



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias de la Salud

Trabajo Fin de Grado

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO
BASADO EN LA EVIDENCIA TRAS
RECONSTRUCCIÓN DEL
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR
(APROXIMACIÓN A UNA GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA)**

Alumno: Aguayo-Rosado, Cristina

Tutor: Prof. D. Galán-Mercant, Alejandro
Dpto: Ciencias de la Salud

Junio, 2016

INDICE

1. Introducción

2. Metodología

3. Revisión de la Literatura y Estado Actual de Tema

3.1. Anatomía del LCA

3.2. Biomecánica

3.3. Epidemiología e Incidencia

3.4. Etiología

3.5. Factores de riesgo extrínsecos

3.6. Factores de riesgo intrínsecos

3.7. Lesiones en el Esquí

3.8. Diagnóstico

3.8.1. Resonancia Magnética

3.8.2. Artroscopia

3.8.3. Pruebas funcionales

3.9. Tratamiento

3.9.1. Tratamiento médico-quirúrgico de la rotura del LCA

3.10. Tratamiento de fisioterapia tras reconstrucción quirúrgica del LCA

3.10.1. Mecanismo de restricción del movimiento

3.10.2. Ejercicios de potenciación

3.10.3. Rehabilitación en el hogar

3.10.4. Entrenamiento neuromuscular y propioceptivo

3.10.5. Hidroterapia

3.10.6. Contracción excéntrica cruzado

3.10.7. Tratamiento con radiofrecuencia bipolar (RF)

3.10.8. Electroestimulación

3.10.9. Crioterapia

3.10.10. Kinesiotaping

4. Conclusiones generales para la práctica clínica

5. Bibliografía

Resumen

La rehabilitación de los pacientes después de una reconstrucción de ligamento cruzado anterior (LCA) ha sido objeto de estudio y ha sufrido notables mejoras en las últimas décadas. El actual incremento de deportistas, en concreto, de deportes de invierno ha elevado de forma considerable el número de lesiones de LCA en ese tiempo.

La realización de un protocolo de rehabilitación tardía y estandarizada provoca una vuelta al deporte lenta y, en muchos casos, en presencia de inestabilidad de rodilla residual. El aumento de estudios que intentan esclarecer las técnicas más adecuadas para la producción de una rodilla más estable y en un menor periodo de tiempo indican que probablemente el protocolo de rehabilitación está anticuado y se requiere un cambio en las técnicas de fisioterapia postoperatoria. Pese a esto sigue existiendo controversia en la literatura acerca de numerosas técnicas.

El objetivo del presente estudio es establecer qué técnicas de tratamiento de fisioterapia son las que producen mayores beneficios para el deportista y una vuelta a la práctica deportiva temprana. También se evaluará la eficacia del protocolo de rehabilitación preestablecido así como los distintos métodos de intervención y selección del injerto.

Abstract

The rehabilitation of patients after reconstruction of anterior cruciate ligament (ACL) has been studied and has undergone significant improvements in recent decades. The current surge of athletes, in particular winter sports has increased significantly the number of ACL injuries in that time.

The realization of a standardized late protocol and rehabilitation causes a slow return to sport and, in many cases, in the presence of residual knee instability. Increasing studies attempting to clarify the most appropriate techniques for the production of a more stable knee and in a shorter period of time indicate that rehabilitation protocol is outdated and probably required a change in postoperative physiotherapy techniques. Despite of that, nowadays still existing controversy in the literature about numerous techniques.

The aim of this study is to establish which physiotherapy's techniques are those that produce greater benefits for the athlete and an early return to the sport. Also evaluate the effectiveness of prescribed rehabilitation protocol and several methods of intervention and graft selection will also be evaluated.

Palabras clave: LCA, Rotura, Lesión, Rehabilitación, Tratamiento, Fisioterapia, Reconstrucción, Intervención, Diagnóstico.

1. Introducción

La rodilla es una articulación particularmente susceptible a lesiones traumáticas por su localización entre la cadera y el tobillo, dónde se expone a la transmisión de fuerzas del miembro inferior. El ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura importante de estabilización pasiva antero-posterior y rotacional debido a que presenta dos haces. Existe un mayor número de lesiones del ligamento cruzado anterior en extensión completa de rodilla aunque cada haz se tensa en grados diferentes de flexión de rodilla. En Estados Unidos, se producen entre 100.000 y 200.000 lesiones del ligamento cruzado anterior cada año, siendo mucho más frecuente en mujeres que en hombres.

