentos de rotación interna/flexión/abducción rodilla - Core: Disminución flexión rodilla y ángulos de rotación interna; flexión cadera y momentos de rotación interna cadera. - Grupo control: Disminución momento rotación externa rodilla.

Tabla resultados: Control postural

TÍTULO	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
Influence of supervised and nonsupervised training on postural control after an acute anterior cruciate ligament rupture: a three-year longitudinal prospective study	Ageberg et al.	Ensayo clínico longitudinal aleatorizado prospectivo con controles emparejados	63 sujetos (35 hombres y 28 mujeres) fueron aleatorizados para el estudio. - Grupo supervisado N=36 - Grupo auto monitorizado N=27 Total N=63	Investigar el efecto a largo plazo del control postural y la función de la extremidad después de una lesión de LCA.	2s/semana durante 5-6 meses. Seguimiento de 3 años. a) Grupo supervisado: - Fuerza - Propiocepción - Coordinación - Equilibrio b) Grupo automonitorizado: Realización de ejercicios en casa.	La velocidad promedio se vio menos afectada (o no afectada) en comparación con el grupo control. El salto unilateral se normaliza en el grupo neuromuscular en el seguimiento de 12 meses → fue más corto en bilateral durante los 3 años del grupo auto- monitorizado
Effects of early whole-body vibration treatment on knee neuromuscular function and postural control after anterior cruciate ligament reconstruction	Pistone et al.	Ensayo clínico aleatorizado	48 sujetos evaluados para elegibilidad 34 sujetos aleatorizados para el estudio a) Grupo WBV-OF+TRP N=17 b) Grupo TRP(control) N=17 Total N=24	Evaluar el efecto de agregar un protocolo de vibraciones a todo el cuerpo en una frecuencia óptima a un protocolo tradicional de rehabilitación precoz tras RLCA, en cuanto a la fuerza máxima y equilibrio.	4 semanas de intervención WBV-OF, 1 mes después de la cirugía. a) Grupo experimental: WBV-OF +TRP - Mantener posición en plataforma vibratoria. 3s/semana b) Grupo control: TRP	Se mejora la simetría de fuerza de los flexores de rodilla en el grupo experimental comparando con grupo control tras 1 mes de tto. No hay diferencias de mejora en el equilibrio entre los grupos

TÍTULO	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
The effects of plyometric type neuromuscular training on postural control performance of male team basketball players	Asadi et al.	Ensayo clínico aleatorizado	16 sujetos (hombres) aleatorizados para el estudio a) Grupo PT +BT b) Grupo BT (control) Total N=16	Investigar la eficiencia del programa de entrenamiento pliométrico en baloncesto, para mejorar el rendimiento del control postural en jugadores jóvenes	Se implementan 6 semanas (2 s/semana) de programa pliométrico al entrenamiento de baloncesto. a) Grupo PT+BT: saltos profundos, squats... b) Grupo BT: entrenamiento baloncesto Pre-test y post-test con SEBT	El grupo PT mejora significativa ($p \leq 0.05$) en el SEBT (A = 0.95, AM = 0.62, AL = 0.61, M = 0.36, L = 0.47, P = 0.27, PM = 0.25, PL = 0.24). No mejoras significativas en grupo BT Diferencias significativas entre grupos en todas las direcciones excepto PM y PL
The Effects of Balance Training on Static and Dynamic Postural Stability Indices After Acute ACL Reconstruction	Akbari et al.	Ensayo clínico aleatorizado	24 sujetos (16-35 años) aleatorizados para el estudio a) Grupo control b) Grupo BT Total N=24	Evaluar el efecto de los ejercicios de equilibrio en los índices de estabilidad postural en sujetos con RLCA	12 sesiones, 6 días/sem y 30 minutos a) Grupo control: cajones y deslizamientos articulares en el tobillo para valorar salud músculos y ligamentos b) Grupo BT: Apoyo monopodal ojos abiertos y cerrados, ejercicios step-up en las dos piernas	- Los índices de estabilidad estática no cambian después del entrenamiento y no hay diferencias entre el pre y post entrenamiento ($p < 0.05$) - Disminuyen los índices de estabilidad dinámica, pero no hay diferencias entre el pre y post entrenamiento ($p < 0.05$) - Los índices de estabilidad dinámica se reducen en el grupo PT, pero no hay diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$)

TÍTULO	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
The assessment of postural control and the influence of a secondary task in people with anterior cruciate ligament reconstructed knees using a Nintendo Wii Balance Board	Howells et al.	Estudio de casos y controles	90 sujetos fueron seleccionados para el estudio a) Grupo RLCA: 15 mujeres y 30 hombres N= 45 b) grupo control: 15 mujeres y 30 hombres N= 45 Total N=90	Comparar el control postural en pacientes después de la RLCA con individuos sanos y sin una tarea secundaria	a) Grupo control: - Mantener apoyo monopodal en Tabla Wii Balance30sg - Añadir tarea secundaria: abducción y aducción de brazo b) Grupo sano: Mismo protocolo *Posición de testing: - Flexión 20º rodilla a testar - Flexión 90º rodilla contralateral - Manos en la cadera	Cuando se comparó con el grupo control, la longitud de la ruta AP aumentó tanto en pacientes con RLCA (12,3%; p=0.02) y miembro no operado (12,8%, p=0,02) para una única tarea. Para la condición de una segunda tarea en el miembro no operado (11,5%, p=0,006)

5. DISCUSIÓN

Los principales resultados de la literatura revisada en relación con la efectividad de los tratamientos de rehabilitación del LCA parecen indicar que los entrenamientos de fuerza muscular, pliometría y control postural constituyen hoy en día la recuperación más completa tras una RLCA. De manera general se ha podido observar una más rápida recuperación con un aumento en la ganancia de fuerza, así como la disminución de las complicaciones secundarias asociadas a la RLCA y una mejora en la función de la rodilla (*Fukuda et al.* y *Kinikli et al.*). Los entrenamientos pliométricos proporcionan cambios en la articulación de la rodilla, aumentando la capacidad de control sobre el cuerpo, logrando una mayor adaptación biomecánica(41). Los ejercicios propioceptivos, a su vez, disminuyen el déficit de los sujetos para controlar el movimiento corporal(39).

Con respecto a los entrenamientos basados en el desarrollo de la **fuerza muscular** se ha observado que los entrenamientos específicos de OKC reducen la laxitud anterior de la rodilla, pero los datos que afirman que los ejercicios a baja intensidad minimizan en mayor medida la laxitud, no son estadísticamente significativos (*Ejerhed et al 2003* e *Isberg et al. 2016*). Sin embargo, puede que los ejercicios en OKC que incluyan la rodilla no sean los únicos que produzcan una reducción de la laxitud, ya que los resultados hallados en el test de máxima laxitud manual muestran una reducción significativa al final de la intervención(30). El inicio temprano de ejercicios sin peso en personas con ROM limitado no difiere de un comienzo más tardío en cuanto a laxitud anterior de rodilla. Además, se alcanzan los mismos resultados para el dolor y la función, pero presentando una mayor rapidez en la recuperación del cuádriceps. Los estudios de *Heijne et al. 2007* y *Kvist et al. 2001* contradicen este hecho, mostrando un aumento de la laxitud anterior. Puede ser debido a la realización precoz de ejercicios de cuádriceps en todo el ROM o por la tensión colocada en el LCA que resiste la tracción tibial anterior, ya que los ejercicios de extensión de rodilla en OKC producen un aumento de tensión en el LCA cuando se aplican cargas en la tibia distal a medida que la rodilla se va a extensión.

También se ha demostrado que la potencia de la musculatura extensora de la pierna mejora en mayor medida en ejercicios con pesas de alta resistencia, a pesar de

observar una disminución de la fuerza de la misma, hasta 7 semanas después de la RLCA según *Bieler et al. 2014*. Sin embargo, la función de la rodilla no se recupera más rápido en el entrenamiento de alta resistencia, lo que puede deberse a que el tiempo de entrenamiento no fue lo suficientemente largo o al miedo del paciente a una nueva lesión.

Por otro lado, *Kubo et al. 2009* indica que el entrenamiento isométrico es más efectivo que el isotónico en la mejora de la fuerza de los músculos isquiotibiales. Por otra parte, cabe mencionar que complementar un programa de rehabilitación tradicional con ejercicios excéntricos y concéntricos mejora las medidas funcionales como, la escala de Lysholm, el salto vertical, distancia de salto a una pierna y el cuestionario ACL-QOL. Aunque es necesaria una mayor investigación para compararlo con otros tipos de entrenamiento que se ha visto que tienen efecto sobre otras variables como la rigidez y la resistencia.

Es importante distinguir la fuerza y la MTS, ya que, de acuerdo con estudios anteriores, un aumento de la MTS no se relaciona con un aumento de fuerza, lo que puede deberse a las propiedades músculo-tendinosas y la eficiencia neuronal. Esto sugiere que mejorar la MTS de los isquiotibiales, y no específicamente la fuerza, puede reducir tanto la carga del LCA como el riesgo de lesiones (*Blackburn and Norcross, 2012; Blackburn et al., 2011*). De la misma manera, los cambios observados en la biomecánica de aterrizaje sugieren que aumentar la MTS de los isquiotibiales puede alterar la biomecánica de la rodilla con una carga de LCA reducida.

