



# FACTORES DE RIESGO IMPLICADOS EN LA RE-LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN DEPORTISTAS

TRABAJO INTEGRADOR FINAL

AUTOR: COUÑAGO FLORENCIA

TUTOR: NÚÑEZ LEANDRO A.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y mi abuela, porque me dieron la oportunidad de estudiar una carrera Universitaria y en todo momento me acompañaron.

A mis amigos y familiares que durante toda esta etapa me brindaron su apoyo.

A mis compañeros de la facultad con los que compartí este proceso y gracias a ellos estudiar, superar obstáculos y seguir adelante es mucho más sencillo.

A mi tutor, Leandro Núñez, por ayudarme en cada uno de los pasos de la realización de este trabajo como si fuera el suyo y darme la libertad para expresar mis ideas.

A Gisela Tonin, porque sin su asesoramiento y paciencia llevar a cabo esta investigación hubiera sido mucho más complicado.

Por último, a todos los profesores de la Universidad que ponen a disposición sus conocimientos, habilidades y su apoyo para con los estudiantes.

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN.** Los desgarros del ligamento cruzado anterior representan un desafío para la salud pública y el ámbito deportivo por su gran severidad. En los atletas con esta lesión, la rodilla no vuelve a ser la misma a pesar de la reconstrucción y queda expuesta, determinando un mayor riesgo de volver a lesionar el ligamento cruzado anterior.

**JUSTIFICACIÓN.** Tomar conocimiento de los factores de riesgo de re-lesión es fundamental para determinar cuáles de ellos son susceptibles de ser modificados y así, prevenir dicha lesión a través del abordaje individual del atleta o la creación de protocolos preventivos.

**OBJETIVOS.** El objetivo general de esta revisión bibliográfica es analizar los temas abordados sobre factores de riesgo implicados en la re-lesión del ligamento cruzado anterior en deportistas en artículos del 2010 al 2020.

**DISEÑO.** Revisión bibliográfica explicativa.

**MÉTODO.** Por medio del motor de búsqueda PubMed se encontraron 355 artículos de los últimos diez años. Luego de la selección por título, resumen y análisis se obtienen un total de 50 artículos, de los cuales 44 fueron incluidos en la revisión.

**RESULTADOS.** Existen factores de riesgo implicados en la re-lesión del LCA dentro de los que se incluyen alteraciones biomecánicas, asimetrías, relativos a la cirugía o injerto, déficits en el control motor, relacionados a la edad y sexo, relacionados al retorno al juego y otros.

### **PALABRAS CLAVE.**

LCA; Ligamento cruzado anterior; Re-lesión; Deporte;

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. OBJETIVOS.....	6
4. DISEÑO Y MÉTODO.....	7
4.1. Diseño.....	7
4.2. Método.....	7
<i>Crterios de seleccin</i> .....	8
5. CAPÍTULO I: ANATOMÍA DE LA RODILLA, LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR, RECONSTRUCCIÓN Y POST OPERATORIO.....	9
5.1. Articulación de la rodilla.....	9
5.2. Carillas articulares.....	9
5.3. Partes blandas.....	9
5.4. Ligamentos cruzados.....	10
5.5. Ligamento cruzado anterior.....	10
5.6. Función de los ligamentos cruzados.....	11
5.7. Lesión del ligamento cruzado anterior.....	11
5.8. Tratamiento quirúrgico.....	12
5.9. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior.....	12
<i>Procedimiento 1: reconstrucción de ligamento cruzado anterior de un solo haz</i> .....	12
<i>Procedimiento 2: reconstrucción de ligamento cruzado anterior de doble haz</i> .....	13
<i>Procedimiento 3: reconstrucción de ligamento cruzado anterior de revisin</i> .....	14
5.10. Consideraciones del injerto.....	14
5.11. Post operatorio y rehabilitación.....	15
<i>Periodo post operatorio inmediato</i> .....	15
<i>Fisioterapia</i> .....	15
<i>Vuelta al deporte</i> .....	15
6. CAPÍTULO II: FACTORES DE RIESGO.....	17
6.1. Alteraciones biomecánicas.....	17
<i>Estabilidad postural</i> .....	17
<i>Mecánica en el aterrizaje</i> .....	17
<i>Mecánica en el corte lateral</i> .....	18
<i>Pendiente tibial posterior</i> .....	20
<i>Transición tibial</i> .....	21
<i>Velocidad de la marcha</i> .....	21
6.2. Asimetrías.....	22
<i>Asimetrías en las fuerzas de contacto articular</i> .....	22

<i>Asimetrías en la fuerza muscular</i> .....	23
<i>Asimetrías por adaptaciones</i> .....	24
6.3 Relativos a la cirugía-injerto.....	25
<i>Bloqueo del nervio femoral</i> .....	25
<i>Factores influyentes en la ruptura: técnica con uno y doble haz</i> .....	26
<i>Técnicas que conservan el remanente</i> .....	29
<i>Tipo de injerto</i> .....	29
6.4. Déficits en el control motor.....	32
<i>Actividad del cuádriceps y de los isquiotibiales</i> .....	32
<i>Control postural y patrones de movimiento</i> .....	33
<i>Equilibrio dinámico y propiocepción</i> .....	34
<i>Tiempo de activación muscular</i> .....	35
6.5. Relacionados a la edad y sexo.....	36
6.6. Relacionados al retorno al juego.....	37
<i>Aprobación de los criterios de retorno al juego</i> .....	37
<i>Pruebas de detección</i> .....	38
<i>Vuelta al juego temprana y aspectos propios del deporte</i> .....	39
6.7. Otros.....	40
<i>Índice de masa corporal</i> .....	41
<i>Ortesis funcionales en el postoperatorio</i> .....	42
<i>Preparación psicológica y kinesiophobia</i> .....	42
7. RESULTADOS.....	43
8. CONCLUSIÓN.....	44
9. REFERENCIAS.....	45
10. ENLACES CONSULTADOS.....	49

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los desgarros del ligamento cruzado anterior representan un desafío para la salud pública y el ámbito deportivo por su gran severidad. En los atletas con esta lesión, la rodilla no vuelve a ser la misma a pesar de la reconstrucción y queda expuesta, determinando un mayor riesgo de volver a lesionar el ligamento cruzado anterior.

Mientras que en atletas mayores y de menor demanda funcional se reportan tasas del 6% de re-rotura o rotura contralateral, estas son superiores al 20% en atletas jóvenes que retoman tareas competitivas (Paús Vicente, 2020)<sup>1</sup>.

## 2. JUSTIFICACIÓN.

Tomar conocimiento de los factores de riesgo de re-lesión es fundamental para determinar cuáles de ellos son susceptibles de ser modificados y así, prevenir dicha lesión a través del abordaje individual del atleta o la creación de protocolos preventivos.

La bibliografía actual es abundante en cuanto a los riesgos de sufrir una ruptura del ligamento cruzado anterior, pero en comparación, escasea en lo que respecta a su re-lesión y no se haya unificada. Se plantea, entonces, la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los factores de riesgo<sup>2</sup> implicados en la re-lesión<sup>3</sup> del ligamento cruzado anterior en deportistas según artículos científicos del 2010 al 2020?

## 3. OBJETIVOS.

El objetivo general de esta revisión bibliográfica es analizar los temas abordados sobre factores de riesgo implicados en la re-lesión del ligamento cruzado anterior en deportistas en artículos del 2010 al 2020.

Los objetivos específicos son:

- Identificar los distintos factores de riesgo según la revisión bibliográfica implicados en la re-lesión del ligamento cruzado anterior en deportistas.
- Clasificar los factores de riesgo según la revisión bibliográfica en intrínsecos (propios del paciente) y extrínsecos (externos al paciente).
- Determinar según la revisión bibliográfica qué factores de riesgo son susceptibles de ser modificados y cuáles no.
- Establecer una base para la elaboración de protocolos preventivos según la revisión bibliográfica.

<sup>1</sup> Vicente Paús es un médico especializado en Ortopedia y Traumatología y subespecializado en Traumatología del Deporte.

<sup>2</sup> En salud, un factor de riesgo es una característica que posee una persona o un grupo de personas que aumenta las posibilidades de contraer una enfermedad.

<sup>3</sup> Se define como re-lesión a la repetición de una lesión luego de terminada la convalecencia. En el caso del ligamento cruzado anterior abarca una nueva ruptura homolateral o contralateral a la lesión previa.

## 4. DISEÑO Y MÉTODO.

### 4.1. Diseño.

El presente trabajo de investigación final es una revisión bibliográfica explicativa, en la que se incluyen artículos de los últimos 10 años (2010-2020) como fuente primaria de información.

Los estudios explicativos, como su nombre lo indica, se centran en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste (Canseco, 2007)<sup>4</sup>. Se aplican para responder a la causa de un evento y son más estructurados que el resto de los estudios (Canseco, 2007).

### 4.2. Método.

Se realizó una búsqueda bibliográfica en septiembre de 2020 en la base de datos médica PubMed para identificar los artículos que han abordado aspectos vinculados a la temática.

Los filtros aplicados y las palabras clave empleadas para la investigación pueden observarse en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Filtros y palabras clave.*

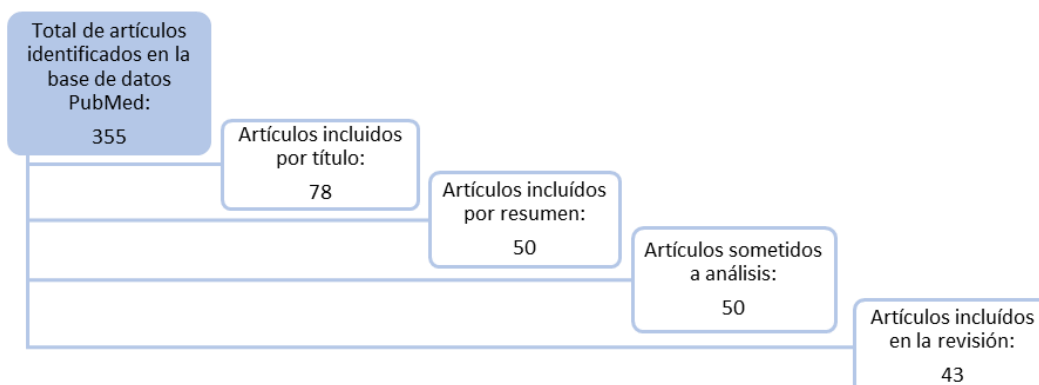
Filtros	Palabras clave	Resultados
Fecha de publicación (últimos 10 años)	“reinjury” “acl” “sports”	259
	“reinjury” “acl” “sports” “risk factors”	76
	“biomechanics factors involved in acl reinjury”	4
	“acl” “reinjury” “early return” “sports”	16

*Fuente: elaboración propia.*

La búsqueda arrojó un total de 355 artículos de diversos diseños metodológicos, de los cuales se eligieron aquellos que se consideraron relevantes en relación al tema y cumplen los criterios de selección. Este proceso y sus resultados se muestran en el gráfico 1.

**Gráfico 1.**

*Proceso de selección de artículos y resultados.*



<sup>4</sup> En este libro se utiliza el término “estudio explicativo” en lugar de “estudio experimental” (este último es usado por Gordon Dankhe).

*Fuente: elaboración propia.*

**Criterios de selección.**

- Estudios que se encuentren en la base de datos de PubMed.
- Artículos científicos entre el 2010 y 2020.
- Que se encuentren en español o inglés.

## 5. CAPÍTULO I: ANATOMÍA DE LA RODILLA, LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR, RECONSTRUCCIÓN Y POST OPERATORIO.

### 5.1. Articulación de la rodilla.

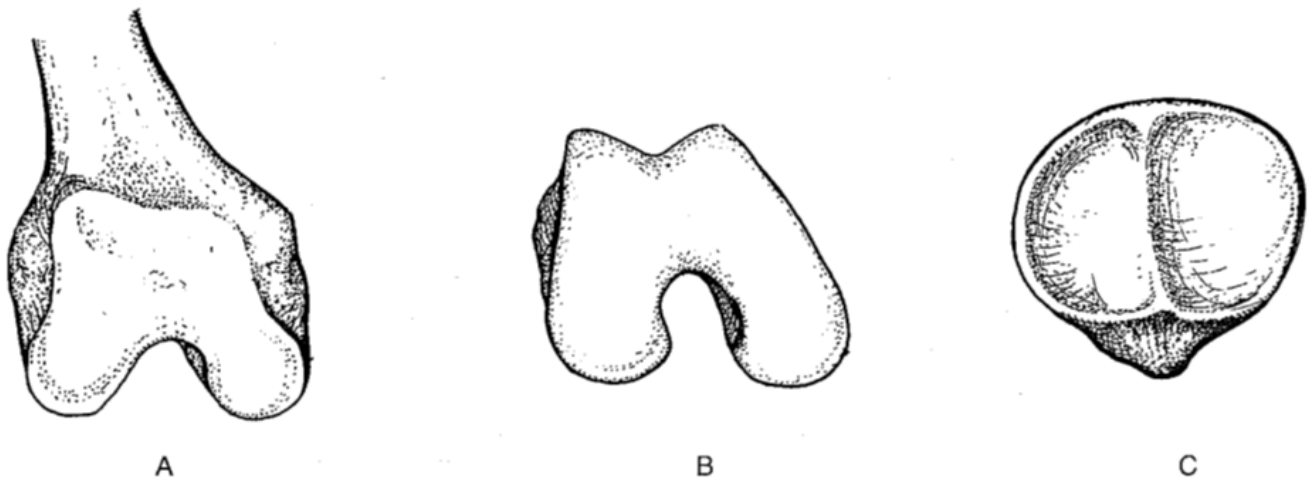
La rodilla es la articulación intermedia del miembro inferior (Kapandji, 2010)<sup>5</sup>.

### 5.2. Carillas articulares.

Las superficies auriculares son la epífisis distal del fémur, con la tróclea femoral o carilla patelar en la cara anterior, y los cóndilos femorales, enrollados de delante atrás y separados por la escotadura intercondílea. Por otra parte, la epífisis proximal de la tibia, con las dos cavidades glenoideas separadas por la espina tibial, siendo éstas el eje de rotación de la rodilla. Por último, la cara posterior de la rótula, con las carillas articulares para la tróclea femoral (figura 1) (Marrero, 2000)<sup>6</sup>.

#### Figura 1.

*Carillas articulares de la articulación de la rodilla.*



*Nota. A) Aspecto frontal de la articulación de la rodilla derecha. B) Visión inferior de los cóndilos femorales. C) Visión posterior de la rótula.*

*Fuente. Tomado de Biomecánica del Aparato Locomotor (p. 226), por Marrero, 2000, Editorial Masson.*

Tal como se ve, las superficies articulares femoral y tibial no son congruentes. Los cóndilos femorales son convexos en sentido transversal y de delante atrás. Sin embargo, las cavidades glenoideas de la tibia son mucho más planas, lo que hace necesario un sistema de adaptación de ambas superficies, función que cumplen los meniscos (Marrero, 2000).