Durante la actividad física este ligamento puede verse dañado en movimientos de deceleración o cambios de dirección, es decir, la mayor parte de las roturas del LCA se producen sin contacto. Por tanto, los deportes que requieran ese tipo de movimientos son más propensos a padecer LCA. No sólo el tipo de deporte es condicionante para sufrir un LCA, numerosos factores intrínsecos del deportista como peso, estatura, tono muscular, sexo... favorecen la lesión.

En el presente estudio nos centraremos en las lesiones de LCA en la práctica de los deportes de Invierno en Estaciones de Esquí, dónde el acercamiento de los deportistas en general de un deporte que hace 15 años estaba reducido a una clase muy reducida de deportistas, está provocando un aumento considerable de lesiones LCA. En la práctica de deportes de invierno los tejidos blandos de la rodilla y, en concreto, el ligamento cruzado anterior se ven con mucha frecuencia dañados. La frecuencia y la localización de las lesiones en estos deportes han cambiado mucho en los últimos años debido, sobre todo a las innovaciones que ha sufrido el equipamiento y las medidas de seguridad. Dentro del esquí existen algunas lesiones típicas como son el "pulgar del esquiador" y la "fractura del esquí" que se producen por el equipamiento, ya sean los bastones o las botas, respectivamente que actúan de palanca rígida ante caídas o pérdidas de control. Existen diversas modalidades de esquiar como son el Slalom, Descenso..., la técnica en cada una de ellas es distinta y por ello el riesgo de lesiones y el tipo de éstas también varía.

En resumen, el ligamento cruzado anterior se ve sometido a mayores tensiones en deportes con giros y deceleraciones, entre ellos el esquí, lo que provoca su colapso y rotura en muchos casos. El diagnóstico precoz y un tratamiento multidisciplinar acertado son necesarios para que el paciente pueda volver a la práctica deportiva. Actualmente, existe controversia acerca de las técnicas de rehabilitación más adecuadas que se deben utilizar para conseguir unos resultados óptimos. En este trabajo se pretende analizar las distintas técnicas de intervención quirúrgica y de rehabilitación que tienen evidencia científica en el tratamiento de la rotura del

ligamento cruzado anterior, para ello también se exponen algunos datos relevantes previos para comprender el funcionamiento del ligamento.

2. Metodología

Todo el contenido de la propuesta de tratamiento, así como los datos referidos, han sido sacados de una síntesis de artículos científicos de las principales bases de datos. Donde se han utilizado múltiples motores de búsqueda, con diversas palabras clave para tratar de ir dando respuesta y contenido con rigor científico, a cada uno de los apartados identificados.

3. Revisión de la Literatura y Estado Actual de Tema

En la siguiente sección, se tratará de analizar, sintetizar y mostrar el estado actual del tema relacionado con la temática del presente trabajo. En la misma se buscará identificar aspectos básicos de la Anatomía del Ligamento Cruzado Anterior, aspectos biomecánicos, epidemiología, incidencia, etiología, factores de riesgo, principales lesiones asociadas al esqui, diagnóstico, pronóstico y tratamiento. Dentro del apartado del tratamiento, se estudiarán aspectos del tratamiento médico-quirúrgico, así como realizar una aproximación a una guía de práctica clínica del tratamiento de rehabilitación tras la reconstrucción del LCA en Fisioterapia.

3.1. Anatomía del LCA

El ligamento cruzado anterior es una estructura importante en la estabilización de la articulación de la rodilla. Presenta dos haces: uno antero-medial(AM) y otro postero-lateral(PL); que actúan sinérgicamente para proporcionar estabilidad antero-posterior y rotacional(1). El haz antero-medial tiene una longitud media de 33mm y el haz postero-lateral de 18mm. La media del área seccional del ligamento difiere en función del sexo: es de 36mm² en mujeres y 47mm² en hombres(2). El ligamento está compuesto de colágeno tipo I y presenta diversos mecanorreceptores tales como corpúsculos de Ruffini, corpúsculos de Paccini, órganos de Golgi y terminaciones libres(2).

3.2. Biomecánica

Las fuerzas transmitidas a través de los haces del ligamento cruzado anterior varían dependiendo de la posición de la rodilla. La mayor tensión en el haz AM se produce en ángulos de 60-90° de flexión de rodilla mientras que para el haz PL se produce en extensión completa; existe un mayor número de lesiones del LCA en extensión completa de rodilla(2).