No se ha mostrado ningún efecto significativo del ejercicio isquémico en el desarrollo de la atrofia muscular y la disminución de la MVIC del cuádriceps en comparación con el ejercicio de flujo reducido (SHAM). Este resulta ser el primer estudio que examina la eficiencia del pre-acondicionamiento con ejercicio isquémico en el desarrollo de la atrofia muscular tras la RLCA, por lo que es imposible realizar una comparación con ningún otro estudio.

Uno de los entrenamientos que más se ha utilizado en la literatura es la realización de **saltos pliométricos**. Se ha visto que las concentraciones de sCPII tienen una relación inversa respecto a la intensidad de entrenamiento. Aumentan a baja intensidad y disminuyen a alta intensidad, lo que podría atribuirse a diferencias

sutiles en la carga. Investigaciones previas (*Sun et al. 2010*) indican que la síntesis de cartílago articular se produce con cargas moderadas, y que se reduce con cargas excesivas. Este hallazgo contrasta con el observado en este estudio, donde las concentraciones de sCPII previos a la intervención eran elevados en el grupo de alta intensidad comparado con el grupo de baja intensidad.

Por otro lado, los protocolos de RLCA publicados no especifican la prescripción de ejercicios pliométricos, por lo tanto, los efectos positivos acerca de la función de la rodilla y en el estado psicosocial del paciente, pueden ayudar en el desarrollo de nuevos protocolos en futuras investigaciones. Cabe mencionar que muchos de los estudios se realizan en atletas jóvenes y con menor nivel de habilidad, ya que se ha demostrado que tienen más capacidad y potencial para cambiar los patrones de movimiento.

El entrenamiento de **control postural** ha sido investigado durante los últimos años debido a la relación directa que tiene con la estabilidad de la rodilla. La utilización del WBV resulta novedoso en este tipo de entrenamientos. Se ha utilizado en un protocolo de entrenamiento de 4 semanas, unido al entrenamiento tradicional de rehabilitación de LCA. Los resultados de este estudio no se pueden comparar directamente con los resultados de otros que investigan los efectos de WBV en la RLCA debido a las diferencias en los protocolos de WBV, fuerza mediciones y técnicas quirúrgicas, como ocurre en la intervención de *Berschin et al. 2014* cuyos pacientes tenían un autoinjerto del tendón rotuliano.

Los resultados actuales tampoco proporcionan evidencia para la mejora en el equilibrio, que no concuerda con los estudios previos sobre los efectos del tratamiento WBV en pacientes con RLCA. Esto puede deberse a los diferentes tipos de medición realizados, donde algunos requieren mantener el equilibrio en plataformas oscilatorias, o como ocurre en este estudio (*Pistone et al. 2016*), el mantener el equilibrio en una plataforma de presiones.

Las variables de estabilometría han sido previamente evaluadas en otros estudios, pero resulta complicado hacer comparaciones debido a las diferentes plataformas utilizadas para obtener dichas medidas. Los resultados obtenidos muestran un aumento de amplitud DEV10 y una menor afectación de la velocidad promedio y del

DEV5, ya que un mecanismo de estrategia de adaptación neuromuscular puede ser mayor al realizar movimientos a más baja velocidad; lo que puede deberse a una disminución de la capacidad propioceptiva tras una lesión aguda. En cuanto al test de salto a una pierna, se han observado mejoras en ambos grupos, pero el hecho de usar la pierna sana como referencia no proporciona una medida confiable. Esta mejora en el entrenamiento neuromuscular supervisado puede deberse al aprendizaje de los programas motores centrales, según indica *Gauffin et al. 1992*, ya que se reducen las fuerzas de corte y la carga capsulo-ligamentosa en el plano sagital.

También se ha estudiado que un programa pliométrico acompañado de un entrenamiento específico de baloncesto, mejora el rendimiento de los jugadores en el test de SEBT, en sus 8 direcciones. Las diferencias obtenidas respecto al grupo control sugieren el entrenamiento de pliometría indujo adaptaciones neuronales periféricas centrales, dando lugar a una mejor posición de la articulación y detección del movimiento articular. Además, los cambios rápidos de longitud y tensión de las estructuras tendo-musculares durante la carga excéntrica pueden haber facilitado las adaptaciones a los husos musculares y órganos de tendón de Golgi, como podemos observar en estudios previos como el de *Lundin.PE, 1985* y *Voight.ML, 1992*.

Los ejercicios de propiocepción y equilibrio mejoran la estabilidad postural en sujetos con RLCA en la etapa temprana de rehabilitación. Este hecho ha sido respaldado por estudios anteriores, donde se observa una mejora del reclutamiento motor y, por consiguiente, de la fuerza (*Cooper et al., 2005*). También se encuentran mejoras funcionales de la rodilla (*Liu-Ambrose et al., 2003*) y del sentido de la posición articular (*Ageberg et al., 2001*), entre otros.

Cabe señalar que hubo diversos resultados en varios estudios de RLCA donde se observó que no había ninguna diferencia entre las dos formas de ejercicio (ejercicio de equilibrio y ejercicio de fortalecimiento) o entrenamiento de fuerza en cuanto a beneficios en la fase temprana de rehabilitación. Parece que la falta de protocolo común en el entrenamiento neuromuscular, variedad de evaluación, duración del entrenamiento y el inicio del programa de rehabilitación conducen a diferentes resultados o resultados después de la RLCA.

La diferencia entre grupos en cuanto a la longitud AP puede ser importante ya que una mayor excursión de la ruta CoP puede indicar una reducción de la capacidad de controlar el movimiento corporal en estático. La explicación a que las diferencias entre grupos sean mayores en la dirección AP puede deberse al hecho de que este es el plano donde trabajan los grupos musculares más afectados por la lesión; los isquiotibiales son esenciales en el control postural, y pueden verse afectados debido a una pérdida de mecanorreceptores tras la RLCA.

El aspecto novedoso del estudio fue la tarea secundaria, que dificultó el control postural en ambos grupos. Mas, no se observan diferencias en la magnitud de cambio en los valores de CoP entre grupos, lo que indica que las demandas adicionales de la tarea secundaria no supusieron una carga adicional en el grupo de RLCA.

Limitaciones del estudio

La mayor limitación que encontramos en los artículos analizados es la interpretación de los resultados. En primer lugar, el tamaño muestral de cada uno de los grupos estudiados es demasiado pequeño, lo que debilita la validez estadística de los resultados obtenidos. De este modo, los resultados extremos pueden haber influido en los datos obtenidos. La eficacia de los procedimientos de evaluación utilizados para identificar los valores atípicos es baja, ya que la desviación estándar es grande por el pequeño tamaño muestral. Cabe destacar que la tasa de abandono fue considerable.

En segundo lugar, el doble ciego en este tipo de estudios es de gran relevancia. Sin embargo, varios de los estudios no presentan esta característica, ya que los sujetos no estaban cegados. Esto nos indica que el rendimiento de los sujetos en el estudio puede haber estado influenciado por el conocimiento de la asignación de grupo.

En tercer lugar, la duración de las intervenciones fue relativamente corta. Lo que nos da pie a dudar el efecto de las mismas si la duración hubiese sido más larga. Muchos estudios afirman que no todos los sujetos vuelven a su anterior nivel de actividad, y que tampoco recuperan toda la fuerza muscular del miembro inferior. Así pues, se sugiere que la importancia que tienen los factores funcionales en el rendimiento temprano tras la RLCA.

6. CONCLUSIONES

Tras la revisión bibliográfica llevada a cabo en las bases de datos científicas, podemos concluir que los diferentes tipos de entrenamientos de fuerza muscular, pliometría y control postural son las más efectivas en la rehabilitación de una lesión de LCA. Los programas de entrenamiento incluyen diversos ejercicios que mejoran la laxitud anterior de rodilla, disminuyen la rigidez de la musculatura, potencian la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales, aumentan la estabilidad y disminuyen los factores intrínsecos de lesión.

Los ejercicios de extensores de rodilla en cadena cinética abierta han sido los más utilizados en los estudios. Estos ejercicios de resistencia contribuyen a una recuperación más rápida como se ha podido observar en los programas que se realizaron a las 4 semanas de la RLCA, dónde una mayor intensidad produce ganancias aceleradas/amplificadas causadas por más adaptaciones neuromusculares y/o rebrote muscular inducido por la modalidad de entrenamiento. Actualmente, está demostrada la eficacia del entrenamiento de resistencia en la ganancia de fuerza muscular y fortaleza ósea, pero no las consecuencias que tiene en los ligamentos y demás tejidos contráctiles. Sin embargo, se ha podido demostrar que cargar las restricciones pasivas de una articulación puede dar como resultado una articulación más fuerte y, por tanto, más resistente a la tensión. La OKC puede ser útil como ejercicios para reducir las complicaciones secundarias asociadas a la lesión de LCA, pero son necesarias más investigaciones para examinar esta posibilidad, ya que existe una ausencia de evaluación sobre la laxitud.

Por otro lado, no se pueden sacar conclusiones relevantes a corto plazo del protocolo de pre-acondicionamiento, ya que se alcanzan niveles similares de atrofia muscular y deterioro de fuerza. Así pues, los futuros estudios deberán centrarse en protocolos más largos, o en combinación con la aplicación postoperatoria temprana de ejercicios isquémico.

El entrenamiento pliométrico, independientemente de la intensidad, tiene efectos positivos sobre la función de la rodilla y en los cambios cinéticos y cinemáticos. Si se realizan únicamente ejercicios de pliometría, se muestran cambios en la articulación

de la rodilla, mientras que, si se trabaja también la estabilización lumbopélvica, los cambios son observables en la cadera y en la rodilla. Esto sugiere un entrenamiento de estabilización de tronco usando movimientos dinámicos, consiguiendo así una mayor adaptación biomecánica, pudiendo en un futuro garantizar un entrenamiento extrapolable a los programas de prevención de lesiones de LCA.