### 5.3. Partes blandas.

<sup>5</sup> Adalbert Ibrahim Kapandji es autor de numerosa literatura sobre biomecánica, anatomía funcional y fisiología articular.

<sup>6</sup> Este libro surge como un documento de trabajo al inicio de la puesta en marcha de un Laboratorio de Biomecánica.

Aparte de la propia cápsula, existen una serie de ligamentos que van actuar como refuerzos capsulares, como son los ligamentos anterior, posterior y laterales. Los ligamentos cruzados son elementos estabilizadores sin que se puedan considerar refuerzos capsulares (Marrero, 2000).

#### 5.4. Ligamentos cruzados.

Los ligamentos cruzados (anterior y posterior) son de considerable robustez y están situados un poco por detrás del centro de la articulación, igual que los ligamentos laterales (Marrero, 2000).

#### 5.5. Ligamento cruzado anterior.

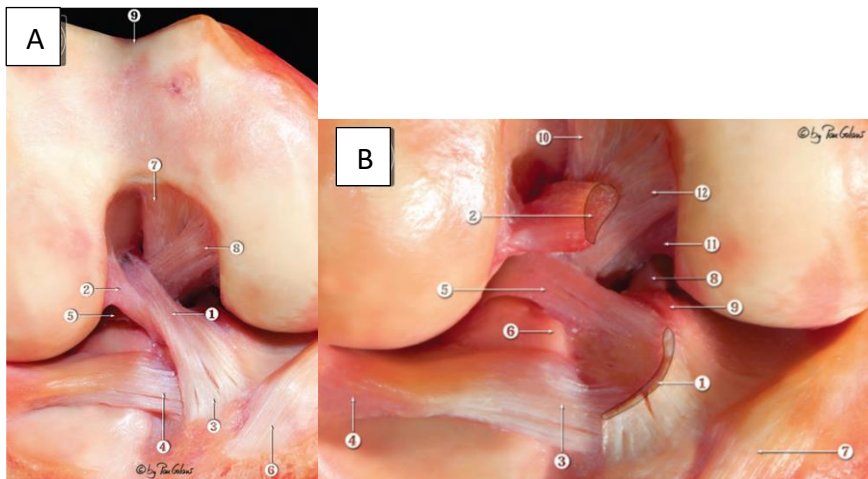
El ligamento cruzado anterior (LCA) se origina en la superficie articular tibial lateral y anterior a la espina intercondilar medial (figura 2). Próximamente, tiene un curso posterior y lateral para insertarse en la pared posteromedial del cóndilo femoral lateral. Hay dos haces funcionales presentes, el anteromedial (AM) y el posterolateral (PL), que reciben el nombre de sus sitios de inserción tibial (Miller & Thompson, 2015)<sup>7</sup>.

En cuanto a la vascularización del LCA y, en general, de ambos ligamentos cruzados, se debe recordar que estos ligamentos son intraarticulares, aunque extrasinoviales. Por tanto, los dos ligamentos están recubiertos por membrana sinovial, y ésta está vascularizada principalmente por la arteria genicular media que le llega desde arriba. Se constituye una red vascular periligamentosa que se anastomosa a varios niveles con la existente en el interior del ligamento, cuyos vasos son paralelos a las fibras de colágeno. Cuando se produce un arrancamiento del fémur, el más frecuente, se desvasculariza el ligamento (Marrero, 2000).

El LCA está inervado por una rama articular del nervio ciático poplíteo interno. Sus fibras penetran la pared posterior de la cápsula articular y discurren alrededor del ligamento. Posee mecanorreceptores rápidos (Paccini) y lentos (Ruffini). Los primeros son sensibles al movimiento y los otros analizan la velocidad y la aceleración (Marrero, 2000).

#### Figura 2.

*Partes blandas de la articulación de la rodilla.*



<sup>7</sup> Mark Miller y Stephen Thompson son un profesor de Cirugía Ortopédica y un Cirujano parte del staff Ortopédico respectivamente.

*Nota. A) Haces funcionales de ligamento cruzado anterior (LCA) en una muestra de cadáver. Vista anterior con la rodilla en 90 grados de flexión. 1, el haz anteromedial del LCA; 2, haz posterolateral del LCA; 3, la inserción tibial del LCA; 4, el cuerno anterior del menisco lateral; 5, el cuerno posterior del menisco lateral; 6, el cuerno anterior del menisco medial; 7, la inserción femoral del ligamento cruzado posterior; 8, ligamento meniscofemoral anterior (ligamento de Humphrey); y 9, el surco troclear femoral.*

*B) Vista anterior de la escotadura intercondilar con la sustancia media del LCA reseca. 1, la huella tibial de ACL; 2, muñón femoral del LCA; 3, el cuerno anterior del menisco lateral; 4, el cuerpo del menisco lateral; 5, el cuerno posterior del menisco lateral; 6, la columna tibial lateral; 7, el cuerno anterior del menisco medial; 8, el cuerno posterior del menisco medial; 9, la espina tibial medial; 10, el haz anterolateral del ligamento cruzado posterior; 11, haz posteromedial del ligamento cruzado posterior; y 12, el ligamento meniscofemoral anterior (ligamento de Humphrey).*

*Fuente. Tomado de DeeLee and Drez's Orthopaedic Sports Medicine. Principles and Practice (p. 1150), por Miller y Thompson, 2015, Editorial Elsevier Saunders.*

## **5.6. Función de los ligamentos cruzados.**

Los estudios neurofisiológicos han demostrado que los estiramientos de los ligamentos cruzados producen modificaciones de la actividad de las motoneuronas gamma de los músculos géminos, sóleo, bíceps crural y semimembranoso. Estos datos sugieren que la inervación del ligamento cruzado anterior puede ser importante en el control sensitivo del movimiento y que, es importante, pues, preservar estos ligamentos lo máximo posible, ya que la pérdida de inervación puede ser responsable de alteraciones de la biomecánica de la rodilla (Marrero, 2000).

Estos ligamentos aseguran la estabilidad anteroposterior de la rodilla, permitiendo los movimientos de flexoextensión mientras mantienen el contacto entre las superficies articulares. El LCA es el principal freno del desplazamiento anterior de la tibia (cajón anterior)<sup>8</sup>, y el ligamento cruzado posterior (LCP) del desplazamiento posterior (cajón posterior)<sup>9</sup> (Marrero, 2000).

Otra de las funciones de los ligamentos cruzados, junto con los ligamentos laterales, es la de proporcionar estabilidad rotatoria a la rodilla en extensión. Los cruzados impiden la rotación interna de la rodilla en extensión, porque con este movimiento los ligamentos se enrollan sobre sí mismos y su distensión bloquea el movimiento (Marrero, 2000)

Se puede decir, entonces, que el LCA proporciona estabilidad rotacional y resiste la traslación tibial anterior, tensión en varo y tensión en valgo (Miller & Thompson, 2015).

## **5.7. Lesión del ligamento cruzado anterior.**

Los desgarros del ligamento cruzado anterior representan un desafío para la salud pública con una incidencia informada de 60 a 71 por 100 000 sujetos (Rambaud, y otros, 2017)<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> La maniobra de cajón anterior es utilizada para detectar la rotura del ligamento cruzado anterior.

<sup>9</sup> La maniobra de cajón posterior es utilizada para detectar la rotura del ligamento cruzado posterior.

<sup>10</sup> Estudio observacional sobre criterios de retorno al deporte luego de la reconstrucción de LCA con menor riesgo de lesión.

Estas lesiones generalmente ocurren durante un movimiento de rotación o desaceleración, y solo un tercio de estas lesiones ocurren por contacto directo (Miller & Thompson, 2015).

### **5.8. Tratamiento quirúrgico.**

La reconstrucción del LCA (RLCA) es el estándar clínico actual para los pacientes con desgarramiento del LCA y considerados con alto riesgo de inestabilidad de la rodilla (atletas jóvenes de alto nivel en un deporte de pivote y / o contacto) (Rambaud, y otros, 2017). La reconstrucción del LCA (RLCA) se recomienda comúnmente para pacientes jóvenes y activos (Miller & Thompson, 2015).

Una reconstrucción exitosa del LCA se basa en la incorporación del injerto en el hueso circundante, así como en la ligamentización y revascularización del injerto (Miller & Thompson, 2015). Además, para considerar una RLCA exitosa, el paciente debe poder regresar al mismo nivel de actividad deportiva que tenía antes de la lesión (Rambaud, y otros, 2017).

Después de la reconstrucción quirúrgica, se establece un programa de rehabilitación para permitir que los pacientes regresen a una vida diaria indolora y completamente funcional (Rambaud, y otros, 2017). En pacientes que deseen volver al deporte, dicho programa debe continuar hasta que esto sea posible (Rambaud, y otros, 2017).

### **5.9. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior.**

El manejo quirúrgico se basa en la reconstrucción artroscópica del LCA, ya que hay evidencia que respalda que el LCA nativo no regenera. Para esto se utiliza un autoinjerto o aloinjerto, uni o doble banda. Esta se hace mediante la realización de uno o dos túneles tanto en la tibia como en el fémur, teniendo variadas alternativas para fijar el injerto a ambos extremos óseos. Estas tendencias tienen su base en la reconstrucción respetando la anatomía, tanto de los haces del injerto como la orientación y forma de los sitios de origen e inserción (Orizola & Zamorano, 2012)<sup>11</sup>.

#### ***Procedimiento 1: reconstrucción de ligamento cruzado anterior de un solo haz.***

Síntesis del procedimiento de RLCA de un solo haz (uni banda) según Miller, Cole, Cosgarea y Sekiya (2010)<sup>12</sup>:

1) Extracción y preparación del injerto.

Procedimiento específico según se trate de injerto hueso-tendón-hueso con tendón rotuliano (HTH), injerto tendinoso de isquiotibiales (STG) o injerto de tendón del cuádriceps.

2) Plastia de la escotadura.

Se desbridan las fibras remanentes del LCA nativo y se limpian al menos hasta poder identificar las referencias anatómicas para la colocación de los túneles.

3) Colocación de la guía del túnel tibial.

<sup>11</sup> Estudio sobre la reconstrucción del LCA de rodilla en mujeres deportistas.

<sup>12</sup> El libro de Miller, Cole, Cosgarea y Sekiya aborda la cirugía de rodilla en lesiones deportivas.

Con una guía de LCA se introduce una aguja guía de 2mm desde la parte medial de la metáfisis tibial hasta la impronta del LCA utilizando referencias anatómicas internas y externas. Luego se realiza la perforación sobre la aguja guía con una broca de diámetro apropiado y se lima el borde posterior del túnel para evitar que se produzca una abrasión del injerto.

#### 4) Colocación del túnel femoral.

La aguja guía se puede introducir a través del túnel tibial o a través del portal medial.

Tras la colocación de la aguja guía, se perfora el túnel hasta la profundidad deseada. Se debe conservar la cortical para una fijación no situada en la apertura. Por último, se raspa el borde final del túnel para reducir la abrasión del injerto.

#### 5) Paso y fijación del injerto.

Desde el túnel tibial se coloca una aguja de Beath dentro y a través del túnel femoral que se extrae por la cara anterolateral del muslo. Se colocan las suturas del extremo anterior del injerto en el ojal de la aguja de Beath que se utiliza para pasarlas a través de los dos túneles y extraerlas por la piel. Se pasa el injerto desde la tibia al fémur y, por último, se fija en el lado femoral y tibial respectivamente.

Existen varios métodos de fijación entre los que se incluyen tornillos de interferencia o fijación con tornillo y arandela o grapas.

### ***Procedimiento 2: reconstrucción de ligamento cruzado anterior de doble haz.***

Síntesis del procedimiento de RLCA de doble haz (doble banda)<sup>13</sup>, según Miller, Cole, Cosgarea y Sekiya (2010):

Es similar al anterior con la excepción de que se perforan dos túneles para el injerto de LCA con doble fascículo: anteromedial y posterolateral. Obviamente requiere de dos injertos, por lo cual, el uso únicamente de los tendones del semitendinoso y grácil puede no ser adecuado.

- 1) Se hace un portal accesorio, 1cm medial y 1cm distal al portal anteromedial (AM) estándar. Este portal se utiliza para perforar el túnel femoral posterolateral (PL) con la rodilla en flexión.
- 2) Se perforan los túneles tibiales teniendo cuidado de que no converjan entre ellos. El túnel femoral AM se perfora utilizando una guía transtibial estándar.
- 3) Se pasa en primer lugar el injerto PL, ya que si se pasa previamente el injerto AM no se podría visualizar adecuadamente el PL. A continuación, se pasa el injerto AM.
- 4) Con la rodilla en extensión completa se fija el injerto PL y, a continuación, se fija el injerto AM con la rodilla en 60% de flexión.

Ha de tenerse en cuenta que, en algunos casos, la lesión del LCA solo afecta a un haz y el otro, por tanto, puede conservarse (Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya, 2010).

<sup>13</sup> La RLCA de doble banda, al igual que la de uni banda, está indicada ante una rodilla con insuficiencia del LCA e inestabilidad sintomática, en un paciente joven y activo que no está dispuesto a modificar su estilo de vida y se halla comprometido con la rehabilitación.

### **Procedimiento 3: reconstrucción de ligamento cruzado anterior de revisión.**

En la cirugía de revisión del LCA, según Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya (2010), se deben tener en cuenta consideraciones adicionales como comprobar que los síntomas (inestabilidad, no dolor) están afectando de forma significativa al estilo de vida del paciente. Además, agregan a las anteriores las posibles alteraciones en la anatomía debidas a la técnica o técnicas previas.

Síntesis de los principios del procedimiento de RLCA de revisión según Miller, Cole, Cosgarea y Sekiya (2010):

- 1) Revisión de los protocolos quirúrgicas previos.
- 2) La colocación de los túneles debería ser la misma que en la RLCA primaria y no debe verse comprometida por la existencia de túneles previos o de material de osteosíntesis.
- 3) Rellenar los defectos óseos producidos por la extracción de injertos y material de osteosíntesis previos.
- 4) Se recomienda fijación doble debido a que los túneles previos, aunque se rellenen, pueden afectar la fijación del injerto.
- 5) En ocasiones se recomienda realizar una reconstrucción con doble haz en casos de revisión, por ejemplo, en casos de rotura del injerto.

#### **5.10. Consideraciones del injerto.**

La primera opción en la toma de decisiones es el aloinjerto<sup>14</sup> versus el autoinjerto<sup>15</sup>. Un autoinjerto se incorpora al hueso antes, madura más rápidamente y evita el riesgo de una reacción inmunitaria del huésped, así como la transmisión de enfermedades. Por el contrario, el uso de un aloinjerto se asocia con una menor morbilidad y requiere un tiempo quirúrgico más corto (Miller & Thompson, 2015).

Debido a la menor tasa de fracaso de los autoinjertos y al leve riesgo de transmisión de la enfermedad de los aloinjertos es que, según Miller y Thompson (2015), se prefiere el uso de autoinjertos en la mayoría de los pacientes que se someten al procedimiento.