A los 15° de flexión no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos haces. El haz PL soporta mayores tensiones en los desplazamientos tíbiales anteriores(2).

Se considera que el haz PL es el más importante en la estabilidad global de la rodilla, por eso la cirugía clásica se basa en la reconstrucción de este haz: la estabilidad anterior resultante se acerca mucho a la de una rodilla intacta, sin embargo, no la estabilidad rotacional (rotación interna y/o valgo de rodilla)(2).

3.3. Epidemiología e Incidencia

Las mujeres atletas son de 2 a 8 veces más propensas a sufrir la rotura del ligamento cruzado anterior que los hombres(2). Como ya se ha comentado, en Estados Unidos, se producen entre 100.000 y 200.000 lesiones del ligamento cruzado anterior cada año, siendo el ligamento que más frecuentemente resulta dañado. Este número sigue aumentando cada año tanto en la población en general como en aquella que practica deporte(2).

3.4. Etiología

El 70% de las lesiones de LCA se producen sin contacto, es decir, sólo el 30% se producen por contacto con un oponente u obstáculo. El mecanismo más común implica procesos de deceleración o cambios de dirección con el pie fijo en el suelo(3).

La rotura del ligamento cruzado anterior se produce cuando la actividad muscular no logra estabilizar adecuadamente la articulación y se produce un aumento de cargas sobre los sistemas de estabilización pasiva, y finalmente, su fracaso (3).

Normalmente las lesiones del ligamento se produce por movimientos de rotación externa o valgo de rodilla, con ésta en semiflexión; puede acompañarse de un crujido audible o no y dolor e inflamación prácticamente inmediata (aparece en un intervalo de 4 horas), seguidos de una sensación de inestabilidad articular (4,5).

3.5. Factores de riesgo extrínsecos

Serán factores de riesgo extrínsecos para sufrir una lesión en el LCA los siguientes:

- Superficie
- Calzado
- Clima
- Tipo de deporte que se practica: deportes que requieren maniobras de deceleración, esquivar y, en definitiva, movimientos en varo/valgo o rotaciones de rodilla presentan mayor riesgo.
- Nivel de competición
- Estilo de práctica deportiva (más o menos agresiva)

3.6. Factores de riesgo intrínsecos

Serán factores de riesgo intrínsecos para sufrir una lesión en el LCA los siguientes:

- Ángulo Q: mayor en mujeres. Produce un aumento lateral de la tensión del cuádriceps
- Estenosis de la escotadura intercondílea
- Tamaño del ligamento: Está en relación directa con la fuerza y tono cuádriceps; a mayor tono cuádriceps mayor es el ligamento cruzado anterior.
- Inclinación de la meseta tibial
- No buen control del core
- Factores biomecánicos y neuromusculares: Mayor tono cuádriceps con respecto al tono de los músculos Isquiotibiales (que responden con contracción cuando se produce un estiramiento de LCA). Por tanto, la fuerza, flexibilidad y tiempo de reacción. También influirán las diferencias neuromusculares entre ambos miembros, pierna dominante.
- Cinética/cinemática de caídas y saltos. Ángulos de rotación y abducción de rodilla
- Predisposición genética: Alteraciones de los genes que codifican los proteoglicanos.
- Factores hormonales: los fibroblastos presentan receptores para la progesterona, estrógeno y andrógenos. Se ha demostrado mayor incidencia de lesiones del LCA en personas con niveles bajos de testosterona (influye positivamente en la síntesis de colágeno) de estrógenos y progesterona. Las fases pre-ovulatorias incrementan el riesgo ya que los niveles hormonales sexuales se encuentran disminuidos.
- Laxitud ligamentosa: Se puede ver aumentada por muchos factores, entre otros por la hormona relaxina.
- Altura: a mayor altura, mayores son los brazos de palanca que actúan sobre la rodilla y crean mayor tensión en la misma.
- Ángulo alfa de la cadera anormal o elevado: se estiman normales valores de 50º para las mujeres y 68º para los hombres; por encima de éstos se comienza a ver disminuida la rotación interna de cadera que afecta a la biomecánica tanto de la articulación coxofemoral como de la femorotibial, ya que esta última soportará mayores tensiones rotacionales, favoreciendo la ruptura del ligamento cruzado anterior.
- Morfología del pie: Un cambio en la pisada puede cambiar por completo la biomecánica de todo el miembro.