En los programas de control postural las conclusiones más significativas apuntan a que las personas con RLCA tienen una capacidad reducida para controlar el movimiento del cuerpo, aumentando así la ruta de CoP. Sin embargo, se sugiere que el entrenamiento postural proporcionaría un estímulo positivo en el rendimiento del test SEBT, como se observa en los jugadores de baloncesto participantes en este estudio. Por otro lado, se ha visto que la WBVT temprana es un método eficaz para fortalecer los músculos flexores de la extremidad inferior. Supone un hallazgo importante, ya que es un método que no compromete la estabilidad de la rodilla y no presenta efectos secundarios. La inclusión del WBVT en un programa de rehabilitación de LCA puede resultar importante, comenzando su utilización al mes de la intervención de RLCA.

De esta manera, podemos concluir que el ejercicio propioceptivo y de equilibrio mejora la estabilidad dinámica en sujetos con RLCA. Por ello, se puede recomendar utilizar el entrenamiento neuromuscular para mejorar el rendimiento y, en consecuencia, prevenir futuras lesiones de extremidad inferior. Sin embargo, habría que investigar más exhaustivamente las actividades que suponen una mayor demanda física y cognitiva, para poder explicar así el déficit de equilibrio presente en personas con lesiones de LCA.

En resumen, los entrenamientos analizados en esta revisión tienen una gran eficacia y está implantados en los programas de rehabilitación del LCA. Sin embargo, se puede encontrar una falta de investigación o justificación en ciertos aspectos de los entrenamientos. Cabría realizar más estudios acerca de las consecuencias que tienen los ejercicios a más largo plazo y con una mayor muestra.

A su vez, resultaría interesante poder individualizar más el entrenamiento, ya que no es lo mismo realizar ejercicios de rehabilitación para deportistas de élite que para personas que no tienen tanta exigencia respecto a su rodilla.

7. PROPUESTA TEÓRICA DE TRABAJO

7.1. Introducción

Las lesiones de LCA y su cirugía son tan comunes y frecuentes que en muchas ocasiones se olvida la gravedad de la patología. En atletas, los avances en las técnicas de reconstrucción y rehabilitación han permitido mejorar los resultados y obtener mayores expectativas para la vuelta a la actividad deportiva(43). Un protocolo de rehabilitación bien diseñado y basado en la evidencia juega un papel muy importante para el éxito en la recuperación tras una RLCA.

Actualmente se han reducido los tiempos de vuelta al deporte gracias, en parte, a la rehabilitación acelerada que fomenta el movimiento temprano, la recuperación de la fuerza y el retorno de la función de la rodilla(44). La rehabilitación acelerada es utilizada en personas jóvenes y/o atléticas. La diferencia entre la rehabilitación tradicional y la rehabilitación acelerada reside en la progresión de las diferentes fases de recuperación y el tiempo necesario que requiere la persona antes de correr y volver completamente a la práctica deportiva(45). Sin embargo, hace décadas que se informan mejores resultados clínicos en pacientes que realizaron un protocolo acelerado, como indican *Shelbourne y Nitz*(46).

Las mejoras y beneficios observados en atletas con RLCA hacen pensar que los resultados obtenidos pueden ser reproducibles en pacientes recreacionales. Esta propuesta está basada en mi experiencia en los centros de prácticas nacionales e internacionales. He podido comprobar que el tratamiento de las RLCA se fundamenta, principalmente, en las movilizaciones pasivas, electroestimulación y bicicleta. Son tratamientos muy pasivos y conservadores, en los que el paciente apenas interviene activamente. Como hemos podido comprobar en la revisión realizada, los estudios más recientes proponen la incorporación de ejercicios de fuerza en OKC, pliometría y control postural. Además, razonan una prescripción de ejercicios que se deben realizar de manera temprana tras la RLCA, para evitar así complicaciones y lograr una mayor funcionalidad de la rodilla. En esta propuesta teórica de trabajo se quiere establecer un algoritmo de tratamiento ambulatorio basado en protocolos que actualmente se realizan en atletas, para poder proporcionar a los pacientes recreacionales una recuperación similar. El tratamiento

propuesto se ajustará a los medios y recursos de los que precisan los centros ambulatorios, tratando de ofrecer una rehabilitación lo más completa y global posible. De este modo, se prescindirá del uso de la máquina isocinética, el dinamómetro, la tecnología de sensores inerciales, etc.

En definitiva, la propuesta teórica de trabajo consistirá en crear un modelo de rehabilitación que sirva como guía a los fisioterapeutas que trabajen en el ámbito ambulatorio para proporcionar una recuperación de la lesión de LCA de la manera más rápida y eficaz posible.

7.2. Objetivos

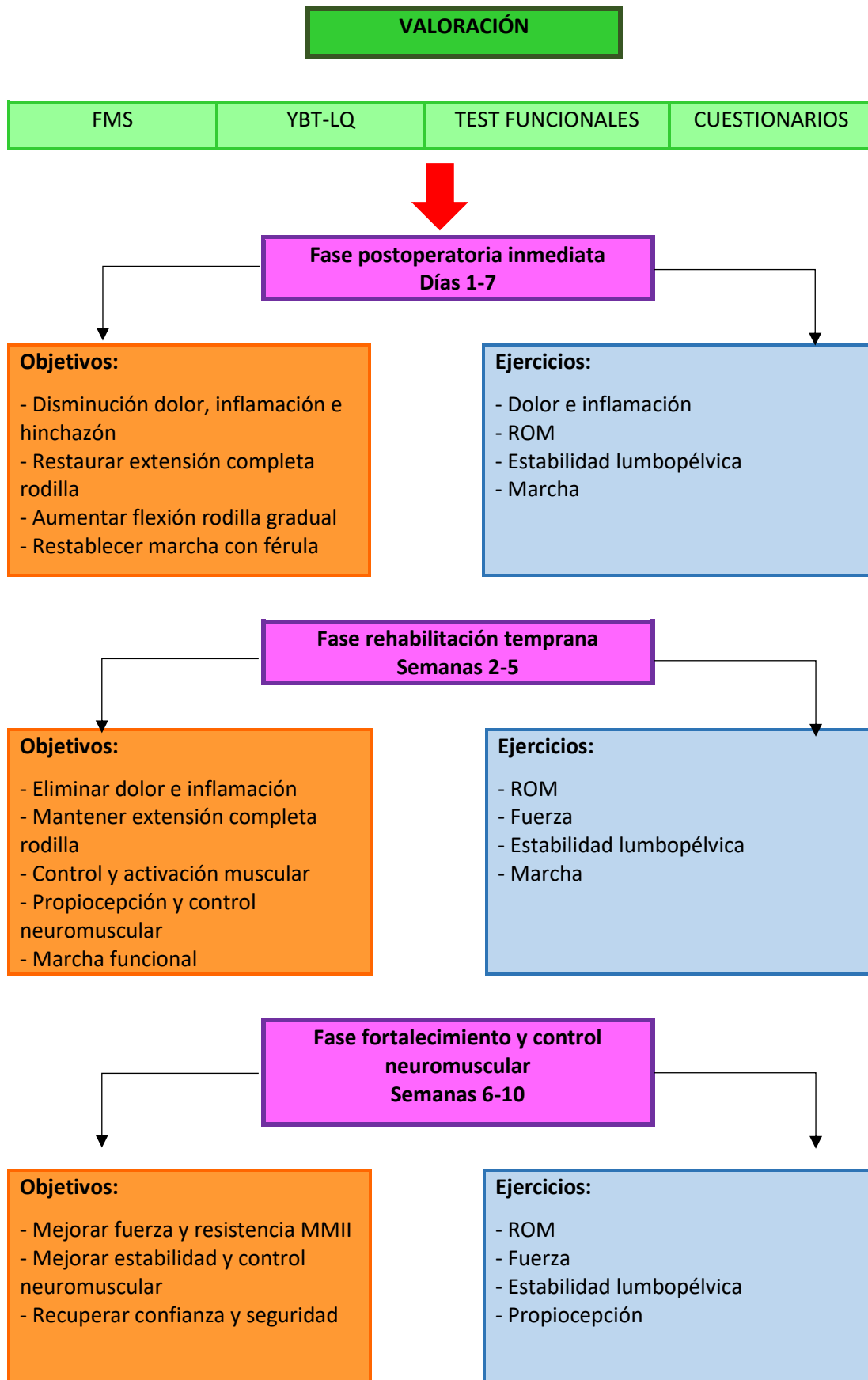
Objetivo principal: Establecer un algoritmo de tratamiento para la RLCA, que incluya ejercicios de fuerza, pliometría y control postural para una mejor y completa recuperación del paciente.

Objetivos secundarios:

- Lograr una mayor implicación por parte del paciente en la recuperación.
- Establecer unas pautas de progresión de ejercicios que se ajusten a los pacientes.
- Optimizar los recursos y materiales disponibles en los ambulatorios para la mejor rehabilitación posible.