Los tejidos HTH y STG se utilizan con mayor frecuencia para la reconstrucción del LCA (Miller & Thompson, 2015). La evidencia actual de nivel I de ensayos controlados aleatorios no muestra una diferencia general en el resultado entre HTH y los injertos de STG cuadruplicados en la laxitud posoperatoria, resultado clínico, regreso al deporte, prueba de salto con una pierna, ROM, déficit sensorial anterior de rodilla, crepitación femororrotuliana, osteoartritis o circunferencia del músculo del muslo (Miller & Thompson, 2015).

<sup>14</sup> El aloinjerto consiste en trasladar tejido obtenido de una persona que no sea la que misma que reciba dicho injerto.

<sup>15</sup> En el autoinjerto se traslada tejido obtenido del mismo individuo que lo recibirá.

La tensión del injerto está influenciada por la dosis de fuerza aplicada sobre el injerto, así como por la cantidad de flexión y rotación de la rodilla. El injerto necesita suficiente tensión para estabilizar la rodilla, pero demasiada tensión puede estirar el injerto y provocar la falla del propio injerto o la falla de la fijación (Miller & Thompson, 2015).

### **5.11. Post operatorio y rehabilitación.**

Protocolo post operatorio según Miller, Cole, Cosgarea y Sekiya (2010):

#### ***Periodo post operatorio inmediato.***

La rehabilitación debería comenzar de forma temprana, incluso en la sala de recuperación. Se consigue una extensión precoz colocando una almohada bajo el talón. Se debe tratar el derrame postoperatorio normal con hielo u otra forma de crioterapia. Salvo que se haya realizado una reparación meniscal, se puede permitir el apoyo completo en carga, según tolerancia. Durante las dos primeras semanas se suelen utilizar muletas, hasta que el paciente puede caminar sin cojera (Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya, 2010).

#### ***Fisioterapia.***

La fisioterapia formal debe comenzar tan temprano como en el 2<sup>do</sup> o 3<sup>er</sup> día postoperatorios. La terapia precoz se dirige al control del derrame e inflamación, progresión de la movilización y apoyo, y series de cuádriceps. El fortalecimiento debería centrarse en ejercicios de cadena cerrada. A las 12 semanas tras la intervención, la mayoría de los cirujanos permiten un incremento de la actividad con alguna progresión hacia la vuelta a los deportes. Sin embargo, las actividades atléticas verdaderas (p. ej., correr, saltar) se restringen de forma típica hasta los 4-6 meses tras la intervención (Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya, 2010).

#### ***Vuelta al deporte.***

De forma general, la vuelta al deporte se suele producir entre los 4 y los 6 meses poscirugía, aunque algunos cirujanos con protocolos de rehabilitación agresivos permiten una vuelta más precoz. Típicamente, a los pacientes con reconstrucciones HTH se les permite una vuelta más precoz que a aquellos con autoinjertos de isquiotibiales o con reconstrucciones con aloinjertos. Los pacientes deben demostrar un ADM<sup>16</sup> completo, libre de dolor, con una prueba de Lachman<sup>17</sup> estable y al menos un 85% de la fuerza del cuádriceps de la del lado normal (Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya, 2010).

#### ***Controversias en el post operatorio.***

Aún se debate si debe utilizarse una rodillera tras la reconstrucción del LCA. Esto es cierto para el período postoperatorio inmediato y más tarde, con la vuelta a las actividades. Aún existe controversia sobre si utilizar protocolos de rehabilitación conservadores o agresivos. Los criterios de vuelta a la competición están aún sujetos a una importante controversia.

<sup>16</sup> Arco de movilidad.

<sup>17</sup> La maniobra de Lachman es la prueba clínica más sensible y específica para evaluar la integridad del LCA. En esta se produce la movilización de la tibia hacia delante y del muslo hacia atrás, con la rodilla flexionada 30°.

La mayoría de los autores aconsejan esperar 4-6 meses tras la cirugía, una vez se demuestre una fuerza del 85% de la del lado sano (Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya, 2010).

En los casos de reconstrucción del LCA con doble fascículo, la rehabilitación debería ser la misma que en la reconstrucción con un fascículo único (Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya, 2010).

Para la cirugía de revisión<sup>18</sup> del LCA, la común es enlentecer la rehabilitación. En general, es aconsejable diferir 2 meses más la vuelta a la carrera y al deporte. También se debe hacer comprender al paciente que esta cirugía, también llamada de rescate del LCA, nunca es tan buena como la reconstrucción primaria (Miller, Cole, Cosgarea, & Sekiya, 2010).

<sup>18</sup> La cirugía de revisión es para pacientes que ya han sido intervenidos con una reconstrucción de LCA pero no han conseguido el resultado necesario o tienen molestias relacionadas a la cirugía previa.

## 6. CAPÍTULO II: FACTORES DE RIESGO.

El riesgo de una segunda lesión del LCA está influenciado por muchos factores, algunos de los cuales son modificables (Capin, y otros, 2017)<sup>19</sup>.

Los atletas que han sufrido un desgarro del ligamento cruzado anterior (LCA) y regresan al deporte después de la reconstrucción quirúrgica parecen tener un mayor riesgo de volver a lesionarse el LCA (Heinert, Willett, & Kernozek, 2018)<sup>20</sup>. Se han implicado muchos factores en el riesgo de una nueva lesión, incluyendo sexo, edad, nivel de actividad, colocación del injerto, tipo de injerto, tiempo desde la cirugía y déficits en el control neuromuscular y biomecánico del miembro inferior (Rambaud, y otros, 2017).

Dichos factores de riesgo se han agrupado en distintas categorías y serán desarrollados a continuación. De todas formas, se debe tener en cuenta que la agrupación se realiza con el fin de simplificar y organizar la información, pero todos ellos se hallan relacionados entre sí.

### 6.1. Alteraciones biomecánicas.

Si bien se desconocen los mecanismos detrás de este mayor riesgo de una nueva lesión, se ha sugerido que la biomecánica alterada de la rodilla durante actividades deportivas específicas puede ser un factor contribuyente (Stearns & Pollard, 2013)<sup>21</sup>.

#### ***Estabilidad postural.***

El equilibrio o la estabilidad postural se define como la capacidad de un individuo para mantener el centro de masa sobre la base de apoyo (Paterno, y otros, 2010)<sup>22</sup>.

Los hallazgos actuales indican que la presencia de un déficit postural o una alteración del equilibrio a una sola pierna en la extremidad afectada después de LCA puede limitar la capacidad del atleta para controlar el movimiento de su centro de masa sobre la base de apoyo durante los gestos deportivos, lo que se asocia, según Paterno et al (2010), con un mayor riesgo de una segunda lesión.

#### ***Mecánica en el aterrizaje.***

Además de los resultados mencionados en la sección anterior, en el estudio de Paterno et al (2010) se llevó a cabo el análisis biomecánico de las extremidades durante el aterrizaje posterior a un salto de caída vertical.

Para este salto, el atleta se dejó caer de una caja de 31cm para luego aterrizar con cada pie en plataformas de fuerza separadas y ejecutar inmediatamente un salto vertical de esfuerzo máximo hacia un objetivo por encima de la cabeza.

<sup>19</sup> Informe sobre los resultados de hombres en un programa de prevención de re-lesión de LCA.

<sup>20</sup> Estudio sobre la influencia de la RLCA en el control postural dinámico.

<sup>21</sup> Estudio sobre la mecánica anormal de la rodilla en el plano frontal durante el corte lateral luego de la RLCA.

<sup>22</sup> Estudio sobre la predicción de una re-lesión de LCA a partir de la biomecánica en el aterrizaje y la estabilidad postural.

Los resultados comprobaron que la alteración del control neuromuscular (cinética y cinemática) de la cadera en el plano transversal y de la rodilla en el plano frontal durante el aterrizaje eran fuertes predictores de una segunda lesión de LCA en los atletas sometidos a RLCA (Paterno, y otros, 2010).

Otro factor involucrado en el aterrizaje y que puede aumentar el riesgo de re-lesión es la amplitud de abducción de cadera e inversión de tobillo al momento de regreso al deporte.

En el estudio de Norouzi et al (2019)<sup>23</sup> se registró el movimiento de las extremidades de atletas durante una tarea de salto-aterrizaje bilateral. Los autores comprobaron, en primer lugar, una reducción de la abducción de cadera durante el contacto inicial del aterrizaje en los atletas con RLCA en comparación a los atletas sanos, y, en segundo lugar, una reducción significativa de la inversión de tobillo en aquellos atletas con RLCA que no lograron cumplir los criterios de regreso al deporte en comparación con los atletas con RLCA que sí cumplieron con los criterios.

Un ángulo de abducción de cadera inferior en la extremidad reconstruida en comparación a la intacta puede explicar la mayor tasa de nuevas lesiones según Norouzi et al (2010), ya que puede llevar a una posición de rodilla en valgo, lo que se conoce como un factor de riesgo importante que puede predecir una nueva lesión de LCA. Debido al movimiento vinculado entre las articulaciones de las extremidades inferiores durante las tareas de la cadena cinética cerrada, como el aterrizaje, los cambios en el movimiento del plano frontal del tobillo pueden afectar la cinemática de la articulación de la cadera y la rodilla y pueden aumentar el riesgo de lesión/re-lesión de RLCA (Norouzi, Esfandiarpour, Mehdizadeh, Yousefzadeh, & Parnianpour, 2019).

Los hallazgos apoyan la hipótesis de que los criterios actuales de regreso al deporte pueden no ser suficientes para diferenciar a los atletas con alto riesgo de nueva lesión de LCA y es necesario realizar un análisis cinemático para recolectar información adicional y llevar a cabo la decisión (Norouzi, Esfandiarpour, Mehdizadeh, Yousefzadeh, & Parnianpour, 2019).

### ***Mecánica en el corte lateral.***

La maniobra de corte lateral implica tanto la desaceleración como el cambio de dirección y, según Stearns y Pollard (2013) la mayoría de las lesiones de LCA sin contacto se producen durante una maniobra de corte de este tipo.

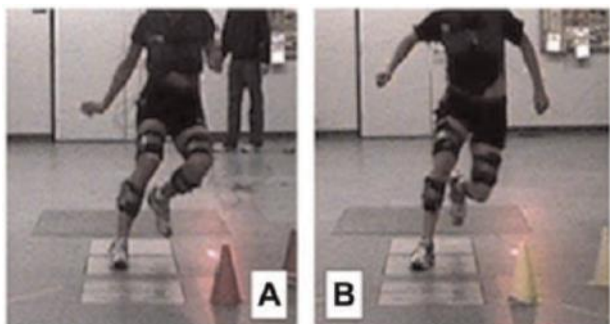
Los autores mencionados realizaron un estudio en el cual compararon los ángulos y momentos de la rodilla en el plano frontal durante una maniobra de corte lateral en mujeres atletas de fútbol que se han sometido a una RLCA con atletas sin antecedentes de lesión.

Los resultados obtenidos por Stearns y Pollard (2013) demuestran que las atletas del grupo de RLCA, en comparación con el grupo de control, tenían un ángulo de abducción de rodilla promedio y un momento máximo de aductores de rodilla significativamente mayores durante la desaceleración temprana (primer 20% de la fase de apoyo) (figura 3).

<sup>23</sup> En el estudio de Norouzi et al, los participantes fueron 27 jugadores de fútbol con RLCA unilateral, incluidos 14 que pasaron los criterios de retorno al juego y 13 que fallaron, y 15 jugadores de fútbol sanos.

### Figura 3.

*Biomecánica de la maniobra de corte lateral.*



*Nota. Fotografías de un participante representativo de cada uno de los grupos de reconstrucción del ligamento cruzado anterior (A) y control (B) realizando la maniobra de corte lateral. Esta instantánea fue tomada durante la fase de apoyo de la maniobra de corte, demostrando diferencias en la biomecánica de la rodilla del plano frontal entre los 2 grupos.*

*Fuente.* Tomado de “Abnormal Frontal Plane Knee Mechanics During Sidestep Cutting in Female Soccer Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Return to Sport” (p.920), por Stearns y Pollard, 2013, *The American Journal of Sports Medicine*, 41 (4).

Este patrón es similar al observado en atletas femeninas que se cree que tienen un mayor riesgo de lesión primaria del LCA (Stearns & Pollard, 2013). Como tal, la mecánica alterada de la rodilla en el plano frontal observada en este estudio puede estar relacionada con mayor exposición a una nueva lesión observado en esta población (Stearns & Pollard, 2013).

### **Mecánica en la sentadilla a una pierna.**

Varias lesiones del LCA sin contacto ocurren cuando una pierna se sobrecarga durante el aterrizaje, el corte y el giro (Yamazaki, y otros, 2013)<sup>24</sup>. Según Yamazaki et al, si los atletas pudieran mantener la bipedestación a una sola pierna y no colapsar durante la flexión de rodilla con soporte de peso en las maniobras de desaceleración, posiblemente se puedan prevenir las lesiones del LCA.

Tomando como base lo dicho anteriormente, los autores realizaron un análisis cinemático de la rodilla durante la sentadilla a una pierna en atletas femeninas (figura 4). Los resultados del estudio pusieron en evidencia que, al comparar la pierna afectada con la pierna ilesa de mujeres después de la reconstrucción del LCA, la pierna afectada demostró una aducción de cadera significativamente mayor y menos varo de rodilla que la pierna ilesa (Yamazaki, y otros, 2013).

Por otro lado, si se comparan mujeres con RLCA y mujeres sanas, la pierna afectada después de la RLCA demuestra significativamente menos flexión de la cadera, más rotación externa de la cadera, más aducción de la cadera y más flexión de la rodilla que la pierna dominante del grupo de control (Yamazaki, y otros, 2013).

<sup>24</sup> Estudio comparativo de la cinemática de la rodilla operada con la pierna ilesa y de la cinemática entre mujeres con RLCA y mujeres sanas.

#### Figura 4.

*Alteraciones de la mecánica de la rodilla durante la sentadilla a una pierna luego de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior.*



*Fuente.* Tomado de “The Kinematic Analysis of Female Subjects After Double-bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction During Single-leg Squatting” (p. 287), por Yamazaki et al, 2013, *Journal of Orthopaedic Science*, 18 (2).

Se espera que la restauración de la alineación correcta de la rodilla reconstruida del LCA durante la sentadilla con una sola pierna reduzca la nueva lesión del LCA y ayude a un regreso seguro a las actividades deportivas (Yamazaki, y otros, 2013).

#### ***Pendiente tibial posterior.***

Una pendiente tibial posterior medial y lateral más pronunciada es una anomalía ósea común en todos los lesionados de LCA en comparación con los individuos sanos (Digiacomio, Palmieri-Smith, III, & Lepley, 2018)<sup>25</sup>. De todas maneras, aquellos que experimentan una re-lesión del LCA no tienen una morfología ósea más exagerada que los que no la padecen, lo que sugiere que el riesgo de una segunda ruptura está en los factores de riesgo modificables (Digiacomio, Palmieri-Smith, III, & Lepley, 2018).