Las diferencias morfológicas existentes en el extremo inferior del fémur(cóndilos femorales y surco intercondíleo), en la inclinación de la meseta tibial, a nivel de la musculatura que actúa sobre la rodilla y en el tamaño del propio ligamento entre hombres y mujeres permite explicar

las diferencias en la cinemática de la rodilla y, por tanto, la mayor incidencia de ruptura de LCA en mujeres(1–3,5–10).

3.7. Lesiones en el Esquí

“The only sport more dangerous than skiing is sky-diving – if parachute does not open”

Robert J. Johnson

Las lesiones en la cabeza durante el esquí alpino, son, por lo general, las lesiones más graves que ocurren en este deporte y suceden con mayor frecuencia por colisión con un obstáculo que por una caída propia(11).

En EEUU se producen 20-30 muertes al año relacionadas con el esquí; el 60% de ellas debido a traumatismo en la cabeza, sumándole las lesiones de órganos internos esto haría un 93% de las causas de fallecimiento durante la práctica de este deporte(11).

Las lesiones de extremidades inferiores en el esquí han cambiado en los últimos años, debido principalmente a las innovaciones que se han producido en el equipamiento que provocan una mayor fijación del complejo tobillo-pie al esquí y una buena protección de la cabeza mediante el uso, obligatorio en algunas estaciones, de casco. Estas mejoras disminuyeron en gran medida el promedio de lesiones producidas en miembros inferiores tales como esguinces de tobillo, fracturas de tobillo o fracturas espiroideas de tibia(12); también se redujo la incidencia de la lesión antiguamente conocida como la “fractura del esquí”: fractura de extremo distal del peroné (maléolo externo).

Actualmente, las lesiones más comunes se producen en los tejidos blandos de la rodilla (meniscos y ligamentos), que han duplicado su incidencia en los últimos 18 años. La localización de lesiones durante la práctica de deportes de invierno difiere entre el esquí y el snowboarding. Siendo, en los esquiadores, la rodilla la principal afectada (43%); mientras que en los snowboarders es la muñeca (18%). Las lesiones de hombro presentan un porcentaje más similar en ambos deportes: 12% en esquí, 14% en snowboard. Estas diferencias se deben a las disimilitudes existentes en el equipamiento, en la técnica y en el gesto deportivo. Las botas utilizadas en el snowboard son menos rígidas que en el esquí, es por ello que las lesiones de tobillo tienen poca prevalencia en este último. La utilización de bastones en el esquí favorece la lesión de los pulgares en caso de caída (ya que, con el pulgar en abducción, el bastón actúa de palanca, produciendo una hiperextensión de la articulación metacarpofalángica, lesionando de esta forma el ligamento colateral cubital); es el llamado “pulgar del esquiador”. En el caso del snowboard se lesionan antes las muñecas. Otro

mecanismo lesional en el esquiador es que éste coja una bañera y gire el tronco en sentido contrario a los miembros inferiores, viéndose afectada la articulación de la rodilla por la transmisión de fuerzas(12–15).

Tanto la frecuencia como la localización de las lesiones también varían en función del nivel al que se practique el deporte. En snowboard, los que resultan más frecuentemente accidentados son los principiantes, que tienen dificultades para controlar la velocidad y parar; sin embargo, en el caso de los esquiadores, son en el nivel intermedio-alto, debido a la dificultad de pistas que comienzan a descender(16). A continuación se muestran datos de incidencia de las lesiones más frecuentes en los diferentes deportes de invierno ajustado por: deporte (Tabla 1), nivel de experiencia en el esquí (Tabla 2) y nivel de experiencia en el snowboard (Tabla 3).

- Tabla 1(16): En ella se muestra cómo la rodilla es la articulación que con más frecuencia se ve dañada en el esquí.

Skiing			Snowboarding		
ICD-9	Frequency	Injury description	ICD-9	Frequency	Injury description
844	362 (25%)	Knee ligament sprain/strain	813	40 (10.1%)	Fracture of radius/ulna
717	88 (6%)	Internal derangement of knee	844	28 (7%)	Knee ligament sprain/strain
842	65 (4.5%)	Wrist and hand sprains/strains	845	25 (6.3%)	Sprains/strains of ankle/foot
873	52 (3.6%)	Open wound of scalp/face	831	16 (4%)	Shoulder dislocation
831	46 (3.2%)	Shoulder dislocation	850	13 (3%)	Concussion
823	46 (3.2%)	Tibia/fibula fracture	923	12 (3%)	Upper limb contusion