7.3. Algoritmo de tratamiento

Tras la revisión realizada acerca de la eficacia del entrenamiento de fuerza muscular, pliometría y control postural, podemos concluir que los resultados obtenidos son beneficiosos para la recuperación de una lesión de LCA. Por ello, se propone un algoritmo de tratamiento que incluya en la misma rehabilitación los 3 tipos de entrenamiento, favoreciendo así una mayor recuperación en el menor tiempo posible, de manera que los pacientes vuelvan a su vida cotidiana en las mejores condiciones posibles. El algoritmo que se plantea está compuesto por una valoración inicial y 5 fases de tratamiento en los que se trabajarán diferentes ejercicios en función de los objetivos propuestos (Figura 5).



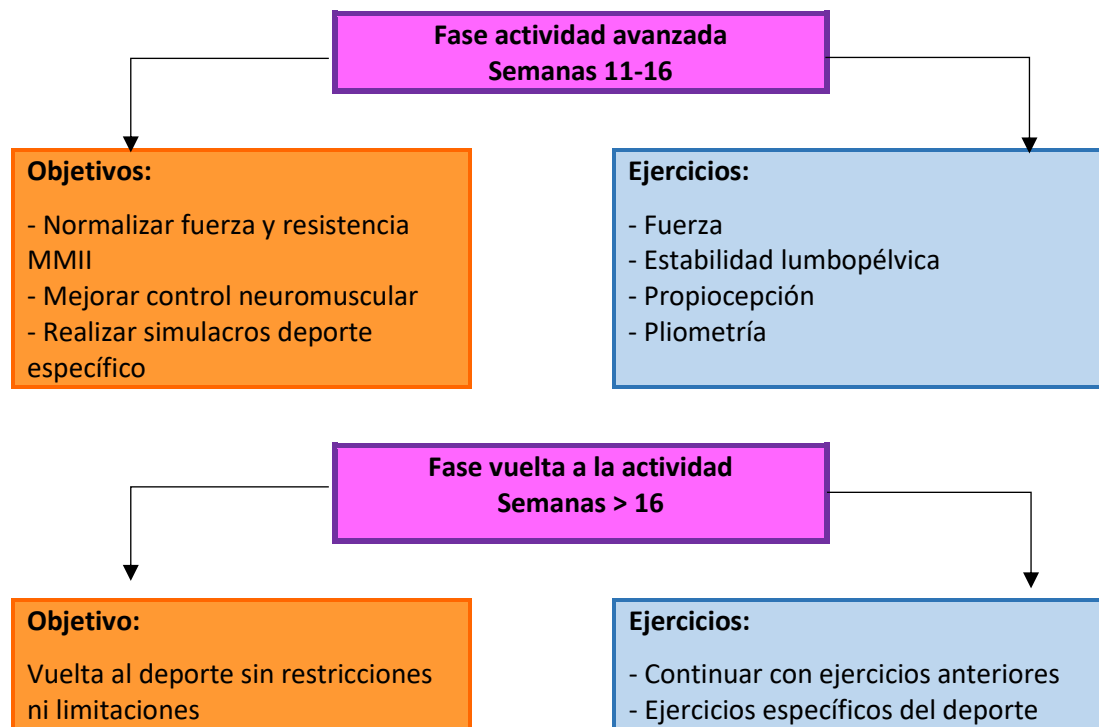


Figura 5: Algoritmo de tratamiento.

7.4. Valoración del tratamiento

Tras sufrir una rotura del LCA o después de una RLCA, es imprescindible valorar el patrón de movimiento, el control propioceptivo y la capacidad funcional dinámica. En las últimas investigaciones realizadas no ha habido un consenso sobre pruebas deben utilizarse para prevenir lesiones secundarias y proteger la rodilla de la manera más efectiva. A la hora de proponer la valoración se han tenido en cuenta las características de los centros ambulatorios. Por ello, se han sugerido 2 programas que pueden abarcar los objetivos propuestos de manera satisfactoria: el FMS (Sistema de Movimiento Funcional) y el YBT-LQ (Prueba de equilibrio y miembro inferior).

FMS

Evalúa los patrones de movimiento funcional con una serie de pruebas que requieren movilidad y estabilidad. Es un programa que consiste en 7 ejercicios, que incluyen:

- Sentadilla profunda
- Paso de valla en prono
- Estocada frontal
- Movilidad del hombro
- Elevación activa de la pierna estirada
- Estabilidad de tronco en plancha
- Estabilidad rotativa.

El objetivo de estos ejercicios es detectar patrones anormales de movimiento y, déficits de fuerza y movilidad del aparato locomotor(47). Gran parte de los ejercicios se realizan en CKC, por lo que la debilidad en parte de la cadena puede causar compensaciones. Los déficits en cada ejercicio pueden detectar falta de fuerza, rango de movimiento y control neuromuscular de los grupos musculares.

YBT-LQ

Es un programa derivado del test SEBT y mide el equilibrio y el control dinámico. Se ha observado que las medidas de equilibrio dinámico y el bajo rendimiento o asimétrico se asocia a un elevado riesgo de lesión de extremidades inferiores(47).

El ejercicio consiste en colocarse en apoyo monopodal, y con la pierna contralateral alcanzar el indicador en dirección anterior, posteromedial y posterolateral en

relación con el pie de apoyo. Se realiza con ambas piernas. Las medidas obtenidas son de suma importancia ya que los déficits unilaterales pueden enmascarse durante los ejercicios bilaterales.

TESTS FUNCIONALES (Anexo 2)

- **Test de Lachman:** Se valora la integridad del LCA. Con la rodilla en flexión de 20-30º el fisioterapeuta tracciona la tibia hacia anterior fijando el fémur. Si el LCA está intacto, evita la traslación anterior de la tibia sobre el fémur(48).
- **Pivot Shift:** Es una prueba dinámica pero pasiva de la estabilidad de la rodilla. El test consiste en una flexión y fuerza en valgo de la rodilla, partiendo desde una posición de extensión. Si la prueba es positiva, hay una lesión de LCA(49).
- **Cajón anterior:** Es un test que consiste en aplicar una tracción posteroanterior de la parte proximal de la tibia, partiendo de una flexión de 90º de rodilla(50).
- **ROM rodilla:** Se realizan movimientos de flexo-extensión de rodilla, tanto activos como pasivos. Se miden con un goniómetro los grados de movilidad.

CUESTIONARIOS

- **Escala de rodilla de Lysholm:** Clasifica el agrado subjetivo de los pacientes en relación con la capacidad funcional. Valora la función de la rodilla y se enfoca en los síntomas durante la actividad diaria(51).
- **Cuestionario ACL-QOL:** El cuestionario fue desarrollado usando la metodología descrita (*Guyatt et al.1986*) para valorar la calidad de vida de los pacientes con una lesión de LCA. Está basada en la percepción de rendimiento de los sujetos en cuanto a su función física y ocupacional, estado psicológico, interacción social y sensación somática(52).
- **Cuestionario IKDC 2000:** Es una escala subjetiva que proporciona a los pacientes una puntuación de función general. Este cuestionario analiza los síntomas, la actividad deportiva y la función de la rodilla(53).

7.5. Ejercicios propuestos

La rehabilitación debería comenzar, lo antes posible, antes de la cirugía. Es muy importante reducir la hinchazón, la inflamación y el dolor como primera medida. A continuación, se procederá a restaurar el ROM normal, normalizar el paso y prevenir la atrofia muscular previa a la RLCA(45). El objetivo prioritario es que la rodilla vuelva a su estado previo a la cirugía, y si cabe la posibilidad, mejorarlo. Para ello, también es importante educar al paciente, informándole acerca del procedimiento de la operación y la rehabilitación.

Siguiendo estos criterios, se proponen los siguientes ejercicios (Anexo 3) para alcanzar los objetivos propuestos.

1. DOLOR E INFLAMACIÓN

La primera semana de rehabilitación es imprescindible el control el dolor, la inflamación y la hinchazón. Resulta imposible avanzar en la rehabilitación si hay dolor e hinchazón en la rodilla. Por lo que para poder progresar en la recuperación se deben tratar primero estos dos aspectos.

El dolor y la hinchazón se pueden tratar con crioterapia, estimulación eléctrica y PROM. Para la estimulación eléctrica utilizaremos el TENS, cuya función es reducir la hiperalgesia producida por la inflamación de la articulación de la rodilla(54). En cuanto al PROM, se ha visto en estudios previos, que el CPM tiene efectos inmediatos en la curación de tejidos blandos, hueso y cartílago. También en la hinchazón y la función articular(55). Se prescribe como mínimo 16 horas de movimientos pasivo continuo los primeros 3 días. El rango inicial durante este periodo es de 0º a 60º.

A la vez que se realizan tratamientos para reducir el dolor y la inflamación, se incluyen actividades de soporte de peso. De esta manera se mejora la funcionalidad de la rodilla de manera más rápida. Para realizar estos ejercicios es necesaria la utilización de una férula que bloquee la rodilla en extensión, ya que el cuádriceps se encuentra aún inhibido. La férula se utiliza de manera ininterrumpida las 2 primeras semanas tras la cirugía, y los pacientes progresan a un soporte de peso completo a los 10-14 días(45).

2. ROM

Extensión pasiva completa de la rodilla

La pérdida de extensión de la rodilla es la complicación más común tras la LCA(56). da lugar a una artrocinemática articular anormal, formación de cicatriz en la cara anterior de la rodilla y aumentos de presión en la articulación patelofemoral y tibiofemoral. El objetivo es conseguir unos grados de hiperextensión durante los primeros días de rehabilitación, así como trabajar en la restauración del movimiento simétrico.