En adición a lo anterior, Webb et al. (2013)<sup>26</sup> hipotetizaron que una pendiente tibial posterior aumentada se asocia con un mayor riesgo de más lesiones del LCA en el paciente previamente reconstruido de LCA. Los hallazgos de su estudio dieron como resultado que “la pendiente tibial posterior media de aquellos con una lesión adicional de LCA fue de 9,9° en comparación con 8,5° para los que no sufrieron más lesiones” (Webb, Salmon, Leclerc, Pinczewski, & Roe, 2013).

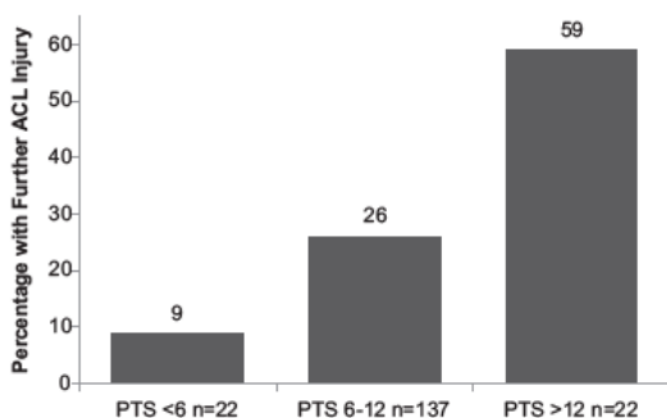
<sup>25</sup> Estudio de control de casos que incluye pacientes con una o dos lesiones del LCA en la misma extremidad.

<sup>26</sup> Estudio de control de casos que incluye pacientes con una o dos lesiones del LCA en la misma extremidad o la contralateral.

En consecuencia, en aquellos con una pendiente tibial posterior igual o mayor a 12°, las probabilidades de más lesiones de LCA aumentaron con una incidencia del 59% (figura 5) (Webb, Salmon, Leclerc, Pinczewski, & Roe, 2013).

### Figura 5.

*Incidencia de lesiones adicionales del ligamento cruzado anterior (LCA) en atletas con aumento de la pendiente tibial posterior (PTS).*



*Nota. En la vertical, el porcentaje de atletas con lesiones adicionales de LCA. En la horizontal, la graduación de la pendiente tibial posterior.*

*Fuente.* Tomado de “Posterior Tibial Slope and Further Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Patient” (p.2802), por Webb et al, 2013, *The American Journal of Sports Medicine*, 41 (12).

### **Transición tibial.**

En un estudio de 19 pacientes, Tagesson y Kvist (2016)<sup>27</sup> midieron la traslación estática de la tibia durante la prueba de Lachman instrumentada antes de la RLCA.

Los autores sugieren que los atletas que sufrieron una lesión de LCA posterior a la cirugía de RLCA tuvieron una mayor traslación estática de la tibia antes de la reconstrucción primaria en comparación con los atletas que no sufrieron una segunda lesión. Por lo tanto, una mayor traslación tibial puede predecir una segunda lesión del LCA.

### **Velocidad de la marcha.**

Según Capin et al. (2017), no hay una diferencia significativa en la velocidad de la marcha entre los atletas que sufrieron una lesión de LCA con respecto a los que sufrieron dos (re-lesión). Sin embargo, encontraron tendencia a una mayor velocidad de la marcha en los atletas que volvieron a lesionarse, e incluso, una biomecánica y simetría en la marcha más “normales”.

<sup>27</sup> Estudio de serie de casos sobre el temor a una nueva lesión y la mayor traslación tibial en pacientes que luego sufren una ruptura del injerto o contralateral del LCA.

Dicho esto, los hallazgos del estudio de Capin et al. (2017) sugieren que una mecánica de marcha más normal o un mejor patrón permiten una resolución más temprana de las deficiencias generadas por la lesión. Consecuentemente, los atletas logran la aprobación de los criterios de retorno al deporte de forma temprana luego de la RLCA, lo que los coloca en mayor riesgo y se asocia a una segunda lesión del LCA.

## 6.2. Asimetrías.

Las asimetrías de las extremidades son motivo de preocupación con respecto a lesionar el injerto o el miembro inferior contralateral cuando los pacientes regresan al deporte (Dai, Butler, Garrett, & Queen, 2012)<sup>28</sup>.

Según Dai et al, las asimetrías persisten incluso con el uso de ortesis funcionales que limitan la extensión completa y permiten de 40 a 10° de flexión de rodilla (figura 6), por lo cual, la rehabilitación debe procurar normalizarlas.

### Figura 6.

*Marcador y rodillera.*



*Fuente.* Tomado de “Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Adolescent Patients: Limb Asymmetry and Functional Knee Bracing” (p. 2758), por Dai et al, 2012, *The American Journal of Sports Medicine*, 40 (12).

### **Asimetrías en las fuerzas de contacto articular.**

La fuerza de contacto de la articulación es la magnitud de la carga que se aplica perpendicular a la superficie articular y representa la carga de compresión de la articulación como un todo (Gardinier, Stasi, Manal, Buchanan, & Snyder-Mackler, 2014)<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> El estudio de Dai et al hace referencia a asimetrías en el control neuromuscular.

<sup>29</sup> El objetivo del estudio es identificar si la morfología ósea es diferente entre aquellos que experimentan una segunda lesión del LCA en comparación a los individuos que no la padecen.

Las asimetrías en la fuerza de contacto articular están presentes en algunos atletas durante la marcha incluso seis meses luego de la RLCA, según Gardinier et al (2014), siendo muy significativas en aquellos que no lograron superar las pruebas de retorno al deporte. Además, descubrieron que los pacientes que no superaron dichas pruebas, mostraron una fuerza de contacto disminuida para la extremidad afectada durante la marcha, que es un patrón similar al descrito en individuos con lesiones agudas del LCA.

La magnitud de estas asimetrías puede verse aumentada en actividades deportivas relevantes que son más exigentes que la marcha, aumentando así el riesgo de una nueva lesión del LCA cuando los pacientes regresan a las actividades previas a la lesión (Gardinier, Stasi, Manal, Buchanan, & Snyder-Mackler, 2014).

Los autores proponen que la rehabilitación es una oportunidad para intervenir y modificar dichas asimetrías, ya que las estrategias de movimiento que afectan las fuerzas de contacto articulares son modificables. El entrenamiento adicional puede maximizar la función y restaurar la carga articular normal y simétrica, protegiendo potencialmente contra una segunda lesión del LCA a corto plazo y también maximizando la salud de la articulación de la rodilla a largo plazo (Gardinier, Stasi, Manal, Buchanan, & Snyder-Mackler, 2014).

### ***Asimetrías en la fuerza muscular.***

Varios estudios incluyeron en su análisis las asimetrías en la fuerza muscular en atletas posterior a RLCA. Los resultados de los mismos se sintetizan en la tabla 2.

**Tabla 2.**

*Asimetrías en la fuerza muscular según diversos estudios.*

Segmento/ Articulación	Autor y año	Actividad/tarea evaluada	Músculo/grupo muscular débil	Relevancia clínica
Pelvis	Sharifmoradi et al (2019) <sup>30</sup>	Carrera	Glúteo menor	Después de la reconstrucción del LCA, todavía existe una asimetría significativa en la fuerza muscular, lo que pone a la persona en riesgo de sufrir una nueva lesión. Se recomienda el fortalecimiento de estos músculos en el lado afectado para aumentar el rendimiento de carrera.
Cadera	Sharifmoradi et al (2019)	Carrera	Abductores, aductores y extensores de cadera.	

<sup>30</sup> Los autores del artículo pertenecen al Departamento de Educación Física y Deporte de las Universidades de Kashan (Sharifmoradi) y Malayer (Karimi), y al Centro de Investigación de Ciencias de la Rehabilitación (Hoseini).

Rodilla	Shi et al (2019) <sup>31</sup>	Marcha	Cuádriceps (isométrica)	Las asimetrías cinemáticas sagitales de la rodilla se correlacionarían significativamente con la asimetría de la fuerza del cuádriceps (menor ángulo de flexión y momento extensor). La rehabilitación debe centrarse, no solo en el fortalecimiento aislado, sino también en ejercicios funcionales destinados a mejorar el control neuromuscular y así recuperar el control y la función de la rodilla.
	Capin et al (2017)	Marcha (fase de carga)	Flexores de rodilla	En los atletas con segunda lesión de LCA existe mayor fuerza extensora y menor fuerza flexora de rodilla en la extremidad afectada, y menor fuerza flexora de rodilla en comparación a la extremidad sana. Esta estrategia de reclutamiento muscular permite cumplir los criterios de retorno al deporte de forma más temprana, lo que aumenta el riesgo de re-lesión.

*Fuente: elaboración propia.*

Según Sharifmoradi et al (2019), después de la reconstrucción del LCA, todavía existe una asimetría significativa en la fuerza muscular, así como una reducción en la producción de fuerza, especialmente en el lado reconstruido, lo que expone al atleta a un alto riesgo de sufrir nuevas lesiones.

Los atletas con asimetrías biomecánicas de cadera y rodilla en el momento de regresar a su deporte tienen al menos 3 veces más probabilidades de sufrir una segunda lesión del ligamento cruzado anterior en un año que aquellos sin estas asimetrías (Shi, y otros, 2019).

***Asimetrías por adaptaciones.***

El estudio de Smeets et al (2020)<sup>32</sup> encontró que los atletas con RLCA presentan alteraciones de la articulación comparativamente con la extremidad sana y con deportistas ilesos al momento del retorno al deporte, independientemente de la tarea llevada a cabo.

<sup>31</sup> Investigación llevada a cabo en el Instituto de Medicina del Deporte, Tercer Hospital de la Universidad de Pekín, Laboratorio Clave de Lesiones Deportivas de Pekín (China).

<sup>32</sup> El estudio de Smeets et al analiza el movimiento individual de una articulación en relación al resto del cuerpo, teniendo en cuenta los cambios producidos por la ruptura del LCA en atletas que vuelven a sus actividades y el riesgo de padecer una nueva lesión.

Durante todas las tareas, la activación de los isquiotibiales fue mayor en la extremidad lesionada de LCA, lo que parece ser un mecanismo protector ya que los isquiotibiales tienen una línea de tracción posterior en una rodilla flexionada y podrían actuar como agonistas del LCA, contrarrestando las fuerzas de cizallamiento tibial anterior (Smeets, y otros, 2020).

En adición a lo anterior, los autores hallaron otras alteraciones que ocurrieron en una sola articulación, como lo fueron la reducción de los momentos de flexión de rodilla y de aducción de cadera, y una disminución del ángulo de abducción de rodilla. Estos desarreglos son, probablemente, mecanismos protectores a corto plazo, ya que mejoran la estabilidad y reducen la carga en el plano sagital de la articulación de la rodilla.

Sin embargo, según Smeets et al (2020), es dudoso que estas adaptaciones sean positivas a largo plazo debido a que los atletas que reducen dicha carga sobre la rodilla lesionada resultan en momentos asimétricos de flexión, que se ha demostrado que se asocian a un mayor riesgo de relesión.

Estas alteraciones en una sola articulación no se traducen en cambios en el movimiento de todo el cuerpo y se espera que la persistencia de los déficits de fuerza, así como los déficits neuromusculares y biomecánicos prolongados predispongan a los atletas a sufrir una nueva lesión (Smeets, y otros, 2020).

### **6.3 Relativos a la cirugía-injerto.**

#### ***Bloqueo del nervio femoral.***

Los bloqueos nerviosos regionales se utilizan a menudo para procedimientos de cirugía de rodilla, como la reconstrucción del LCA, para mantener un control del dolor prolongado y eficaz después de la operación (Everhart, y otros, 2020)<sup>33</sup>.

Según Everhart et al (2020), un tipo de anestesia regional comúnmente utilizado durante la cirugía de rodilla es el bloqueo del nervio femoral (BNF) y, si bien es eficaz en el tratamiento del dolor a corto plazo después de la reconstrucción del LCA, se ha observado que existen varias complicaciones asociadas.

Estas últimas pueden deberse en parte a que el nervio femoral es un nervio sensoriomotor y, por lo tanto, el BNF crea un bloqueo motor parcial, lo que conduce a déficits a corto plazo (Everhart, y otros, 2020).

Los resultados del estudio comprobaron que los índices de simetría de extensión rápida en las extremidades fueron significativamente peores en los atletas en los que se utilizó BNF, o, dicho en otras palabras, el BNF causó un déficit duradero de la fuerza isocinética del cuádriceps incluso hasta pasados cinco a seis meses desde la RLCA.

<sup>33</sup> En el estudio se comparan 244 atletas con BNF y 116 sin BNF con el propósito de identificar una asociación entre el BNF y el índice de simetría de fuerza en extremidades y el riesgo de lesión recurrente de LCA dentro del primer o segundo año.

En cuanto a la relación de estos hechos con la rotura recurrente del injerto de LCA, la prevalencia en los dos años siguientes a la RLCA fue del 7,7% para los atletas que recibieron BNF y del 2,9% para aquellos que no lo hicieron, siendo el riesgo de ruptura del injerto más alto en el primer año (Everhart, y otros, 2020).

Estos hallazgos apoyan la evitación del uso de BNF en el contexto de la RLCA. El uso de estrategias analgésicas perioperatorias alternativas, como bloqueos regionales de nervios no motores, incluido el bloqueo del canal aductor, puede ser más apropiado (Everhart, y otros, 2020).

**Factores influyentes en la ruptura: técnica con uno y doble haz.**

Dos estudios llevados a cabo por van Eck et al (2011)<sup>34</sup> tuvieron como objetivo analizar los factores que influyen en el patrón de ruptura intraarticular del injerto de LCA luego de la reconstrucción. Uno de estos está dirigido a aquellos atletas que se sometieron a RLCA de un solo haz, mientras que el otro se encamina a los atletas en los que se implementó RLCA de doble haz. En la tabla 3 se sintetizan los resultados obtenidos y le relevancia clínica en cuanto al riesgo de padecer una lesión del LCA.

**Tabla 3.**

*Análisis de los artículos de van Eck et al (2011).*

Estudio, autor y año	Técnica	Patrón de ruptura	Factores influyentes (figura 7 y 8)		
			Tiempo	Orientación	Otros
(Eck, y otros, ACL graft re-rupture after double-bundle reconstruction: factors that influence the intra-articular pattern of injury, 2011)	Doble haz.	Ruptura de sustancia media del haz antero medial y postero lateral.	Menor tiempo entre RLCA y re-lesión (inmadurez del injerto)	Ángulo del túnel femoral del injerto (figura 9).	Etiología de la lesión (atraumática o traumática)
(Eck, y otros, Factors that influence the intra-articular rupture pattern of the ACL graft following single-bundle reconstruction, 2011)	Un solo haz.	Elongación del injerto.	Mayor tiempo entre la RLCA y re-lesión (curación y ligamentización)	Orientación vertical del injerto (alteración cinemática que lo expone a micro traumatismos repetitivos (figura 10).	Tipo de injerto (autoinjertos incorporan más rápido que los aloinjertos, y los últimos están más relacionados a rupturas proximales).