- Tabla 2(16):

Injury site	Beginner (n = 172)	Intermediate(n = 692)	Advanced (n = 257)
Knee	56% (97)	30% (205)	35% (89)
Shoulder	10% (18)	12% (84)	12% (32)
Thumb	7% (12)	8% (58)	7% (17)

▪ Tabla 3(16):

Injury site	Beginner (n =116)	Intermediate (n =174)	Advanced (n =84)
Wrist	32%	21%	7%
Shoulder	11%	15%	15%
Knee	10%	12%	13%
Ankle	11%	10%	15%

En las lesiones de partes blandas de la rodilla, concretamente de ligamento cruzado anterior, existen diferencias notables entre hombres y mujeres en la práctica deportes competitivos como esquí alpino, baloncesto, fútbol o balonmano(15,17).

Las mujeres presentan 2.3 veces más de probabilidad de sufrir una lesión en la rodilla durante una carrera de esquí alpino que los hombres; y 3.1 de ruptura de ligamento cruzado anterior con respecto a los competidores varones(17).

Dentro de la práctica del esquí alpino, existen varias modalidades de competición: Descenso, Súper G, Slalom y Slalom gigante entre ellas. La incidencia de lesiones es mayor en Descenso y Súper G y alcanza las tasas más bajas en el slalom. La diferencia en las incidencias de las distintas modalidades reside esencialmente en la técnica y las exigencias de cada una de ellas. El Descenso normalmente consta de una única carrera, de una distancia entre 2.000 y 4.500 metros y un desnivel medio de 800 metros; por tanto, la velocidad media que se alcanza en estas carreras es de 100km/h. Sin embargo, el Slalom consta de dos carreras en las que se combina la velocidad con precisión en los giros, la distancia es más corta que en el descenso, al igual que el desnivel (es de unos 220m.), pero presenta numerosas puertas(aproximadamente 60) alrededor de las cuales el esquiador deberá realizar los giros; por lo que, la velocidad a la que se realiza un Slalom es menor a la que se produce el Descenso, esta podría ser una de las razones por las que se producen mayor número de lesiones en la segunda(15).

En competición el mecanismo de lesión LCA suele ser producido por la recepción de una caída, después de un salto, sobre los esquís con rodillas semiflexionadas, dónde las botas actuarían de palanca induciendo el cajón anterior(15).

3.8. Diagnóstico

El diagnóstico precoz de la rotura de ligamento cruzado anterior es crucial para optimizar los resultados y evitar posibles cambios degenerativos en la articulación(18). La evaluación debe realizarse inmediatamente después de la lesión, si es posible, pero a menudo está limitada por la inflamación y el dolor. La valoración debe comenzar por la observación de la marcha del

paciente, así como la posición de comodidad que él o ella asume en la camilla. El médico debe tener en cuenta cualquier asimetría, incluyendo la pérdida de la muesca peripatelar que indica un derrame, hemartrosis, o ambos(5).El examinador puede tratar de palpar la rótula con compresión suprarotuliana, una sensación esponjosa será indicativa de derrame(5).

En presencia de hemartrosis, el aumento del volumen intraarticular produce un dolor considerable en toda la amplitud de movimiento. Este dolor se traduce en un espasmo de isquiotibiales, limitando aún más el rango de movimiento de la rodilla y hace un examen preciso difícil. El paciente puede no ser capaz de flexionar completamente la rodilla, pero la pérdida de hiperextensión es más indicativo de una interrupción de LCA. La incapacidad de extensión completa también plantea la posibilidad de una rotura de menisco desplazado y bloqueado(5).

La precisión del diagnóstico realizado mediante pruebas de imagen se verá influenciado por la calidad de los equipos de imagen y por la habilidad y experiencia de los examinadores(19).

3.8.1. Resonancia Magnética

La resonancia magnética (RM) es el estudio principal que se utiliza para diagnosticar la lesión del LCA en los Estados Unidos. Tiene la ventaja añadida de identificar lesiones de menisco, rotura de ligamentos colaterales y contusiones óseas. Aproximadamente del 60 al 75 por ciento de las lesiones del LCA están asociadas a roturas de menisco, hasta el 46 por ciento tienen lesiones de los ligamentos colaterales. La sensibilidad y especificidad de la RM para detectar una ruptura del LCA es de 86 y 95 por ciento, respectivamente, según se ha confirmado mediante Artroscopia(5).