Los ejercicios propuestos son los siguientes:

1. ***Prone Hang***: Consiste en colocar al paciente en decúbito prono, de manera que las piernas salgan de la camilla de rodilla para abajo(57). De esta manera favorecemos la extensión de la rodilla por el efecto de la gravedad.
2. **Estiramientos de isquiotibiales y gastrocnemios**: El paciente se coloca en decúbito supino. Para el estiramiento del isquiotibial se coloca una cuña bajo la rodilla. Para el estiramiento de los gastrocnemios una toalla bajo el talón. Se puede colocar un peso de 4'5kg en la parte distal del fémur para favorecer la hiperextensión de la rodilla(57,58).

Con estos estiramientos se previene la contractura de la articulación en flexión.

A medida que se va consiguiendo la hiperextensión de la rodilla, también se va a trabajar la flexión. Para ello se realizarán los siguientes ejercicios:

1. ***Heel Slides***: El paciente se coloca en decúbito supino con las rodillas extendidas. El ejercicio trata de flexionar la rodilla, arrastrando el pie por la camilla(57).

Restaurar el movimiento patelar

La movilidad de la rótula es necesaria para la restauración completa de la movilidad. También hay que tener en cuenta la importancia que tiene para la función del cuádriceps y la protección que proporciona respecto al desgaste excesivo, así como la prevención del dolor anterior de la rodilla. Las causas de la pérdida de movilidad

se deben a las adherencias del tejido cicatricial en el retináculo medial y lateral y restricciones en la almohadilla grasa(45).

Los ejercicios propuestos son los siguientes:

- **Movilizaciones de la rótula:** Se realizan en todas las direcciones, medial/lateral y superior/inferior(57). Se hace hincapié en la dirección superior, ya que es la dirección en la que se va a mover la rótula cuando se contrae el cuádriceps.
- **Fibrólisis diacutánea(59):** Se realizará esta técnica tanto en el compartimento lateral como medial. Se conseguirá romper la fibrosis y evitar adherencias entre tejidos que puede provocar dolor.

3. FUERZA ANALÍTICA Y FUNCIONAL: ESTABLECER EL CONTROL VOLUNTARIO DEL CUADRICEPS

Los pacientes con déficit de LCA, RLCA o dolor en la parte anterior de rodilla presentan comúnmente un fallo bilateral en la activación del cuádriceps(60). Esta inhibición del cuádriceps se da en presencia de dolor sobre todo en las etapas tempranas de la rehabilitación. En muchas ocasiones se utiliza la electroestimulación para facilitar la activación del cuádriceps. Últimos estudios realizados(61), confirman que la utilización de la electroestimulación a la vez que se realiza el ejercicio es más eficiente a la hora de aumentar la fuerza muscular tras la RLCA.

Los avances en el fortalecimiento son dictados por el paciente, ya que no debe aparecer dolor articular o hinchazón a la hora de realizar los ejercicios. En esta fase es fundamental el enfoque que se le da a la técnica, así como evitar las compensaciones mecánicas(57).

- Ejercicios WB

1. **Squats:** Este ejercicio genera una mínima fuerza de tensión en el LCA, ya que se produce una gran activación de la musculatura isquiotibial. La tensión que produce el squat en el LCA varía dependiendo del ángulo de flexión de rodilla. La mayor tensión se produce a los 10º-30º, mientras que esta tensión se reduce cuando el ángulo de flexión de rodilla sobrepasa los 60º(7). Otros de los factores que influye en la tensión del LCA es la posición del tronco; si se mantiene una posición erguida, disminuye la actividad de los isquiotibiales y aumenta la contracción del cuádriceps, proporcionando mayor tensión al LCA. Sin embargo, si se anterioriza el tronco (de 30º a 40º) aumenta la actividad de los isquiotibiales y, por lo tanto, disminuye la tensión del LCA. Por otro lado, se ha observado que se produce un mayor pico de carga en un squat monopodal que en un squat bilateral. Por ello, es recomendable comenzar la rehabilitación con el ejercicio bilateral y continuar después con la monopodal(7).

De esta manera, la progresión del squat se realizará en base al ángulo de flexión de rodilla, la posición del tronco y el tipo de apoyo (bilateral o monopodal). Cuando haya una buena técnica del ejercicio se puede realizar también en superficies inestables.

2. **Lunges:** Al igual que ocurre en los squats, la tensión que sufre el LCA es mayor en los grados de flexión de rodilla <30º, debido a la alta activación de los isquiotibiales. La inclinación anterior de tronco también produce el mismo efecto que en los squats(7). Es importante comenzar a trabajar a baja intensidad y con un ROM limitado a 0º-45º de flexión de rodilla(62). Cuando la rodilla se vuelva más móvil, se progresará a un ROM completo, donde también se podrá trabajar el reclutamiento de la musculatura de la cadera.
3. **Leg Press:** En la rehabilitación el paciente comienza con el press de pierna en ángulos de rodilla entre 0º y 45º, que aumentará hasta los 90º a medida que disminuya la hinchazón y mejore la fuerza del miembro inferior(7). Es un ejercicio que requiere una gran activación del cuádriceps, por lo que puede ser un buen ejercicio para disminuir la carga del LCA a medida que se aumentan los grados de flexión de rodilla(63). La prensa de piernas facilita el

control de los efectos de la gravedad, la correcta alineación del cuerpo y la rodilla, y el reclutamiento de los músculos de la cadera(7).

- Ejercicios NWB

Hacen referencia a los ejercicios en OKC. Como hemos podido observar en la revisión realizada, los ejercicios en OKC mejoran la flexión de rodilla, la fuerza del cuádriceps e isquiotibial y no aumentan la laxitud anterior de la rodilla. Debemos tener en cuenta que se produce una mayor tensión del LCA en ejercicios NWB que en los ejercicios WB(45). En los ejercicios NWB las cargas tensiles ocurren de 0º a 30º de flexión de rodilla, alcanzando su punto máximo en 150N, mientras que en los ejercicios WB el pico es de 50N.

El ejercicio más utilizado en los estudios analizados es la **extensión de rodilla en sedestación** (7,30,33).

4. RESTAURAR EL CONTROL NEUROMUSCULAR

Además de la fuerza, los ejercicios que enfatizan la estabilización lumbopélvica y de la cadera son necesarios para restaurar el control neuromuscular. Estudios previos basados en la evidencia(62,64) describen que la debilidad de los abductores de cadera y rotadores externos se asocia con el colapso en valgo en las lesiones de LCA. Los ejercicios propuestos para la cadera son los siguientes:

1. **Abducción de cadera:** Este ejercicio se puede realizar en varias posiciones. Primero se realizará en decúbito supino, pidiendo únicamente una abducción de la cadera trabajando sin el efecto de la gravedad y concienciado al paciente cual es la parte que hay que trabajar. Posteriormente, el paciente de pie apoyado en la pared realizará el mismo ejercicio; de esta manera comprometemos la propiocepción. En ambas posiciones se puede incluir Un *Theraband* para aumentar la dificultad y provocar un mayor reclutamiento de las fibras abdominales y glúteas.
2. **Marcha lateral:** Es un ejercicio para trabajar el glúteo medio. Consiste en dar pasos laterales, de manera que la cadera realice un abducción y ligera rotación interna. Es importante que el paciente realice el ejercicio con flexión de rodilla, y se le colocará un *Theraband* en las rodillas.

Para trabajar la estabilidad lumbopélvica hay que incluir ejercicios que hagan hincapié en la contracción de la musculatura abdominal.

1. Puentes frontales y laterales: Se comienza con el puente frontal, pidiendo al paciente que mantenga la espalda recta, activando la musculatura abdominal y los glúteos. El siguiente paso es hacer el puente lateral, pidiendo una anteriorización de la cadera y de nuevo, activación de los abdominales y de los glúteos. La progresión de este ejercicio es la siguiente:

- Realizar una abducción y extensión de cadera. Se puede realizar también con *TheraBand* en rodillas o colocando un peso en la zona lumbar
- Colocar una superficie inestable en los antebrazos. Cuando haya suficiente control, se colocará en las piernas.

2. Elevación de la pelvis: Es un ejercicio que trabaja la musculatura que estabiliza la rodilla, así como la faja abdominal y los glúteos. Consiste en realizar una elevación de la pelvis, con los pies apoyados en el suelo. Es recomendable colocar un *TheraBand* en las rodillas para evitar el valgo. También se puede realizar con un *fitball* bajo los talones aumentando así la inestabilidad. El siguiente paso a este ejercicio es el *hip thrust*.

- *Hip Thrust:* Es un ejercicio exclusivo para los glúteos. Para su ejecución, el paciente apoya la espalda en un banco y, como en el anterior ejercicio, eleva la pelvis. Para aumentar la dificultad se utiliza una barra de peso, que se coloca por encima de la pelvis. También se apoya la espalda en un *fitball*, pasando a una superficie de apoyo inestable.

Como parte de la progresión también se deben incluir los ejercicios de propiocepción y perturbación, para aumentar la estabilidad dinámica y mejorar la función de la rodilla(62). Las perturbaciones se pueden reproducir, por ejemplo, mediante tablas de inclinación o rodillos, pero también se pueden modificar y realizarlas mientras están haciendo otra actividad. Añadir una segunda tarea disminuye el control postural(42) de los pacientes, por lo tanto, el objetivo será que aplique las respuestas protectoras aprendidas a situaciones funcionales.