Fuente: elaboración propia.

<sup>34</sup> Los autores de este artículo forman parte del Departamento de Cirugía Ortopédica del Centro Médico de la Universidad de Pittsburg o de la Universidad de Ámsterdam.

### Figura 7.

Factores influyentes en el patrón de ruptura en la RLCA de doble banda.

**Table 1** Demographic data  
(N = 40)

	Ratio	Mean	SD	Range
Gender				
Male:Female	22:17			
Age		19 (median)		16–38
Months between initial surgery and re-injury		18.6	9.5	6–39
Etiology of failure				
Traumatic:A-traumatic	35:5			
Tunnel angle AM		23°	13°	1°–41°
Tunnel angle PL		43°	8°	27°–62°

SD standard deviation, AM anteromedial bundle graft, PL posterolateral bundle graft

Fuente. Tomado de “ACL graft re-rupture after double-bundle reconstruction: factors that influence the intra-articular pattern of injury” (p. 342), por Eck et al, 2011, *The Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 3 (19)<sup>35</sup>.

### Figura 8.

Factores influyentes en el patrón de ruptura en la RLCA de uni banda.

**Table 1** Demographic data of the 60 included subjects

	Ratio	Mean	SD	Range
Gender				
Male:female	33:27			
Age		25	9	15–47
Months between initial surgery and re-injury		59	59	5–211
Etiology of injury				
Traumatic:a-traumatic	29:31			
Graft type				
Allograft:autograft	21:33			
Tunnel angle		23°	12°	4°–52°

SD standard deviation

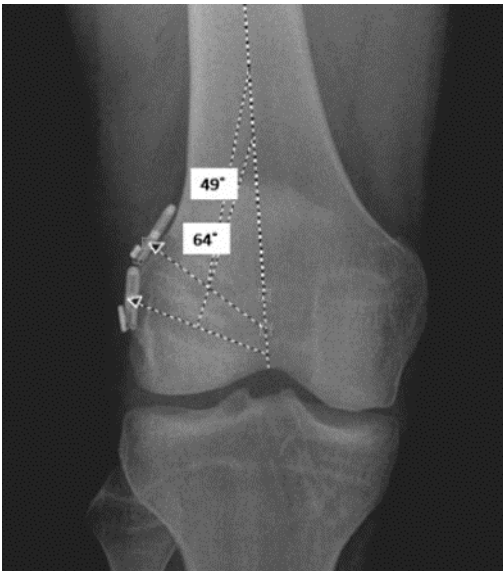
Fuente. Tomado de “Factors that influence the intra-articular rupture pattern of the ACL graft following single-bundle reconstruction” (p.1245), por Eck et al, 2011, *The Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 8 (19)<sup>36</sup>.

### Figura 9.

Radiografía anteroposterior de rodilla derecha con carga de peso en flexión luego de la reconstrucción de LCA de doble haz.

<sup>35</sup> La figura 7, tomada del estudio de Eck et al (2011), muestra cómo se presentan los factores influyentes en la re-ruptura del LCA en 40 sujetos con RLCA de doble banda. Los factores son género, edad, meses entre la cirugía inicial y la re-lesión y etiología del fracaso (razón traumática: a-traumática, ángulo del túnel del haz anteromedial y posterolateral).

<sup>36</sup> La figura 8, tomada del estudio de Eck et al (2011), muestra cómo se presentan los factores influyentes en la re-ruptura del LCA en 40 sujetos con RLCA de uni banda. Los factores son género, edad, meses entre la cirugía inicial y la re-lesión y etiología del fracaso (razón traumática: a-traumática, tipo de injerto y ángulo del túnel).



*Nota. El ángulo del túnel se mide como el ángulo entre el eje del fémur y el contorno del túnel.*

*Fuente. Tomado de “ACL graft re-rupture after double-bundle reconstruction: factors that influence the intra-articular pattern of injury” (p. 341), por Eck et al, 2011, The Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 3 (19).*

**Figura 10.**

*Radiografía anteroposterior de rodilla derecha con carga de peso en flexión luego de la reconstrucción de LCA de un solo haz.*



*Nota. El ángulo del túnel se mide como el ángulo entre el eje del fémur y el contorno del túnel.*

*Fuente. Tomado de “Factors that influence the intra-articular rupture pattern of the ACL graft following single-bundle reconstruction” (p.1244), por Eck et al, 2011, The Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 8 (19).*

Entonces, de acuerdo a los hallazgos de van Eck et al (2011) se puede decir que existen factores de riesgo asociados a la técnica quirúrgica que pueden conducir a una re-lesión, como lo son el tiempo transcurrido desde la RLCA, la orientación del injerto o angulación del túnel femoral, el tipo de injerto seleccionado y la existencia o no de un trauma físico.

### ***Técnicas que conservan el remanente.***

La pérdida de propiocepción después de una lesión de ligamentos da como resultado cambios en la marcha y deterioro del sentido de la posición. La biomecánica y la función neuromuscular alterada como resultado de la lesión inicial del LCA pueden afectar la cinemática de la pierna (Takazawa, y otros, 2013)<sup>37</sup>.

Se ha descubierto que las técnicas de RLCA que conservan un remanente del LCA nativo producen resultados satisfactorios (Takazawa, y otros, 2013). Los autores sugieren que un desbridamiento mínimo del muñón residual del LCA roto resulta en una revascularización más temprana y, además, reduce significativamente la fuga de líquido de artroscopia a través del túnel tibial.

Esto se debe a que el tejido remanente contiene mecanorreceptores y extremos neurales libres, lo que parece ayudar a renevar el autoinjerto de LCA. Además, la conservación de los mecanorreceptores y la red vascular en un remanente de LCA puede mejorar la recuperación de la posición articular, así como la revascularización temprana del injerto.

Estos hallazgos son indicio de que el volumen remanente puede ser una condición preoperatoria importante y, por ende, predictor del resultado quirúrgico (Takazawa, y otros, 2013).

Si se comparan reconstrucciones con y sin preservación de remanente, existe una diferencia significativa en el resultado funcional y la propiocepción. La estabilidad anterior de la rodilla fue considerablemente mejor y en el seguimiento de dos años se ha encontrado que el riesgo de ruptura del injerto varía entre 2 y 5%.

Estos datos nos indican que la preservación del remanente logra una mejor propiocepción y reduce el riesgo de una nueva ruptura, siendo el único predictor significativo de rotura del injerto la no conservación del mismo, según Takazawa et al (2013).

Este estudio ha aclarado, entonces, que preservar el tejido remanente del LCA tiene varias ventajas clínicas, como la disminución de la rotura del injerto después de la reconstrucción primaria, disminuyendo así la probabilidad de repetición de lesiones en los atletas (Takazawa, y otros, 2013).

### ***Tipo de injerto.***

En los primeros 12 meses después de la cirugía, se ha informado que la incidencia de la rotura del injerto de LCA es significativamente mayor que la incidencia de lesión del LCA contralateral. Esto, según Gupta et al (2019)<sup>38</sup>, puede atribuirse a una relativa debilidad del injerto, mientras que pasa por las etapas de remodelación y maduración.

<sup>37</sup> Este estudio tiene por objetivo comparar los resultados clínicos en pacientes sometidos a reconstrucción del LCA con y sin preservación del remanente del LCA.

<sup>38</sup> Evaluación retrospectiva de datos de cirugías de LCA realizadas en los últimos diez años.

Pasados los 12 meses, el proceso de ligamentización se completa y el injerto se comporta como un LCA nativo, lo que sugiere una re-lesión y no una falla del injerto (Gupta, Malhotra, Sood, & Masih, 2019).

Diversos autores han tenido en cuenta las tasas de ruptura en los distintos tipos de injerto de LCA. Sus resultados se exhiben en la tabla 4.

**Tabla 4.**

*Tasas de ruptura de los distintos tipos de injerto según varios autores.*

Autor y año	Tipos de injerto comparados	Resultados	Injerto con menor tasa de ruptura (global)
(Mohtadi, Chan, Barber, & Paolucci, 2016) <sup>39</sup>	Semitendinoso-grácil (STG), hueso-tendón-hueso con tendón rotuliano (HTH), injerto de doble banda (DB).	- Lesiones traumáticas: significativamente favorecido el injerto HTG sobre STG y DB (por contacto directo y mecanismo de torsión). - Lesiones atraumáticas: no hubo diferencia entre los distintos tipos.	HTH
(Gupta, Malhotra, Sood, & Masih, 2019)	Semitendinoso-grácil, hueso-tendón-hueso con tendón rotuliano.	No se demostró superioridad de un injerto sobre otro.	-
(Capin, y otros, 2017)	Semitendinoso-grácil, hueso-tendón-hueso con tendón rotuliano.	Los atletas que sufrieron una segunda lesión tenían autoinjertos de isquiotibiales (STG), mientras que había una mezcla de STG y HTH en los que sufrieron una única lesión.	HTH
(Kaeding, y otros, 2015) <sup>40</sup>	Aloinjerto, semitendinoso-grácil, hueso-tendón-hueso con tendón rotuliano.	Las probabilidades de un nuevo desgarró fueron mayores para un aloinjerto en comparación a un autoinjerto. No hubo diferencias significativas entre los autoinjertos STG y HTH.	Autoinjerto
(Nawasreh, Adams, Pryzbylkowski, & Logerstedt, 2018) <sup>41</sup>	Aloinjerto, semitendinoso-grácil, hueso-tendón-hueso con tendón rotuliano.	Los pacientes con autoinjerto de STG muestran una tasa más alta de sufrir una segunda lesión del LCA en cualquiera de las extremidades, seguida de pacientes con autoinjerto de HTH y aloinjerto, respectivamente.	Aloinjerto.

<sup>39</sup> Estudio que evalúa los factores predictivos de ruptura traumática, nueva lesión y falla traumática del injerto en la RLCA con un seguimiento mínimo de dos años.

<sup>40</sup> Estudio que identifica los factores de riesgo de desgarró de LCA ipsilaterales y contralaterales luego de la RLCA primaria.

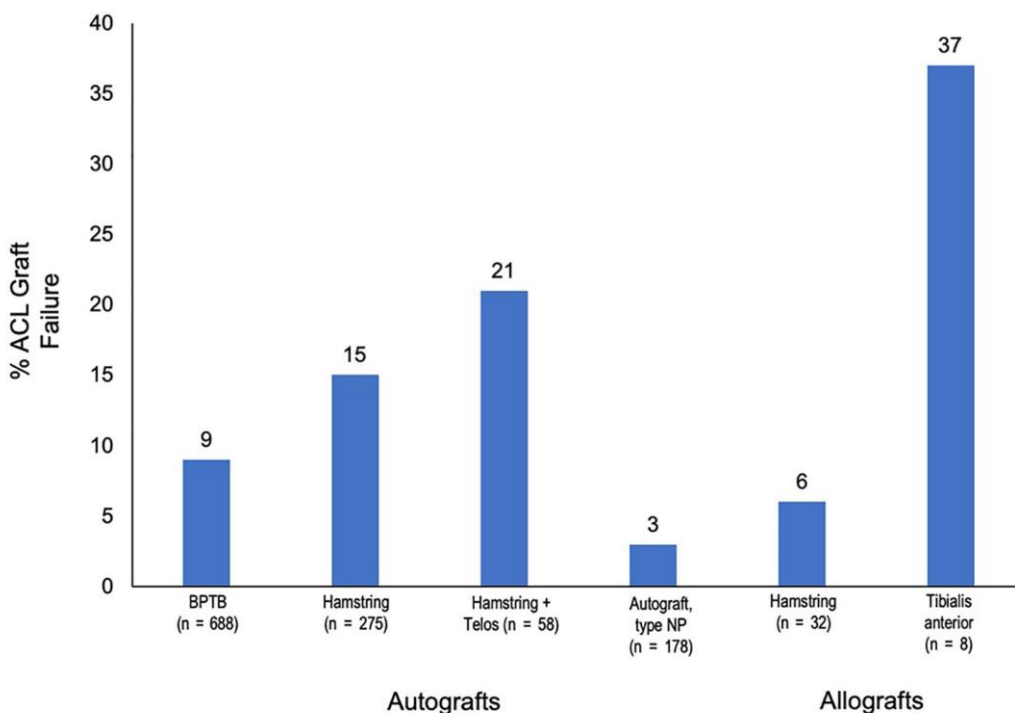
<sup>41</sup> Revisión sistemática y metaanálisis realizada por búsqueda computarizada de MEDLINE, CINAHL y SPORTDiscus.

(Yabroudi, y otros, 2016) <sup>42</sup>	Autoinjerto, aloinjerto, doble haz.	La combinación del uso de aloinjerto y reconstrucción del LCA de doble haz tuvo la mayor frecuencia de ir a cirugía de revisión.	Autoinjerto.
(Barber-Westin & Noyes, 2020) <sup>43</sup>	Semitendinoso-grácil con y sin ligamento artificial de Telos (auto y aloinjerto), hueso-tendón-hueso (autoinjerto), tibial anterior (aloinjerto).	Figura 11.	Autoinjerto no previsto.

Fuente: elaboración propia.

**Figura 11.**

Porcentajes de fracaso de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) según el tipo de injerto.



Nota. HTH, hueso-tendón rotuliano-hueso; Hamstring, STG; NP, no previsto; Tibialis anterior, tibial anterior; Allograft, aloinjerto; Autograft, autoinjerto.

Fuente. Tomado de "One in 5 Athletes Sustain Reinjury Upon Return to High-Risk Sports After ACL Reconstruction: A Systematic Review in 1239 Athletes Younger Than 20 Years" (p. 592), Barber et al, 2020, *Sports Health*. 12 (6).

<sup>42</sup> Estudio de casos y controles que determina los factores predictivos de cirugía de revisión luego de una RLCA fallida.

<sup>43</sup> Revisión sistemática de la literatura desde el inicio al 2019 de las bases de datos PubMed y Cochrane.

Cuatro de los siete estudios compararon aloinjertos con autoinjertos. De estos cuatro estudios, tres resultaron en menor tasa de ruptura para los autoinjertos y uno para los aloinjertos.

Tres estudios compararon subtipos de autoinjerto. De estos tres, dos resultaron en menor tasa de ruptura para el subtipo HTH en comparación al subtipo STG y, el estudio restante no concluyó en diferencias significativas para uno u otro.

Si se tiene en cuenta la totalidad de los estudios analizados, tres de siete indican que el autoinjerto con menor tasa de ruptura es el subtipo HTH y, en el estudio de Barber et al (2020), solo es superado en este aspecto por un porcentaje de autoinjertos no previstos.

Entonces, de este pequeño análisis se puede decir que los injertos con menor tasa de ruptura son los autoinjertos y, dentro de este tipo, el subtipo HTH.