Posteriormente a una rotura de LCA puede producirse un proceso de reparación mediante la proliferación de tejido cicatricial que puede formar un puente entre los fragmentos del ligamento, este proceso recibe el nombre de sinovialización. La reparación de un ligamento por formación de tejido cicatricial es biológica y biomecánicamente inferior al tejido que sustituye. La sinovialización presente en LCA antiguos pueden ser diagnosticados por la RM como ligamentos intactos aunque éstos no presentan las mismas propiedades que un ligamento sano. Es por eso que la sensibilidad de esta prueba diagnóstica desciende cuando se trata de roturas crónicas(20).

La Resonancia Magnética es la técnica no invasiva más precisa para la detección y diagnóstico de rotura de ligamento cruzado anterior. Estos son algunos de los signos que nos indicarían la rotura del ligamento en una resonancia(21):

Signos primarios:

- Discontinuidad del ligamento o trayectoria anormal
- Pérdida de la línea paralela Blumesaant

Signos secundarios:

- Edema óseo
- Caída del ligamento cruzado posterior
- Traslación anterior de la tibia

3.8.2. Artroscopia

Es considerada la Gold Estándar en el diagnóstico de patologías del ligamento cruzado anterior. Sin embargo, presenta riesgos derivados de la cirugía y la anestesia tales como infección, lesiones neurovasculares y dolor postoperatorio(19). Los hallazgos encontrados en las pruebas funcionales y en la resonancia magnética serán los que determinen si se debe realizar la artroscopia(19).

3.8.3. Pruebas funcionales

Son pruebas realizadas de forma manual, donde el gasto económico y de tiempo es prácticamente inexistente en comparación con las pruebas de diagnóstico anteriormente descritas(18).

Hasta 1970, la única prueba funcional utilizada para determinar la existencia de una lesión en el ligamento cruzado anterior era el test de cajón anterior, lo que condujo a una tasa elevada de diagnósticos extremadamente pobres. El diagnóstico clínico de una ruptura del LCA se hizo más preciso con la llegada de la prueba de Lachman, descrita en 1976, y la prueba de desplazamiento del pivote, en 1972. Hoy en día, la prueba de Lachman está siendo considerada como la prueba más fiable, con los niveles más altos de sensibilidad y especificidad. Sin embargo, estas pruebas pueden resultar difíciles de realizar en personas con ansiedad(22).

- **Prueba de Lachman:** Es considerada la prueba Gold Standard para la rotura de ligamento cruzado anterior. Se utiliza para valorar la inestabilidad anterior de la rodilla en el plano sagital. Se realiza con el paciente en decúbito supino con la rodilla a examinar en 20-30º de flexión. El examinador debe fijar fémur y realizar una tracción anterior de la tibia.

Esta prueba puede verse dificultada en caso de que el examinador tenga las manos pequeñas o el paciente presente unos muslos muy voluminosos. Para estos casos

existe una variante de esta técnica que se realiza en decúbito prono de manera que el muslo queda fijo contra la camilla y es posible la utilización de ambas manos para la producción de la traslación anterior de la tibia. Esta variable presenta una sensibilidad del 70%, una especificidad del 97%, un valor predictivo positivo de 94% y un valor predictivo negativo de 80%. Sin embargo, para la misma prueba realizada en supino encontramos valores de especificidad 91-94%, sensibilidad 85-87%, es decir mayor sensibilidad pero menor especificidad(18,23).