1. Estabilidad estática: Hace referencia a la capacidad del sujeto de mantenerse sobre una superficie estable con el mínimo movimiento compensatorio posible(65). Se pueden describir los siguientes ejercicios:

- Mantener la posición erguida con los ojos cerrados. La progresión es el apoyo monopodal(40).
- Mantener la posición en superficie inestable. La progresión es el apoyo monopodal.
- Mantener la posición mientras se hace una recepción de balón. La progresión es el apoyo monopodal.

Se pueden incluir una gran variedad de modificaciones y progresiones, dependiendo del material que se disponga en la instalación y la creatividad del fisioterapeuta.

2. Estabilidad dinámica: Es la capacidad de mantenerse estable mientras se pasa de un estado dinámico a uno estático(65).

- Caída desde *step*: Consiste en dejar caer la pierna desde el step hasta apoyarlo en el suelo. Es importante mantener la espalda erguida y evitar la flexión de cadera. Se realizará tanto hacia delante como hacia los laterales.
- Descargas: Son saltos unilaterales por encima de una línea de conos (u otro material parecido), manteniendo la posición tras el aterrizaje. Estas descargas se realizan primero hacia delante, después hacia los laterales, y finalmente, diagonalmente. Para aumentar la dificultad, los saltos se realizan sobre una superficie inestable.
- Salto y recepción: Consiste en saltar a una superficie inestable y atrapar un balón. Se realizará tanto hacia delante como hacia los laterales.

3. SEBT: Desafía la capacidad del paciente de mantener una base de apoyo estable mientras se realiza el movimiento de alcance con la otra pierna(39). Para aumentar la dificultad el paciente realizará el ejercicio con un peso, o se situará sobre una superficie inestable.

5. PLIOMETRÍA

Las actividades de saltos se deben prescribir de manera que permita al paciente mejorar la potencia y rendimiento de la rodilla garantizando un adecuado nivel de seguridad(62). En los ejercicios pliométricos hay que tener en cuenta la calidad del movimiento, así como la posición de la rodilla, que puede desviarse a valgo con aducción de cadera y rotación interna, aumentando así la carga del LCA(66).

Inicialmente se utilizan ejercicios centrados en el aterrizaje y la absorción de fuerza a través del miembro inferior(62). La progresión se realizará aumentando la altura y la distancia de salto, la dirección e incluyendo otra actividad adicional.

Se realizarán los siguientes ejercicios:

- **Drop Jump:** Observaremos la fuerza reactiva que tiene el miembro inferior. También permite valorar los patrones de movimiento aberrantes como pueden ser la caída de la cadera contralateral, el valgo de rodilla y el aumento de flexión plantar contralateral(44,67). Para mejorar este patrón de valgo de rodilla, se le colocará una *Theraband* al paciente, para evitar que las rodillas vayan hacia dentro. La progresión de este ejercicio será el siguiente:
 - De salto bilateral a monopodal.
 - De aterrizaje en superficie estable a superficie inestable.
- **Line Jumps:** En este ejercicio se puede trabajar tanto en el plano frontal como en el plano sagital. Los saltos inicialmente se realizarán bilateralmente, saltando hacia delante y hacia atrás sobre una línea; posteriormente, se realizará saltando de lado a lado de la línea. La progresión es igual que en los *drop jumps*.

Estos ejercicios y sus respectivas progresiones son actividades pliométricas básicas para la rehabilitación del LCA. En el caso de querer aumentar la dificultad y la demanda de la rodilla, se pueden incluir triples saltos, *crossover jumps*, recepciones de balón durante el salto, e incluso combinar un *squat* con un *lunge*. Estas progresiones dependerán de las necesidades de cada individuo.

7.6. Guía de tratamiento

La rehabilitación tras la RLCA evoluciona continuamente y de forma rápida los últimos años debido, especialmente, a los diferentes procedimientos quirúrgicos que se desarrollan para tratar este tipo de lesiones. Sin embargo, el programa óptimo de rehabilitación del LCA es objeto de debate, ya que depende de diferentes factores, como el estado físico del sujeto y la respuesta a la rehabilitación. Por ello, la idea de establecer un algoritmo ambulatorio de rehabilitación de lesiones de LCA se basa en dos estudios recientes, **Yabroudi et al., 2013** y **Wilk et al., 2017**.

El programa de rehabilitación estará compuesto por 4 fases, que incluye: una fase postoperatoria inmediata, una fase de rehabilitación temprana, una fase de control progresivo de fortalecimiento/neuromuscular, una fase de actividad avanzada y una última fase de vuelta a la actividad.

1. FASE POSTOPERATORIA INMEDIATA (Días 1-7)

Objetivos:

- Disminución del dolor, inflamación e hinchazón.
- Restaurar extensión pasiva completa de la rodilla
- Aumentar progresivamente la flexión de rodilla
- Restaurar la movilidad patelar
- Reestablecer la marcha independiente con férula.

Ejercicios:

- I. Dolor e inflamación
 - i. Crioterapia
 - ii. PROM: Movimientos de flexión y extensión
 - iii. TENS: Electroestimulación del cuádriceps
 - iv. Bombeos de tobillo
- II. Extensión pasiva completa
 - i. *Prone Hang*
 - ii. Estiramiento isquiotibiales y gastrocnemios
 - iii. *Heel Slides*
 - iv. Flexión y extensión pasiva de rodilla ayudada por la pierna sana
- III. Movilidad patelar
 - i. Movilizaciones de la rótula
 - ii. Fibrolisis diacutánea
- IV. Estabilidad lumbopélvica
 - i. Contracción activa del transverso abdominal
 - ii. Puentes frontales y laterales: En el ejercicio lateral la pierna afectada se coloca arriba
- V. Marcha
 - i. Deambulación con férula bloqueada en hiperextensión
 - ii. Transferencias de peso de pierna a pierna

2. FASE DE REHABILITACIÓN TEMPRANA (Semanas 2-5)

Objetivos:

- Eliminar el dolor y la inflamación
- Mantener la extensión pasiva completa lograda
- Comenzar con el control y activación de la musculatura
- Comenzar a trabajar la propiocepción y control neuromuscular
- Establecer una marcha funcional sin férula ni muletas

Ejercicios:

- I. ROM: Se debe lograr un rango entre 0-100/105º
 - i. Continuar con los ejercicios del apartado anterior
 - ii. Extensión simétrica
- II. Fuerza
 - i. Contracciones isométricas de cuádriceps
 - ii. *Squat* bilateral con *Theraband*: 60-100º de flexión de rodilla
 - iii. *Leg press*: 0-45º flexión de rodilla
- III. Estabilidad lumbopélvica
 - i. Apoyo monopodal sobre la pierna sana: La pierna lesionada realiza abducción de cadera. También se realiza el ejercicio con extensión de cadera.
 - ii. Puentes frontales y laterales: Extensión y abducción de cadera con pierna recta
 - iii. Elevación de la pelvis
- IV. Marcha
 - i. Continuar con las transferencias de peso
 - ii. Deambulación sin férula ni muletas: En diferentes direcciones

3. FASE DE CONTROL PROGRESIVO DE FORTALECIMIENTO/NEUROMUSCULAR (Semanas 6-10)

Objetivos:

- Mejorar la fuerza y resistencia de la extremidad inferior
- Mejorar estabilidad y control neuromuscular
- Recuperar la confianza y seguridad en el miembro afecto

Ejercicios:

I. ROM

- i. Continuar con los ejercicios de las fases anteriores. Hincapié en posibles déficits.

II. Fuerza

- i. *Squat* unilateral.
- ii. *Squat* bilateral en superficie inestable
- iii. *Lunges* hacia delante y laterales
- iv. *Leg press*: 0-90°

III. Estabilidad lumbopélvica

- i. Puentes frontales y laterales en superficie inestable
- ii. Elevación de la pelvis sobre superficie inestable

IV. Propiocepción

- i. Mantener postura bilateral y monopodal. Ojos abiertos y cerrados.
- ii. Test SEBT
- iii. Caídas frontales desde *step*

4. FASE DE ACTIVIDAD AVANZADA (Semanas 11-16)

Objetivos:

- Normalizar la fuerza y resistencia de la extremidad inferior
- Mejorar el control neuromuscular
- Realizar simulacros del deporte específico

Ejercicios:

I. Fuerza

- i. Continuar con ejercicios de la fase anterior

II. Estabilidad lumbopélvica

- i. Continuar con los ejercicios de las fases anteriores

III. Propiocepción

Se incluirán ejercicios en todos los planos.

- i. Descargas anteroposteriores, laterales y diagonales.
- ii. Desplazamientos anteroposteriores y laterales en un bosu.
- iii. Desplazamientos laterales de bosu a bosu.
- iv. *Squat* en superficie inestable atrapando balón. De bilateral a unilateral.

IV. Pliometría

- i. *Drop Jump*. De bilateral a unilateral. De superficie estable a inestable.
- ii. *Line jumps*.
- iii. *Crossover jumps*.

5. FASE DE VUELTA A LA ACTIVIDAD (Semanas > 16)

Objetivo: Establecer una vuelta al deporte sin restricciones ni limitaciones.

Se realizarán los mismos ejercicios que en las fases y se incluirán ejercicios que reproduzcan los movimientos que se dan en el deporte que practique el paciente.

Se pueden realizar ejercicios que se adapten a todo tipo de deportes:

- *Sprints* multidireccionales
- Carrera con cambios de dirección y velocidad.
- Acciones de aceleración y frenado.

8. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento al director de este trabajo, Mikel Izquierdo, por sus consejos, asesoramiento y ayuda en la elaboración del trabajo.