Según Gupta et al (2019), algunos estudios consideran el injerto HTH como el estándar de oro<sup>44</sup> para la reconstrucción del LCA en deportistas debido a su bajo nivel de laxitud, alta durabilidad y mayor diámetro del injerto en comparación con el injerto STG.

Es importante recordar que ante la elección del injerto las tasas de ruptura son solo un factor a considerar (influye el tipo de deporte, objetivos perseguidos, características el paciente, etc.), pero que debe tenerse en cuenta al momento de prevenir los factores de riesgo de re-lesión.

#### **6.4. Déficits en el control motor.**

##### ***Actividad del cuádriceps y de los isquiotibiales.***

Después de la RLCA primaria son comunes las alteraciones en la actividad muscular, y los individuos suelen presentar un aumento de la respuesta de los isquiotibiales y una actividad disminuida del cuádriceps en relación a la extremidad contralateral y en comparación con sujetos sanos (Palmieri-Smith, Strickland, & Lepley, 2019)<sup>45</sup>.

Durante las tareas de salto dinámico, según el estudio de Palmieri et al (2019), los atletas que sufrieron lesión de LCA (lesión y re-lesión) presentaron una disminución en la respuesta del cuádriceps durante el aterrizaje (preactividad). Identificaron, además, que los atletas que no experimentaron una re-lesión utilizaron mayores niveles de respuesta de los isquiotibiales antes del aterrizaje (reactividad) que aquellos que sufrieron una nueva lesión. Estos últimos mostraron una acción del músculo bíceps femoral reducida durante la tarea evaluada.

La mayor actividad de los isquiotibiales en pacientes que no experimentaron una lesión secundaria puede interpretarse como un mecanismo protector de re-lesión que se utiliza para estabilizar dinámicamente la extremidad reconstruida (Palmieri-Smith, Strickland, & Lepley, 2019).

<sup>44</sup> El estándar de oro o gold standard en medicina se utiliza para caracterizar a la mejor alternativa diagnóstica o terapéutica en la actualidad.

<sup>45</sup> Autores de la Escuela de Kinesiología de la Universidad de Michigan y el Departamento de Kinesiología de la Universidad de Connecticut.

Desde una perspectiva clínica, las reducciones en la actividad del cuádriceps son peligrosas, ya que se cree que una menor respuesta de este músculo conduce a una nueva lesión y contribuye al desarrollo de osteoartritis postraumática (Palmieri-Smith, Strickland, & Lepley, 2019).

Otro estudio realizado por Burland et al (2020)<sup>46</sup> establece que, incluso años después de la cirugía, existen déficits funcionales persistentes en el cuádriceps que contribuyen a alterar las estrategias de control neuromuscular durante las tareas deportivas, en este caso el salto hacia delante en una sola extremidad, que pueden aumentar el riesgo de una nueva lesión.

Es importante destacar que estos desarreglos en la actividad muscular se asocian con alteraciones biomecánicas que se cree que contribuyen a la nueva lesión del LCA (Palmieri-Smith, Strickland, & Lepley, 2019).

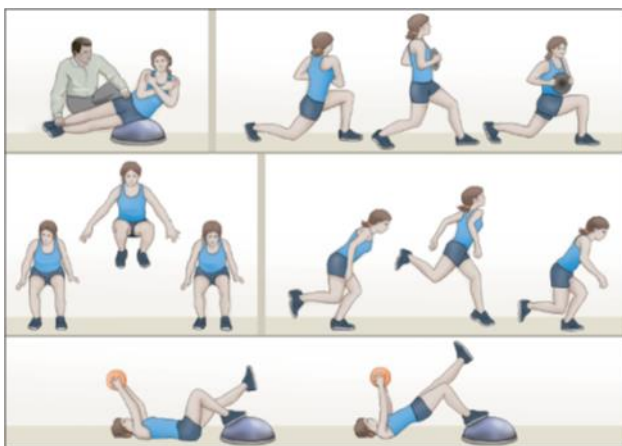
### **Control postural y patrones de movimiento.**

Otro factor de riesgo común entre los atletas reconstruidos de LCA es el control deficiente del movimiento y la postura.

El estudio de Teyhen et al (2013)<sup>47</sup> demuestra que el control motor de la cadera y la rodilla durante actividades como saltar, aterrizar, cortar y girar constituyen un factor de riesgo modificable en los atletas con RLCA. Para reducirlo, se deben realizar ejercicios especializados que se centren en actividades funcionales de alto nivel, agilidad, control y potencia para ayudar a disminuir el riesgo de una nueva lesión y optimizar el regreso a la actividad (figura 12).

**Figura 12.**

*Ejercicios para regresar a las actividades y deportes.*



*Nota. Los ejercicios se enfocan en saltar y aterrizar, lanzarse y hacer saltos, así como en la estabilidad del tronco y la cadera.*

*Fuente. Tomado de “Anterior Cruciate Ligament Surgery: Optimize Return to Activity and Minimize Risk of a Second Injury” (p. 793), por Teyhen et al (2013), Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 43 (11).*

<sup>46</sup> Estudio de laboratorio controlado transversal en el que participaron 26 personas con antecedentes de RLCA unilateral y 8 personas sanas.

<sup>47</sup> Teyhen et al revisaron 162 artículos para encontrar sugerencias para optimizar el regreso a la actividad luego de la RLCA y minimizar el riesgo de una segunda lesión.

En lo que compete a los gestos motores, aquellos patrones de movimiento aberrantes que incluyen rotación y aducción interna femoral, abducción de la rodilla, rotación externa tibial y eversión del tobillo (definida operativamente y denominada clínicamente como "valgo dinámico") con excursiones de flexión de rodilla bajas y grandes fuerzas de reacción vertical del suelo aumentan el riesgo de re-lesión (Joreitz, y otros, 2016)<sup>48</sup>.

### ***Equilibrio dinámico y propiocepción.***

A pesar de, típicamente, la RLCA restaura la estabilidad mecánica de la rodilla, los déficits sensoriales como el deterioro de la propiocepción y el control postural persisten con frecuencia.

Según el estudio de Culvenor et al (2016)<sup>49</sup> las personas que se han sometido a una RLCA demuestran un equilibrio dinámico deficiente bilateralmente cuando realizan una sentadilla a una pierna (figura 13). Estas deficiencias fueron observadas en los atletas como mayor excursión mediolateral y anteroposterior de la rodilla.

### **Figura 13.**

*Sentadilla a una pierna sobre Nintendo Wii.*



*Fuente.* Tomado de "Dynamic Single-Leg Postural Control Is Impaired Bilaterally Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Implications for Reinjury Risk" (p. 359), por Culvenor et al, 2016, *Journal of Othopaedic and Sports Physical Therapy*, 46 (5).

Los autores plantean que estos hallazgos pueden tener implicaciones en la función física y en el riesgo de lesiones, de modo tal que la evaluación del equilibrio dinámico<sup>50</sup> debe incluirse rutinariamente para identificar a los pacientes que podrían beneficiarse de los programas de entrenamiento neuromuscular específicos para mejorar la función y potencialmente, reducir el peligro de un nuevo trauma.

<sup>48</sup> Revisión Clínica de literatura por autores de los Servicios de Rehabilitación y el Centro Médico de la Universidad de Pittsburgh.

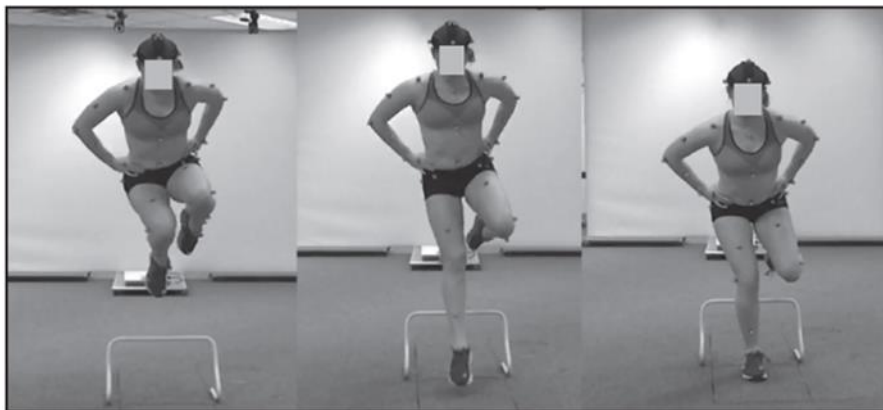
<sup>49</sup> Estudio de laboratorio controlado que evalúa el control postural dinámico de forma objetiva y autoinformada.

<sup>50</sup> El equilibrio dinámico es la capacidad para mantenerse erguido y estable mientras se realizan movimientos o tareas que requieren el desplazamiento del individuo.

Este pensamiento también es confirmado en otro estudio, por Heinert et al (2018), donde se evaluó a varios deportistas durante el aterrizaje sobre una pierna luego de un salto sobre una barrera de 30cm en ambas extremidades (quirúrgica y no quirúrgica) (ver figura 14).

#### **Figura 14.**

*Evaluación del aterrizaje a una sola pierna.*



*Nota.* El índice de control postural dinámico se calcula con base en que el ejecutante salte con ambas piernas sobre una barrera de 30cm y aterrice sobre una pierna con su miembro quirúrgico o no quirúrgico.

*Fuente.* Tomado de “Influence of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Dynamic Postural Control” (p. 434), por Heinert et al (2018), *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 13 (3).

Los resultados de este estudio afirman que los déficits en el control postural dinámico persisten en las extremidades reconstruidas de LCA en comparación con la no quirúrgica incluso luego de la autorización para la actividad completa.

Según Niederer et al (2020)<sup>51</sup>, las reacciones motoras en situaciones inesperadas en los aterrizajes con una sola pierna, los cambios neuroplásticos y el deterioro de la capacidad sensoriomotora para adaptarse adecuadamente al entorno cambiante pueden persistir durante meses o años después de la reconstrucción (18 a 26 meses).

Se afirma entonces, que tanto los déficits del equilibrio como las deficiencias en el sentido de la posición de la rodilla después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) pueden retrasar el regreso de un atleta a la práctica deportiva y aumentar el riesgo de una nueva lesión de LCA (Hoshiba, Nakata, Saho, Kanosue, & Fukubayashi, 2019)<sup>52</sup>.

#### ***Tiempo de activación muscular.***

Luego de una RLCA, las estrategias de control neuromuscular pueden verse afectadas, lo que influiría en el tiempo y la magnitud de activación muscular.

<sup>51</sup> Estudio transversal cuasi experimental por autores de Universidades de Frankfurt, Alemania.

<sup>52</sup> El objetivo de Hoshiba et al fue determinar la evaluación más efectiva para determinar los déficits en el sentido de posición de la rodilla luego de la RLCA.

En el estudio de Rocchi et al (2018)<sup>53</sup> los atletas participantes mostraron estrategias neuromusculares alteradas en el control de una pierna al momento del aterrizaje, independientemente al tipo de injerto utilizado. Estas fueron una duración de pre-impacto más prolongada, menor contacto inicial y ángulo máximo de la rodilla después del impacto, y mayor fuerza de reacción vertical del suelo. Según los autores todas estas pueden provocar movimientos descoordinados, lo que en consecuencia aumentaría el riesgo de re-lesión. Sin embargo, los resultados son controversiales ya que dichas alteraciones fueron encontradas en aquellos que sufrieron tanto una como dos lesiones.

En otro estudio más reciente se descubrió que los atletas que pasaron por una RLCA estaban presentes desarreglos tanto en la actividad muscular temporal como en los patrones de activación. Según Burland et al (2020), estas alteraciones se presentaron en la extremidad reconstruida en comparación con la sana o de control durante una tarea de salto hacia delante en una sola pierna y persistieron incluso años después.

Como sugieren los estudios de Burland et al (2020) y de Gokeler et al (2019)<sup>54</sup>, los déficits funcionales musculares persistentes contribuyen a alteraciones de las estrategias de control neuromuscular en las tareas deportivas. Además, afirman que el aprendizaje motor para (re) adquirir habilidades motoras y capacidades neuroplásticas no se incorpora suficientemente durante la rehabilitación tradicional, lo que demuestra las altas tasas de re-lesión. Estos principios de aprendizaje para apoyar la neuroplasticidad pueden mejorar el rendimiento funcional del paciente y reducir el riesgo de una segunda lesión de LCA (Gokeler, Neuhaus, Benjaminse, Grooms, & Baumeister., 2019).

### 6.5. Relacionados a la edad y sexo.

Varios de los artículos encontrados brindan información acerca de la edad y el sexo como factores de riesgo. Estos estudios, junto con sus resultados, se exponen en la tabla 5.

**Tabla 5.**

*Artículos que analizan en sexo y la edad como factor de riesgo de re-lesión.*

Autor y año	Sexo con mayor incidencia de re-lesión	Edad con mayor incidencia de re-lesión
(Mohtadi, Chan, Barber, & Paolucci, 2016) (Wiggins, y otros, 2016) <sup>55</sup>	Femenino	Edad más joven (< 25 años)
(Kaeding, y otros, 2015)	No hubo diferencias significativas.	Edad más joven.

<sup>53</sup> Estudio transversal que compara patrones mioeléctricos y cinemáticos durante el aterrizaje entre pacientes sanos y con RLCA.

<sup>54</sup> Gokeler es parte de la Unidad de Ciencias del Ejercicio y Neurociencias de la Universidad de Paderborn, Alemania.

<sup>55</sup> Revisión sistemática de la literatura por medio de búsquedas en PubMed (1966 a 2015) y EBSCO Host (1987 a 2015).

(Gupta, Malhotra, Sood, & Masih, 2019)	Femenino	Re-lesión 24 años $\pm$ 2 Lesión contralateral 27 $\pm$ 8.5
(Mohtadi, Chan, Barber, & Paolucci, 2016)	Masculino	Edad más joven ( $\neq$ / $<$ 27)
(Nawasreh, Adams, Pryzbylkowski, & Logerstedt, 2018)	Femenino	Edad más joven
(Barber-Westin & Noyes, 2020)	Masculino	-
(Yabroudi, y otros, 2016)	No influyente	Edad más joven ( $<$ 24 años, mayor riesgo en $<$ 18)

*Fuente: elaboración propia.*

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se puede decir que los hallazgos no demuestran diferencias significativas en cuanto al sexo. De todas formas, vale aclarar que según Nawasreh et al (2018), aunque la segunda lesión de LCA (tanto re-lesión como contralateral) es más común en mujeres, los hombres tienen más probabilidades de sufrir una lesión del injerto (re-lesión), mientras que las mujeres tienen más posibilidades de sufrir un trauma del LCA contralateral.

En lo que respecta a la edad, la totalidad de los estudios que abordan el factor en cuestión coinciden en que el mayor riesgo de re-lesión se encuentra en aquellos atletas de 27 años de edad o menos (promedio 25 años), sobre todo en los más jóvenes.