- **Prueba del cajón anterior:** Se realiza con el paciente en decúbito supino y la rodilla a explorar flexionada. El examinador cogerá con ambas manos la pierna colocando pulgares en la parte anterior y el resto de dedos en la parte posterior, inmediatamente inferior al hueco poplíteo. Se realizarán empujes antero-posteriores. El aumento del desplazamiento tibial anterior es indicativo de ruptura del LCA. Este prueba puede dar falsos negativos en caso de que se produzca una contracción de defensa de los Isquiotibiales; la configuración anatómica de los cóndilos femorales también puede influir en que la prueba de un falso negativo. Se pueden dar falsos positivos en caso de que el paciente presente insuficiencia del ligamento cruzado posterior o una tibia hundida, que producen una falsa sensación de movimiento tibial anterior debido a que la tibia en posición neutra se encuentra posteriorizada (realmente el desplazamiento anterior de la tibia en estos casos la llevaría a la posición neutra)(24). La sensibilidad de esta prueba es relativamente baja (22.2%-41% dependiendo del autor) pero se ve incrementada si se realiza con el paciente bajo anestesia (79.6%-91%). Por el contrario, la especificidad de esta prueba es bastante alta (97%) y, por tanto, un cajón anterior positivo indica fuertemente patología de LCA(24).
- **Prueba de Pivot Shift:** Esta prueba evalúa de forma dinámica la laxitud articular de la rodilla. En pacientes con LCA roto, se experimenta una subluxación tibial anterolateral cuando la rodilla se aproxima a la extensión, ésta se reduce al llegar a los 30º de flexión ya que a esa amplitud la banda iliotibial tiene función flexora. Por tanto, esta prueba evalúa la inestabilidad rotatoria de rodilla mediante un movimiento de flexoextensión con rotación interna y estrés en valgo, será positiva si se produce una subluxación del platillo tibial externo durante la prueba(25). Se trata de una maniobra compleja, subjetiva y multiplanar, ya que depende de la velocidad de ejecución, la fuerza aplicada en la rodilla y el ángulo de abducción de la rodilla. Se ha demostrado que algunos tejidos blandos laterales pueden influir en

inestabilidad rotatoria de la rodilla como lo son la banda iliotibial y el menisco externo; si estas estructuras son ineficaces o no se encuentran (por ejemplo en el caso de menisectomía lateral) la traslación tibial durante esta prueba se verá incrementada. La prueba de Lachman también se ve afectada por la actividad de la banda iliotibial.

La prueba de Pivot Shift es utilizada no sólo para valorar la presencia de una lesión del LCA sino también para diferenciar el tipo de reconstrucción después de una ligamentoplastia; debido a que el ligamento tiene dos haces y, dependiendo del tipo de intervención se pueden reconstruir los dos (proporciona estabilidad anteroposterior y rotacional) o solo uno de ellos (sólo presentaría estabilidad anteroposterior y, por tanto, prueba de Pivot Shift positiva).

Actualmente, se están investigando distintas formas de cuantificación del movimiento de traslación tibial durante esta prueba, pero todavía no se ha llegado a un acuerdo para la medición objetiva de este desplazamiento (23,26–28).

La dificultad de medición objetiva de los movimientos de traslación de la tibia residen en que se produce en seis grados de libertad: varo-valgo, rotación interna-externa y traslación antero-posterior. Se han utilizado sensores electromagnéticos (no invasivo, pero se producen interferencias por la presencia de metal p.e en personas operadas, que pueden afectar a las mediciones registradas), acelerómetro y sistemas de navegación (estos últimos requieren además una intervención quirúrgica para la implantación de los marcadores de seguimiento) pero no están disponibles siempre y presentan un coste muy elevado. Una alternativa más económica y sencilla es la utilización de mecanismos de toma de imágenes y vídeos durante la prueba, de esta manera se marcarían sobre la piel tres puntos de referencia (epicóndilo femoral lateral, tubérculo de Gerdy y cabeza del peroné) y se medirían los desplazamientos antero-posteriores de esos puntos durante la traslación tibial(28,29).

Algunos autores defienden que la utilización de una prueba de Pivot Shift estandarizada y el uso de los avances tecnológicos para cuantificar los movimientos producidos durante la ejecución de la prueba podría ser útil para disminuir la variabilidad entre los resultados de los distintos examinadores y favorecer la comparación entre los mismos(30).