A mi familia, en especial a mis padres y hermano, por su incondicional apoyo durante estos duros y bonitos años de carrera. Gracias por estar siempre que lo he necesitado.

A mis compañeros de piso, por soportarme en los malos momentos y por hacer del tiempo vivido, un recuerdo inolvidable.

A mis amigos, por ayudarme a desconectar y reír siempre. Gracias por ser como sois.

Por último, gracias a todas las personas que de una manera u otra habéis participado en la elaboración de este trabajo.

A todos ellos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. McCarthy MM, Voos JE, Nguyen JT, Callahan L, Hannafin JA. Injury profile in elite female basketball athletes at the Women's National Basketball Association combine. *Am J Sports Med.* marzo de 2013;41(3):645-51.
2. Serpell BG, Scarvell JM, Ball NB, Smith PN. Mechanisms and risk factors for noncontact ACL injury in age mature athletes who engage in field or court sports: a summary of the literature since 1980. *J Strength Cond Res.* noviembre de 2012;26(11):3160-76.
3. Barber Foss KD, Myer GD, Hewett TE. Epidemiology of basketball, soccer, and volleyball injuries in middle-school female athletes. *Phys Sportsmed.* mayo de 2014;42(2):146-53.
4. Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med.* marzo de 2005;39(3):127-31.
5. Forriol F, Maestro A, Vaquero Martín J. El Ligamento cruzado anterior: morfología y función [Internet]. Disponible en: http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v19s1/pdf/02_01.pdf
6. de Jong SN, van Caspel DR, van Haeff MJ, Saris DBF. Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* enero de 2007;23(1):21-8, 28.e1-3.
7. Escamilla RF, Macleod TD, Wilk KE, Paulos L, Andrews JR. Anterior cruciate ligament strain and tensile forces for weight-bearing and non-weight-bearing exercises: a guide to exercise selection. *J Orthop Sports Phys Ther.* marzo de 2012;42(3):208-20.
8. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* julio de 2012;22(4):349-55.
9. Articulación de la rodilla y su mecánica articular [Internet]. [citado 3 de mayo de 2018]. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm
10. Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* marzo de 1997;15(2):285-93.
11. Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br.* marzo de 1991;73(2):260-7.

12. Markatos K, Kaseta MK, Lалlos SN, Korres DS, Efstathopoulos N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol.* octubre de 2013;23(7):747-52.
13. Joseph M, Tiberio D, Baird JL, Trojian TH, Anderson JM, Kraemer WJ, et al. Knee valgus during drop jumps in National Collegiate Athletic Association Division I female athletes: the effect of a medial post. *Am J Sports Med.* febrero de 2008;36(2):285-9.
14. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med.* noviembre de 2010;38(11):2218-25.
15. Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Non-contact ACL Injuries: Mechanisms and Risk Factors. *J Am Acad Orthop Surg.* septiembre de 2010;18(9):520-7.
16. Beynnon BD, Fleming BC. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: a review of previous work. *J Biomech.* junio de 1998;31(6):519-25.
17. Simonsen EB, Magnusson SP, Bencke J, Naesborg H, Havkrog M, Ebstrup JF, et al. Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver? *Scand J Med Sci Sports.* abril de 2000;10(2):78-84.
18. Boden BP, Breit I, Sheehan FT. Tibiofemoral alignment: contributing factors to noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Bone Joint Surg Am.* octubre de 2009;91(10):2381-9.
19. Hashemi J, Chandrashekar N, Gill B, Beynnon BD, Slauterbeck JR, Schutt RC, et al. The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint. *J Bone Joint Surg Am.* diciembre de 2008;90(12):2724-34.
20. Yeow CH, Cheong CH, Ng KS, Lee PVS, Goh JCH. Anterior cruciate ligament failure and cartilage damage during knee joint compression: a preliminary study based on the porcine model. *Am J Sports Med.* mayo de 2008;36(5):934-42.
21. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies. *Curr Sports Med Rep.* junio de 2014;13(3):186-91.
22. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynnon B, Fukubayashi T, Garrett W, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med.* junio de 2008;42(6):394-412.
23. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scand J Med Sci Sports.* octubre de 2003;13(5):299-304.

24. Kulczycka P, Larbi A, Malghem J, Thienpont E, Vande Berg B, Lecouvet F. Imaging ACL reconstructions and their complications. *Diagn Interv Imaging*. enero de 2015;96(1):11-9.
25. Lecouvet F, Malghem J, Poilvache P, Vande Berg B. 2108 Genou : imagerie des lesions ligamentaires, des ligamentoplasties et de leurs complications. *J Radiol*. 1 de septiembre de 2004;85(9):1179.
26. Lind M, Menhert F, Pedersen AB. The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 year follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1 de febrero de 2009;17(2):117-24.
27. Bencardino JT, Beltran J, Feldman MI, Rose DJ. MR imaging of complications of anterior cruciate ligament graft reconstruction. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc*. noviembre de 2009;29(7):2115-26.
28. Papakonstantinou O, Chung CB, Chanchairujira K, Resnick DL. Complications of anterior cruciate ligament reconstruction: MR imaging. *Eur Radiol*. mayo de 2003;13(5):1106-17.
29. Howell SM, Clark JA. Tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstructions and graft impingement. *Clin Orthop*. octubre de 1992;(283):187-95.
30. Barcellona MG, Morrissey MC, Milligan P, Clinton M, Amis AA. The effect of knee extensor open kinetic chain resistance training in the ACL-injured knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. noviembre de 2015;23(11):3168-77.
31. Fukuda TY, Fingerhut D, Moreira VC, Camarini PMF, Scodeller NF, Duarte A, et al. Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med*. abril de 2013;41(4):788-94.
32. Kınıklı GI, Yüksel I, Baltacı G, Atay OA. The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2014;48(3):283-9.
33. Bieler T, Sobol NA, Andersen LL, Kiel P, Løfholm P, Aagaard P, et al. The effects of high-intensity versus low-intensity resistance training on leg extensor power and recovery of knee function after ACL-reconstruction. *BioMed Res Int*. 2014;2014:278512.
34. Blackburn JT, Norcross MF. The effects of isometric and isotonic training on hamstring stiffness and anterior cruciate ligament loading mechanisms. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol*. febrero de 2014;24(1):98-103.

35. Grapar Zargi T, Drobnic M, Jkoder J, Strazar K, Kacin A. The effects of preconditioning with ischemic exercise on quadriceps femoris muscle atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction: a quasi-randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* junio de 2016;52(3):310-20.
36. Chmielewski TL, George SZ, Tillman SM, Moser MW, Lentz TA, Indelicato PA, et al. Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* marzo de 2016;44(3):609-17.
37. Ageberg E, Zätterström R, Moritz U, Fridén T. Influence of supervised and nonsupervised training on postural control after an acute anterior cruciate ligament rupture: a three-year longitudinal prospective study. *J Orthop Sports Phys Ther.* noviembre de 2001;31(11):632-44.
38. Pistone EM, Laudani L, Camillieri G, Di Cagno A, Tomassi G, Macaluso A, et al. Effects of early whole-body vibration treatment on knee neuromuscular function and postural control after anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med.* 11 de noviembre de 2016;48(10):880-6.
39. Asadi A, Saez de Villarreal E, Arazi H. The Effects of Plyometric Type Neuromuscular Training on Postural Control Performance of Male Team Basketball Players. *J Strength Cond Res.* julio de 2015;29(7):1870-5.
40. Akbari A, Ghiasi F, Mir M, Hosseinifar M. The Effects of Balance Training on Static and Dynamic Postural Stability Indices After Acute ACL Reconstruction. *Glob J Health Sci.* 31 de julio de 2015;8(4):68-81.
41. Pfile KR, Hart JM, Herman DC, Hertel J, Kerrigan DC, Ingersoll CD. Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *J Athl Train.* agosto de 2013;48(4):450-62.
42. Howells BE, Clark RA, Ardern CL, Bryant AL, Feller JA, Whitehead TS, et al. The assessment of postural control and the influence of a secondary task in people with anterior cruciate ligament reconstructed knees using a Nintendo Wii Balance Board. *Br J Sports Med.* septiembre de 2013;47(14):914-9.
43. Ellman MB, Sherman SL, Forsythe B, LaPrade RF, Cole BJ, Bach BR. Return to play following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg.* mayo de 2015;23(5):283-96.
44. Morris RC, Hulstyn MJ, Fleming BC, Owens BD, Fadale PD. Return to Play Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Clin Sports Med.* octubre de 2016;35(4):655-68.
45. Wilk KE, Macrina LC, Cain EL, Dugas JR, Andrews JR. Recent advances in the rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries. *J Orthop Sports Phys Ther.* marzo de 2012;42(3):153-71.

46. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* junio de 1990;18(3):292-9.
47. Mayer SW, Queen RM, Taylor D, Moorman CT, Toth AP, Garrett WE, et al. Functional Testing Differences in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients Released Versus Not Released to Return to Sport. *Am J Sports Med.* julio de 2015;43(7):1648-55.
48. Lachman Test [Internet]. Physiopedia. [citado 29 de abril de 2018]. Disponible en: https://www.physio-pedia.com/Lachman_Test
49. Pivot Shift [Internet]. Physiopedia. [citado 29 de abril de 2018]. Disponible en: https://www.physio-pedia.com/Pivot_Shift
50. LA PRUEBA DEL CAJÓN ANTERIOR TRAS CIRUGÍA | Fisioterapia [Internet]. [citado 29 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/fisioterapia/2011/09/05/la-prueba-del-cajon-anterior-tras-cirugia/>
51. Dr. Francisco Arcuri, Dr. Eduardo Abalo, Dr. Fernando Barclay. Uso de escores para evaluación de resultados en cirugía del Ligamento Cruzado Anterior [Internet]. Disponible en: <https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-antteriores/2010/volumen-17-numero-3/64-volumen-05-numero-1/volumen-17-numero-3/606-uso-de-escores-para-evaluacion-de-resultados-en-cirugia-del-ligamento-cruzado-anterior>
52. Mohtadi N. Development and validation of the quality of life outcome measure (questionnaire) for chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Am J Sports Med.* junio de 1998;26(3):350-9.
53. International Knee Documentation Committee (IKDC Questionnaire) [Internet]. CODE Technology | We Collect Orthopedic Patient Outcomes. [citado 29 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.codetechnology.com/international-knee-documentation-committee-ikdc/>
54. DeSantana JM, Walsh DM, Vance C, Rakel BA, Sluka KA. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of hyperalgesia and pain. *Curr Rheumatol Rep.* diciembre de 2008;10(6):492-9.
55. The Effects of Immediate Continuous Passive Motion on Pain during the Inflammatory Phase of Soft Tissue Healing following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1 de febrero de 1993;17(2):96-101.
56. Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A, DeCarlo M. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med.* agosto de 1991;19(4):332-6.

57. Malempati C, Jurjans J, Noehren B, Ireland ML, Johnson DL. Current Rehabilitation Concepts for Anterior Cruciate Ligament Surgery in Athletes. *Orthopedics*. noviembre de 2015;38(11):689-96.
58. 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*. enero de 2017;36(1):189-232.
59. Fanlo-Mazas P, Bueno-Gracia E, de Escudero-Zapico AR, Tricás-Moreno JM, Lucha-López MO. The Effect of Diacutaneous Fibrolysis on Patellar Position Measured Using Ultrasound Scanning in Patellofemoral Pain Syndrome Patients. *J Sport Rehabil*. 13 de abril de 2018;1-23.
60. al HJ et. Quadriceps activation following knee injuries: a systematic review. - PubMed - NCBI [Internet]. [citado 25 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20064053>
61. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Quadriceps Strength, Function, and Patient-Oriented Outcomes : A Systematic Review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1 de julio de 2010;40(7):383-91.
62. Yabroudi MA, Irrgang JJ. Rehabilitation and Return to Play After Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Clin Sports Med*. 1 de enero de 2013;32(1):165-75.
63. Escamilla RF, Macleod TD, Wilk KE, Paulos L, Andrews JR. Cruciate ligament loading during common knee rehabilitation exercises. *Proc Inst Mech Eng [H]*. septiembre de 2012;226(9):670-80.
64. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. junio de 2004;36(6):926-34.
65. Estabilidad Estática y Estabilidad Dinámica - Equipo Physical [Internet]. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). [citado 29 de abril de 2018]. Disponible en: <https://g-se.com/estabilidad-estatica-y-estabilidad-dinamica-bp-e57cfb26d42edd>
66. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med*. diciembre de 1996;24(6):765-73.
67. Earl JE, Monteiro SK, Snyder KR. Differences in lower extremity kinematics between a bilateral drop-vertical jump and a single-leg step-down. *J Orthop Sports Phys Ther*. mayo de 2007;37(5):245-52.

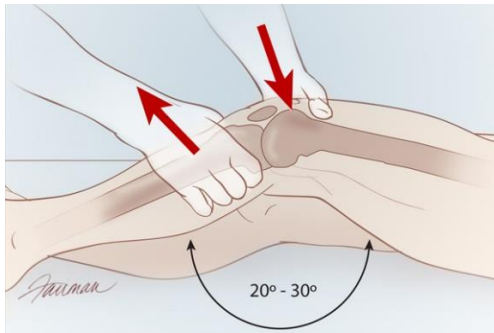
10. ANEXOS

Anexo 1

Autor <i>et al.</i> (año)	Revista	Journal Citation Reports (JCR)			SCImago Journal & Country Rank (SJR)		
		Factor impacto	Categoría	Posición en categoría	Factor impacto	Categoría	Posición en categoría
Año: 2014 Autor: Barcellona et al.	Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc	3,053	Sport Sciences	9/81	1,862	Q1	96
Año: 2014 Autor: Bieler et al.	BioMed Research International	1,576	Medicine, research & experimental	85/123	0,843	Q2	72
Año: 2013 Autor: Blackburn et al.	J. Electromyogr. Kinesiol.	1,647	Sport Sciences	37/81	0,995	Q2	61
Año: 2013 Autor: Fukuda et al.	Am.J. Sports Med.	4,699	Sport Sciences	4/81	3,568	Q1	176
Año: 2014 Autor: Kinikli et al.	Acta Orthop Traumatol Turc	0,614	Orthopedics	62/72	0,428	Q3	20
Año: 2016 Autor: Grapar Zargi et al.	Eur. J. Phys. Rehabil. Med	1,827	Rehabilitation	20/65	0,807	Q1	43
Año: 2016 Autor: Chmielewski et al.	Am.J. Sports Med.	5,673	Sport Sciences	4/81	3,375	Q1	176
Año: 2013 Autor: Pfile et al.	Journal of Athletic Training	1,509	Sport Sciences	38/81	1,092	Q2	83
Año: 2016 Autor: Pistone et al.	J. Rehabil Med.	1,681	Sport Sciences	42/81	N/D	N/D	N/D
Año: 2001 Autor: Ageberg et al.	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy	N/D	N/D	N/D	0,898	Q1	93
Año: 2015 Autor: Asadi et al.	J. Strength Cond. Res.	1,978	Sport Sciences	25/82	0,306	Q3	31
Año: 2015 Autor: Akbari et al.	Global Journal of Health Medicine	N/D	N/D	N/D	0,378	Q2	12
Año: 2013 Autor: Howells et al.	British Journal of Sports Medicine	4,171	Sport Sciences	6/81	2,797	Q1	142

Anexo 2

- Test de Lachman



- Pivot Shift



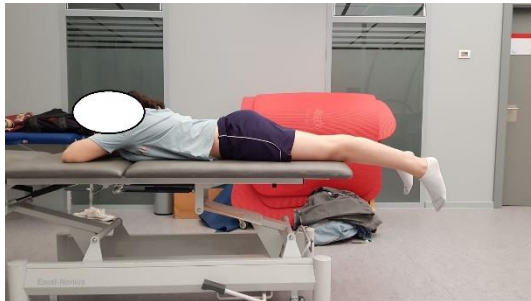
- Cajón anterior



Anexo 3

Ejercicios ROM

- Prone Hang



- Estiramiento isquiotibiales y gastrocnemios



- Heel Slides



- Flexión y extensión activo-asistida

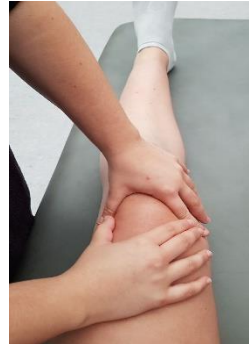


Ejercicios movilidad patelar

- Movilización de la rótula



Movilizaciones laterales



Movilización superior

- Fibrólisis diacutánea

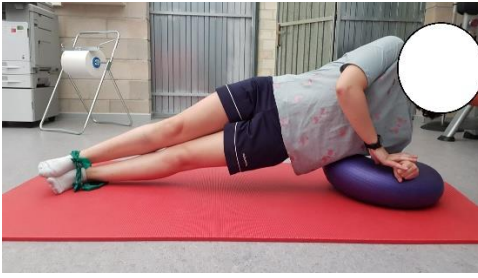


Ejercicios de estabilidad lumbopélvica

- Abducción de cadera en decúbito supino y bipedestación



- Puentes frontales y laterales

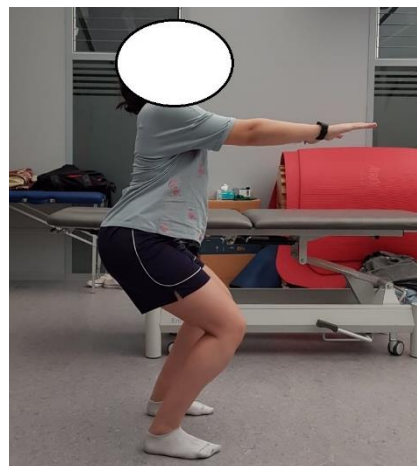


- Elevación de la pelvis



Ejercicios de fuerza muscular

- Squat





- Lunges



- Extensión de rodilla en máquina

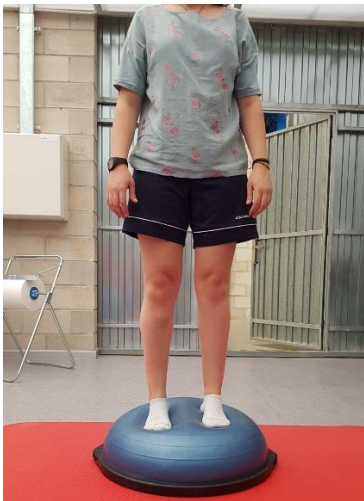


Ejercicios de propiocepción

- Equilibrio



Ojos abiertos
Ojos cerrados



- Test SEBT



- Caídas frontales y laterales desde step



- Recepción de balón en base inestable



Ejercicios de pliometría

- Recepción de balón en base inestable tras salto



- Drop Jump



- Line Jumps



Saltos frontales
Saltos laterales



- Crossover jum