## **6.6. Relacionados al retorno al juego.**

### ***Aprobación de los criterios de retorno al juego.***

Cuando se utilizan pruebas objetivas antes del retorno a plena competencia las tasas de lesiones de RLCA disminuyen (Barber-Westin & Noyes, 2020).

Esta afirmación surge de la revisión de varios estudios realizada por Barber-Westin et al (2020), donde se identificaron los siguientes criterios de retorno al deporte: 85% de fuerza de cuádriceps para la competición por equipos, 90% de índice de simetría de extremidades durante el salto de una pierna y triple salto, tiempo postoperatorio de 6 a 8 meses, restauración de la mecánica de salto y pivote, y parámetros subjetivos (cumplimiento de las metas de rehabilitación).

Los atletas que no cumplieron con los criterios para todas las pruebas y que tenían una proporción disminuida entre isquiotibiales y cuádriceps tenían un riesgo 4 veces mayor de falla del injerto de LCA en comparación con aquellos que sí los cumplían (Barber-Westin & Noyes, 2020).

Por otro lado, la revisión realizada por Losciale et al (2019)<sup>56</sup> demuestra que son pocos los estudios que examinan la decisión de regreso al deporte basada en criterios y que estos últimos pueden ser subóptimos al momento de reducir una segunda lesión. Esta investigación concluye en que pasar las pautas de vuelta al juego no muestra una asociación estadísticamente significativa con el riesgo de una segunda lesión del LCA (Losciale, Zdeb, Ledbetter, Reiman, & Sell, 2019).

Tomando ambas posturas se puede decir que es preciso que el atleta cumpla con criterios objetivos antes de volver a competir, pero esto no asegura que se reduzcan las posibilidades de sufrir una re-lesión. Por lo tanto, será necesario implementar otras medidas de evaluación para tomar la decisión final de retorno al juego si se quiere prevenir en la mayor medida posible el riesgo de repetir la lesión del LCA.

### ***Pruebas de detección.***

El fracaso en la vuelta al juego después de la reconstrucción del LCA puede ser debido a la resolución incompleta de los impedimentos físicos y psicológicos, aunque la falta de pautas estandarizadas vuelta al juego también puede desempeñar un papel (Mueller, Bloomer, & Durall, 2014)<sup>57</sup>.

Dada esta falta de datos sobre las pruebas óptimas para determinar la preparación para volver al juego, según Mueller et al (2014), confiar en medidas únicas puede ser inadecuado para detectar deficiencias que aumentan el riesgo de una nueva lesión, por lo que parece sensato emplear múltiples medidas para tomar esta decisión.

Además, como dice el estudio de Ashigbi et al (2020)<sup>58</sup>, aunque aprobar el conjunto de pruebas de vuelta al juego minimiza el peligro de lesión, es evidente que hay un riesgo residual asociado y es necesaria la habilidad de los profesionales para predecir lo mismo en función de las pruebas.

Según la evidencia nivel dos, aprobar una combinación de pruebas funcionales con puntos de corte determinados que se usan como criterios de vuelta al juego reduce la tasa de nuevas lesiones, recomendándose acoplar pruebas de resistencia isocinética y pruebas de salto durante la evaluación (Ashigbi, Banzer, & Niederer, 2020).

Los autores de este estudio también sugieren que es más prometedor realizar varias mediciones en lugar de una única evaluación en el proceso de vuelta al juego, con el propósito de monitorear y verificar el curso del proceso de retorno.

Las pruebas clínicas que propone el estudio de Webster y Feller (2019)<sup>59</sup> son las medidas de flexión y estabilidad de rodilla, ya que pueden ser de utilidad para detectar a aquellos atletas en mayor peligro de sufrir una segunda lesión del LCA en un grupo que ya es de alto riesgo por su edad y nivel de actividad.

<sup>56</sup> Revisión sistemática y metaanálisis, nivel de evidencia 2 A.

<sup>57</sup> Luke M. Mueller pertenece al Departamento de Fisioterapia, Universidad de Wisconsin-La Crosse.

<sup>58</sup> Las pruebas de retorno al juego a las que hacen referencia Ashigbi et al incluyen pruebas funcionales, pruebas de fuerza, pruebas de mecánica del movimiento y el aterrizaje e información auto informada.

<sup>59</sup> Estudio de cohorte, nivel de evidencia 2.

Según los resultados de este estudio, los atletas con un déficit de flexión de 5° tenían más del doble de probabilidades de sufrir una ruptura del injerto, y los pacientes con una diferencia de lado a lado en la laxitud anterior de rodilla de 3mm o más tenían más del doble de probabilidades de sufrir una lesión contralateral.

Dicho esto, es claro que, para disminuir en los riesgos de re-lesión en la mayor medida posible, tomar los criterios de vuelta al juego sería insuficiente. Para asegurar un retorno exitoso será necesario incluir pruebas funcionales y, según Barber-Westin et al (2020), evaluar la estabilidad de la rodilla, el control neuromuscular, la agilidad y las medidas psicológicas antes de la incorporarse a la competencia de forma completa.

### ***Vuelta al juego temprana y aspectos propios del deporte.***

Los estudios que hacen referencia a estos factores de riesgo se resumen en la tabla 6.

**Tabla 6.**

*Resultados de los estudios que hacen referencia a la vuelta temprana y características del deporte.*

Estudio	Autor y año	Resultados
¿Es la rotura del injerto de ligamento cruzado anterior (después de una reconstrucción exitosa del ligamento cruzado anterior y el regreso a los deportes) en realidad una falla del injerto o una nueva lesión?	(Gupta, Malhotra, Sood, & Masih, 2019)	Volver a un deporte de pivote o corte aumenta las posibilidades de lesión del injerto ipsilateral, así como de lesión del LCA contralateral. La mayoría de los casos de nueva lesión se produjeron en deportistas que volvieron al nivel 1 o al nivel 2 de actividad.
Riesgo de lesión secundaria en atletas más jóvenes después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: una revisión sistemática y metaanálisis.	(Wiggins, y otros, 2016)	Los pacientes que regresan a un alto nivel de actividad, especialmente en deportes de alto riesgo de corte/pivote como el fútbol, tienen un mayor riesgo. Las pautas deficientes de vuelta al juego pueden permitir a los atletas volver a la participación deportiva antes de recuperar la simetría funcional, lo que posteriormente aumenta el riesgo de una nueva lesión.
Simple reglas de decisión pueden reducir el riesgo de una nueva lesión en un 84% después de la reconstrucción del LCA: el estudio de cohorte de LCA de Delaware-Oslo.	(Grindem, Snyder-Mackler, Moksnes, Engebretsen, & Risberg, 2016) <sup>60</sup>	Los pacientes que regresaron a los deportes de nivel I tuvieron una tasa de re-lesiones 4,32% más alta que los que no lo hicieron. La tasa de nuevas lesiones se redujo significativamente en un 51% por cada mes que se retrasó la vuelta al juego hasta 9 meses después de la cirugía, después de lo cual no se observó una mayor reducción del riesgo.

<sup>60</sup> El objetivo del estudio de Grindem et al es evaluar la relación entre la nueva lesión de rodilla luego de la RLCA y 1) el regreso a los deportes de nivel I, 2) el momento de regreso de los deportes y 3) la función de la rodilla antes del regreso.

<p>Criterios para la vuelta al deporte después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior con menor riesgo de lesión (estudio CR'STAL).</p>	<p>(Rambaud, y otros, 2017)</p>	<p>Un retorno al juego temprano expone al paciente a un alto riesgo de volver a lesionarse, especialmente con los deportes de pivote o de contacto.</p>
--	---------------------------------	---

*Fuente: elaboración propia.*

Los hallazgos mencionados en la tabla 6 resultan en tres aspectos: vuelta apresurada a la competencia, alto nivel de actividad y deportes de pivote o contacto. Estos factores colocan a los pacientes con RLCA en un riesgo significativamente mayor de rotura del injerto y lesión del LCA contralateral en comparación con sus contrapartes no lesionadas (Wiggins, y otros, 2016).

### 6.7. Otros.

Además de los factores de riesgo desarrollados a lo largo del trabajo, existen otros que no pudieron agruparse dentro de las categorías pero que pueden ser relevantes al momento de prevenir de forma efectiva el riesgo de una re-lesión. Estos agentes de riesgo serán mencionados en la tabla 7 junto con el artículo del cual fueron extraídos.

**Tabla 7.**

*Otros factores de riesgo que pueden contribuir a una re-lesión del LCA.*

Estudio	Autor y año	Factor de riesgo
<p>Criterios para la vuelta al deporte después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior con menor riesgo de lesión (estudio CR'STAL).</p>	<p>(Rambaud, y otros, 2017)</p>	<p>La pobre motivación y preparación psicológica constituyeron un factor de riesgo de re-lesión.</p>
<p>Auditoría de quince años de reconstrucciones del ligamento cruzado anterior en la Liga de fútbol australiana de 1999 a 2013: regreso al juego y lesión posterior del ligamento cruzado anterior.</p>	<p>(Lai, Feller, &amp; Webster, 2018)<sup>61</sup></p>	<p>Los antecedentes familiares de lesión del LCA se asociaron con un mayor riesgo de lesión posterior del LCA contralateral.</p>
<p>Mayor temor a una nueva lesión y mayor traslación tibial en pacientes que luego sufren una ruptura del injerto de LCA o una ruptura del LCA contralateral.</p>	<p>(Tagesson &amp; Kvist, 2016)</p>	<p>Los atletas que sufrieron una re-lesión demostraron mayor temor a volver a lesionarse.</p>

<sup>61</sup> El estudio de Lai et al determina las tasas de retorno al juego luego de la RLCA y explora los factores asociados con las diferentes tasas y la posterior lesión del LCA.

El miedo autoinformado predice el rendimiento funcional y la segunda lesión del LCA después de la reconstrucción del LCA y el regreso al deporte: un estudio piloto.	(Paterno, Flynn, Thomas, & Schmitt, 2018) <sup>62</sup>	Los pacientes con mayor miedo autoinformado (escala de kinesiofobia) eran menos activos, presentaban un menor rendimiento de salto con una sola pierna y fuerza isométrica del cuádriceps, y tenían un mayor riesgo de sufrir una segunda lesión del LCA en los 24 meses posteriores al retorno al juego. El miedo a moverse o volver a jugar debe considerarse en los criterios de alta para la vuelta al juego, sobre todo en deportes de pivote y corte.
Riesgo de lesión secundaria del LCA en adolescentes a los que se les recetó un aparato ortopédico funcional después de la reconstrucción del LCA	(Perrone, y otros, 2019) <sup>63</sup>	El grupo que utilizó ortesis funcional tuvo una tasa de re-lesión del injerto más baja. El uso posoperatorio de refuerzos funcionales puede reducir el riesgo de que el injerto se vuelva a rasgar y no cambia la lesión contralateral en < 18 años. Los antecedentes familiares de lesión de LCA se asociaron a mayor riesgo de 2da lesión.
Mecánica de la marcha y segunda ruptura del ligamento cruzado anterior: implicaciones para retrasar el regreso al deporte.	(Capin, y otros, 2017)	Atletas que sufrieron una segunda lesión presentaron un mayor IMC (índice de masa corporal).

*Fuente: elaboración propia.*

### **Antecedentes familiares.**

Tanto en el estudio de Lai et al (2018) como el de Perrone et al (2019), los antecedentes familiares de lesión de ligamento cruzado se asociaron con un segundo trauma, por lo cual debe tenerse en cuenta el historial individual de cada atleta al momento de la puesta en práctica de un protocolo preventivo.

### **Índice de masa corporal.**

En lo que respecta al estudio de Capin et al (2017), los hallazgos obtenidos de la cohorte en estudio demuestran que aquellos atletas con mayor índice de masa corporal (IMC)<sup>64</sup> fueron los que sufrieron una re-lesión comparativamente a los que presentaron solo una (figura 15). De estos resultados se deduce que un IMC de  $24.5 \pm 3.0$  constituye un riesgo de re-lesión.

### **Figura 15.**

*Riesgo de re-lesión e índice de masa corporal.*

Demographic Variable	ACLx1	ACLx2	P-value
Age (years)	16.0 ± 1.7	16.3 ± 1.9	.741
Body Mass Index (kg/m <sup>2</sup> )	21.4 ± 1.8	24.5 ± 3.0	.039 *
Graft Type	4 HS, 3 BPTB	7 HS, 0 BPTB	.192

<sup>62</sup> Estudio de cohorte prospectivo, nivel de evidencia 2.

<sup>63</sup> Estudio de serie de casos, nivel de evidencia 4.

<sup>64</sup> Razón matemática que asocia la masa y la talla de un individuo ideada por Adolphe Quetelet.

*Nota. Datos demográficos de la cohorte del estudio de Capin et al (2017). ACL, lesión de ligamento cruzado; Age, edad; Body mass index, Índice de masa corporal; graft type, tipo de injerto.*

*Fuente.* Tomado de “Mechanics of gait and second anterior cruciate ligament rupture: implications for delaying return to sport” (p. 1895), por Capin et al, 2017, *J. Orthop. Res*, 35 (9).

### ***Ortesis funcionales en el postoperatorio.***

La utilización de ortesis funcionales luego de la reconstrucción disminuye las tasas de ruptura del injerto según el estudio de Perrone et al (2019).

### ***Preparación psicológica y kinesiophobia.***

En sumatoria a todos los factores de riesgo descritos anteriormente, como se observa en la tabla 7, la preparación psicológica juega un papel importante en el retorno deportivo. La falta de abordaje psicológico provoca que los atletas regresen al juego con miedo a volver a lesionarse, poca motivación y confianza en sí mismos, lo tiene implicancia en la generación de una re-lesión.

La kinesiophobia o miedo moverse, mencionada en el estudio de Paterno et al (2018), posiblemente esté también vinculada a la falta de preparación psicológica. Este factor no solo contribuye al riesgo de lesión, sino que además disminuye el desempeño de la atleta en determinadas tareas y su rendimiento deportivo, por lo cual debe incluirse dentro de los criterios de retorno.

## 7. RESULTADOS.

Una vez identificados, los factores de riesgo identificados se clasifican en intrínsecos y extrínsecos. A su vez, estos pueden ser modificables o no (tabla 8).

**Tabla 8.**

*Clasificación de los factores de riesgo en intrínsecos y extrínsecos.*

Intrínsecos	Extrínsecos
Alteración del control neuromuscular. *	Bloqueo del nervio femoral. *
Asimetrías en las fuerzas de contacto articular luego de los seis meses de la RLCA. *	Falta de abordaje psicológico. *
Debilidad de glúteo menor, abductores, aductores y extensores de cadera, cuádriceps y flexores de rodilla respecto a la extremidad sana. *	Inmadurez del injerto de doble haz. **
Déficit postural o alteración del equilibrio. *	No conservación del remanente de LCA nativo. *
Déficits en el control motor de la cadera y la rodilla durante el salto, aterrizaje, corte lateral y giros. *	No implementar medidas de evaluación extra, como pruebas funcionales, para tomar la decisión de retorno al juego. *
Déficits en el sentido de la posición de la rodilla o propiocepción. *	No usar el injerto estándar de oro. *
Déficits en el tiempo y magnitud de activación muscular. *	No utilizar ortesis funcionales luego de la reconstrucción. *
Edad promedio de 25 años. **	Orientación vertical del injerto de un solo haz. **
Índice de masa corporal de $24.5 \pm 30$ . *	Retorno al juego sin cumplir los criterios para dichas pruebas. *
Mayor activación de isquiotibiales respecto a la pierna sana resultante en asimetría flexora. *	Vuelta apresurada a la competencia. *
Menor actividad del cuádriceps en el aterrizaje.	Vuelta a deportes de alto riesgo (pivote o contacto). *
Mayor aducción, menor varo, mayor rotación externa de cadera, mayor flexión de rodilla y menor flexión de cadera en la sentadilla a una pierna. *	Vuelta a nivel de actividad alto. *
Mayor momento aductor en el corte lateral. *	
Mayor traslación estática de la tibia. **	
Mayor velocidad de la marcha. **	
Pendiente tibial posterior de 9,9/12 o más. **	
Pertenecer al sexo masculino. **	
Pobre motivación, kinesiofobia y miedo al retorno deportivo. *	
Presentar antecedentes familiares de lesión de LCA. **	
Reducción de la abducción de cadera y de la inversión de tobillo. *	

*Fuente: elaboración propia.*

\* Factores de riesgo modificables.

\*\* Factores de riesgo no modificables.

## **8. CONCLUSIÓN.**

Luego del análisis de los artículos se concluye en que son múltiples los factores de riesgo de una re-lesión del LCA en deportistas. Entre ellos se incluyen alteraciones en la biomecánica, asimetrías y déficits en el control motor, así como aspectos vinculados al retorno deportivo, la cirugía, injerto, edad, sexo y otros.

Teniendo en cuenta la presencia o ausencia de dichos agentes, se podrá identificar aquellos atletas “en riesgo” y tomar las medidas y precauciones necesarias. Estas serán ejercidas sobre los factores de riesgo modificables, por lo que en esta etapa cobran mayor importancia.

Esta distinción o cribado de atletas requiere de tiempo e inversión en materiales, lo que muchas veces puede dificultar su puesta en práctica. Sin embargo, y sobre todo en el alto rendimiento, la prevención supone un menor gasto de los recursos económicos y sanitarios, permite un mejor desempeño del atleta y evita el tiempo fuera de competencia por re-lesión.

Es, entonces, mucho el beneficio para el paciente y su salud, así como para la institución en donde se desempeña. Por los motivos mencionados se recomienda llevar a cabo esta actividad.

## 9. REFERENCIAS.

- Ashigbi, E. Y., Banzer, W., & Niederer, D. (2020). Return to Sport Tests' Prognostic Value for Reinjury Risk after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc.*
- Barber-Westin, S., & Noyes, F. R. (2020). One in 5 Athletes Sustain Reinjury Upon Return to High-Risk Sports After ACL Reconstruction: A Systematic Review in 1239 Athletes Younger Than 20 Years. *Sports Health.*
- Burland, J. P., Lepley, A. S., Frechette, L., & Lepley, L. K. (2020). Protracted alterations in muscle activation strategies and knee mechanics in patients after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*
- Canseco, C. (2007). Tipo de Investigación. *Metodología de la Investigación*, <http://met-inv-ccf.blogspot.com/2007/05/tipo-de-investigacin.html>.
- Capin, J. J., Khandha, A., Zarzycki, R., Manal, K., Buchanan, T. S., & Snyder-Mackler, L. (2017). Gait mechanics and second ACL rupture: Implications for delaying return-to-sport. *J Orthop Res.*
- Culvenor, A. G., Alexander, B. C., Clark, R. A., Collins, N. J., Ageberg, E., Morris, H. G., . . . Crossley, K. M. (2016). Dynamic Single-Leg Postural Control Is Impaired Bilaterally Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Implications for Reinjury Risk. *J Orthop Sports Phys Ther.*
- Dai, B., Butler, R. J., Garrett, W. E., & Queen, R. M. (2012). Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescent patients: limb asymmetry and functional knee bracing. *Am J Sports Med.*
- Digiacomo, J. E., Palmieri-Smith, R. M., III, J. A., & Lepley, L. K. (2018). Examination of Knee Morphology After Secondary Ipsilateral ACL Injury Compared With Those That Have Not Been Reinjured: A Preliminary Study. *J Sport Rehabil.*
- Eck, C. F., Kropf, E. J., Romanowski, J. R., Lesniak, B. P., Tranovich, M. J., Dijk, C. N., & Fu, F. H. (2011). ACL graft re-rupture after double-bundle reconstruction: factors that influence the intra-articular pattern of injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*
- Eck, C. F., Kropf, E. J., Romanowski, J. R., Lesniak, B. P., Tranovich, M. J., Dijk, C. N., & Fu, F. H. (2011). Factors that influence the intra-articular rupture pattern of the ACL graft following single-bundle reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*
- Everhart, J. S., Hughes, L., Abouljoud, M. M., Swank, K., Lewis, C., & Flanigan, D. C. (2020). Femoral nerve block at time of ACL reconstruction causes lasting quadriceps strength deficits and may increase short-term risk of re-injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*
- Gardinier, E. S., Stasi, S. D., Manal, K., Buchanan, T. S., & Snyder-Mackler, L. (2014). Knee contact force asymmetries in patients who failed return-to-sport readiness criteria 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.*
- Gokeler, A., Neuhaus, D., Benjaminse, A., Grooms, D. R., & Baumeister., J. (2019). Principles of Motor Learning to Support Neuroplasticity After ACL Injury: Implications for Optimizing Performance and Reducing Risk of Second ACL Injury. *Sports Med.*
- Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *Br J Sports Med.*

- Gupta, R., Malhotra, A., Sood, M., & Masih, G. D. (2019). Is anterior cruciate ligament graft rupture (after successful anterior cruciate ligament reconstruction and return to sports) actually a graft failure or a re-injury? *J Orthop Surg (Hong Kong)*.
- Heinert, B., Willett, K., & Kernozek, T. W. (2018). INFLUENCE OF ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION ON DYNAMIC POSTURAL CONTROL. *Int J Sports Phys Ther*.
- Hoshiba, T., Nakata, H., Saho, Y., Kanosue, K., & Fukubayashi, T. (2019). Comparison of the Position-Matching and Position-Reproducing Tasks to Detect Deficits in Knee Position Sense After Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. *J Sport Rehabil*.
- Joreitz, R., Lynch, A., Rabuck, S., Lynch, B., Davin, S., & Irrgang, J. (2016). PATIENT-SPECIFIC AND SURGERY-SPECIFIC FACTORS THAT AFFECT RETURN TO SPORT AFTER ACL RECONSTRUCTION. *Int J Sports Phys Ther*.
- Kaeding, C. C., Pedroza, A. D., Reinke, E. K., Huston, L. J., Consortium, M., & Spindler, K. P. (2015). Risk Factors and Predictors of Subsequent ACL Injury in Either Knee After ACL Reconstruction: Prospective Analysis of 2488 Primary ACL Reconstructions From the MOON Cohort. *Am J Sports Med*.
- Kapandji, A. I. (2010). *Fisiología Articular*. Tomo 2. Editorial Médica Panamericana.
- Lai, C. C., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2018). Fifteen-Year Audit of Anterior Cruciate Ligament Reconstructions in the Australian Football League From 1999 to 2013: Return to Play and Subsequent ACL Injury. *Am J Sports Med*.
- Losciale, J. M., Zdeb, R. M., Ledbetter, L., Reiman, M. P., & Sell, T. C. (2019). The Association Between Passing Return-to-Sport Criteria and Second Anterior Cruciate Ligament Injury Risk: A Systematic Review With Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*.
- Marrero, R. C. (2000). *Biomecánica Clínica del Aparato Locomotor*. Editorial Masson.
- Miller, M. D., & Thompson, S. R. (2015). *DeeLee and Drez's Orthopaedic Sports Medicine. Principles and Practice*. Editorial Elsevier Saunders.
- Miller, M. D., Cole, B. J., Cosgarea, A. J., & Sekiya, J. K. (2010). *Cirugía de la Rodilla en la Lesión Deportiva*. Editorial Elsevier Saunders.
- Mohtadi, N., Chan, D., Barber, R., & Paolucci, E. O. (2016). Reruptures, Reinjuries, and Revisions at a Minimum 2-Year Follow-up: A Randomized Clinical Trial Comparing 3 Graft Types for ACL Reconstruction. *Clin J Sport Med*.
- Mueller, L. M., Bloomer, B. A., & Durall, C. J. (2014). Which outcome measures should be utilized to determine readiness to play after ACL reconstruction? *J Sport Rehabil*.
- Nawasreh, Z., Adams, G., Pryzbylkowski, O., & Logerstedt, D. (2018). INFLUENCE OF PATIENT DEMOGRAPHICS AND GRAFT TYPES ON ACL SECOND INJURY RATES IN IPSILATERAL VERSUS CONTRALATERAL KNEES: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *Int J Sports Phys Ther*.
- Niederer, D., Giesche, F., Janko, M., Niemeyer, P., Wilke, J., Engeroff, T., . . . Vogt, L. (2020). Unanticipated jump-landing quality in patients with anterior cruciate ligament reconstruction: How long after the surgery and return to sport does the re-injury risk factor persist? *Clin Biomech (Bristol, Avon)*.
- Norouzi, S., Esfandiarpour, F., Mehdizadeh, S., Yousefzadeh, N. K., & Parnianpour, M. (2019). Lower extremity kinematic analysis in male athletes with unilateral anterior cruciate

reconstruction in a jump-landing task and its association with return to sport criteria. *BMC Musculoskelet Disord*.

- Orizola, & Zamorano. (2012). Reconstrucción de ligamento cruzado anterior de rodilla en mujeres deportistas. *Revista Médica Clínica Las Condes*.
- Palmieri-Smith, R. M., Strickland, M., & Lepley, L. K. (2019). Hamstring Muscle Activity After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction-A Protective Mechanism in Those Who Do Not Sustain a Secondary Injury? A Preliminary Study. *Sports Health*.
- Paterno, M. V., Flynn, K., Thomas, S., & Schmitt, L. C. (2018). Self-Reported Fear Predicts Functional Performance and Second ACL Injury After ACL Reconstruction and Return to Sport: A Pilot Study. *Sports Health*.
- Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med*.
- Paús Vicente, G. A. (2020). Alta médico-deportiva en reconstrucciones del ligamento cruzado anterior. *Asociación Argentina de Traumatología del Deporte*.
- Perrone, G. S., Webster, K. E., Imbriaco, C., Portilla, G. M., Vairagade, A., Murray, M. M., & Kiapour, A. M. (2019). Risk of Secondary ACL Injury in Adolescents Prescribed Functional Bracing After ACL Reconstruction. *Orthop J Sports Med*.
- Rambaud, A. J., Semay, B., Samozino, P., Morin, J.-B., Testa, R., Philippot, R., . . . Edouard, P. (2017). Criteria for Return to Sport after Anterior Cruciate Ligament reconstruction with lower reinjury risk (CR'STAL study): protocol for a prospective observational study in France. *BMJ Open*.
- Rocchi, J. E., Labanca, L., Laudani, L., Minganti, C., Mariani, P. P., & Macaluso, A. (2018). Timing of Muscle Activation Is Altered During Single-Leg Landing Tasks After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction at the Time of Return to Sport. *Clin J Sport Med*.
- Sharifmoradi, K., Karimi, M. T., & Hoseini, Y. (2019). Evaluation of the Asymmetry of Leg Muscles Forces in the Subjects with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Knee Surg*.
- Shi, H., Huang, H., Ren, S., Yu, Y., Liang, Z., Wang, Q., . . . Ao, Y. (2019). The relationship between quadriceps strength asymmetry and knee biomechanics asymmetry during walking in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *Gait Posture*.
- Smeets, A., Verheul, J., Vanrenterghem, J., Staes, F., Vandenuecker, H., Claes, S., & Verschueren, S. (2020). Single-Joint and Whole-Body Movement Changes in Anterior Cruciate Ligament Athletes Returning to Sport. *Med Sci Sports Exerc*.
- Stearns, K. M., & Pollard, C. D. (2013). Abnormal frontal plane knee mechanics during sidestep cutting in female soccer athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med*.
- Tagesson, S., & Kvist, J. (2016). Greater fear of re-injury and increased tibial translation in patients who later sustain an ACL graft rupture or a contralateral ACL rupture: a pilot study. *J Sports Sci*.
- Takazawa, Y., Ikeda, H., Kawasaki, T., Ishijima, M., Kubota, M., Saita, Y., . . . Kaneko, K. (2013). ACL Reconstruction Preserving the ACL Remnant Achieves Good Clinical Outcomes and Can Reduce Subsequent Graft Rupture. *Orthop J Sports Med*.

- Teyhen, D. S., & Robertson, J. (2013). Anterior cruciate ligament surgery: optimize return to activity and minimize risk of a second injury. *J Orthop Sports Phys Ther.*
- Webb, J. M., Salmon, L. J., Leclerc, E., Pinczewski, L. A., & Roe, J. P. (2013). Posterior tibial slope and further anterior cruciate ligament injuries in the anterior cruciate ligament-reconstructed patient. *Am J Sports Med.*
- Webster, K. E., & Feller, J. A. (2019). Clinical Tests Can Be Used to Screen for Second Anterior Cruciate Ligament Injury in Younger Patients Who Return to Sport. *Orthop J Sports Med.*
- Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Schneider, D. K., Stanfield, D., Webster, K. E., & Myer., G. D. (2016). Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.*
- Yabroudi, M. A., Björnsson, H., Lynch, A. D., Muller, B., Samuelsson, K., Tarabichi, M., . . . Irrgang, J. J. (2016). Predictors of Revision Surgery After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.*
- Yamazaki, J., Muneta, T., Ju, Y.-J., Koga, H., Morito, T., & Sekiya, I. (2013). The kinematic analysis of female subjects after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction during single-leg squatting. *J Orthop Sci.*

## 10. ENLACES CONSULTADOS.

Artículos recuperados de (ordenados alfabéticamente según apellido del autor):

A:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31895299/>

B:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32374646/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31897547/>

C:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27859527/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26999412/>

D:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23035150/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28095169/>

E:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21085932/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21311861/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31317214/>

G:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25318940/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30719683/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27162233/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30782075/>

H:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30038829/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30526256/>

J:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27104060/>

K:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25899429/>

L:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30388022/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30501385/>

M:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26164058/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23981536/>

N:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30140550/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31901699/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31656192/>

P:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31194624/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29272209/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20702858/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31763340/>

R:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28667211/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30418218/>

S:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31476778/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31302335/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32079913/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23425687/>

T:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25894209/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26535246/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24175621/>

W:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24036571/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31431901/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26772611/>

Y:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23329075/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27734019/>