Test	Descripción	Sensibilidad y especificidad	Comentarios
Prueba Cajón anterior	Paciente en decúbito supino, cadera flexión de 45° y rodilla flexión de 90 °. Examinador se sienta en el pie del paciente, con manos detrás del extremo proximal de la tibia y el pulgar en la meseta tibial. Se ejerce fuerza anterior. El aumento del desplazamiento tibial en comparación con el lado opuesto es indicativo de una ruptura del LCA.	<p>1.Harilainen(31)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 41% ▪ Sensibilidad (bajo anestesia): 86% <p>2.Katz and Fingeroth(32)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 22.2% (lesiones agudas) ▪ Sensibilidad: 53.8% (lesiones crónicas) ▪ Especificidad:97% (agudas y crónicas) <p>3.Jonsson et al(33)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 33% (lesiones agudas) ▪ Sensibilidad: 95% (lesiones crónicas) <p>4.Donaldson et al(34)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 70% (lesiones agudas) ▪ Sensibilidad (bajo anestesia): 91% ▪ Especificidad: no citado <p>5.Mitsou and Vallianatos(35)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 40% (lesiones agudas) ▪ Sensibilidad: 95.24% (lesiones crónicas) ▪ Especificidad: no citada <p>6.Kim and Kim(36)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad(bajo anestesia): 79.6% ▪ Especificidad. No citada 	<p>1. Estudio prospectivo. 350 lesiones de rodilla analizadas, 79 confirmadas de lesión de LCA mediante artroscopia.</p> <p>2. Las pruebas realizadas únicamente bajo anestesia. Estudio retrospectivo. 9Lesiones agudas LCA y 12 crónicas.</p> <p>3. 107 pacientes documentados con lesiones agudas o crónicas de LCA. Especificidad no evaluada porque sólo hay pacientes con LCA positivo</p> <p>4.Estudio retrospectivo. Especificidad no reportada porque los autores sólo evaluaron LCA positivos.</p> <p>5.144 rodillas, 60 con lesiones agudas evaluadas dentro de los 3 primeros días desde la lesión. 80 lesiones crónicas.</p> <p>6. Las pruebas realizadas únicamente bajo anestesia.</p>
Test de Lachman	Paciente en decúbito supino. Rodilla sostenida entre la extensión	<p>1. Torg et al(37)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 95% ▪ Especificidad: no citada 	<p>1. Estudio retrospectivo. Todas las lesiones de carácter crónico. 93 lesiones de LCA asociadas a lesión de</p>

	<p>completa y 15º de flexión.</p> <p>Fémur se estabiliza con una mano mientras se ejerce presión anterior en la parte posterior del extremo proximal de la tibia.</p> <p>Prueba es positiva (lo que indica rotura del LCA) cuando hay traslación anterior de la tibia con punto final "suave"</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Donaldson et al(34) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 99% ▪ Especificidad: no citada 3. Katz y Fingeroth(32) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad(bajo anestesia): 84,67% ▪ Especificidad(bajo anestesia): 95% 4. Kim y Kim(36) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad(bajo anestesia): 98,6% ▪ Especificidad: no citada 5. Mitsou y Vallianatos(35) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 80% (lesiones agudas) ▪ Sensibilidad:98,8% (lesiones crónicas) 6. Jonsson et al(33) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 87% (lesiones agudas) ▪ Sensibilidad: 94% (lesiones crónicas) 	<p>menisco, 5 falsos negativos debido a esto último.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Estudio retrospectivo. No se evaluó la especificidad porque todos eran casos positivos. 3. Estudio retrospectivo. Pruebas realizadas bajo anestesia. 9Lesiones agudas LCA y 12 crónicas. 4. Estudio retrospectivo. Pruebas realizadas bajo anestesia. 5. Estudio retrospectivo. 144 rodillas, 60 con lesiones agudas evaluadas dentro de los 3 primeros días desde la lesión. 6. 107 pacientes documentados con lesiones agudas o crónicas de LCA. Especificidad no evaluada porque sólo hay pacientes con LCA positivo
Test de Pivot Shift	<p>Pierna se coge por el tobillo; la rodilla se flexiona colocando el talón de la mano detrás peroné. A medida que se extiende la rodilla, se ejerce una tensión en</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lucie et al(38) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 95% 2. Katz y Fingeroth(32) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 98,4% ▪ Especificidad: >98% 3. Donaldson et al(34) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilidad: 35% ▪ Sensibilidad (bajo anestesia): 98% 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 50 rodillas testadas. No había suficiente muestra de rodillas intactas para evaluar especificidad. 2. Estudio retrospectivo. Pruebas realizadas sólo bajo anestesia. 9Lesiones agudas LCA y 12 crónicas. 3. Estudio retrospectivo. No se

	valgo sobre la tibia. Aproximadamente a 30 ° de flexión, la tibia desplazada súbitamente y posteriormente se reduce, lo que indica una prueba positiva.		evaluó la especificidad porque todos eran casos positivos.
--	--	--	--

Fuente: (24)

- Prueba de pérdida de extensión (LOE):** Su realización, tal y como fue descrita en 1989, es la valoración de la diferencia de extensión pasiva del paciente entre ambos miembros inferiores, tomando como punto de referencia los talones con el paciente en decúbito prono. También puede realizarse en decúbito supino, flexionando una pierna y estabilizando con una mano la rodilla contra la camilla al tiempo que se eleva el talón de la misma pierna y se mide la distancia a la camilla. En ambos casos, la prueba será positiva en la rodilla que menos se extienda(22).

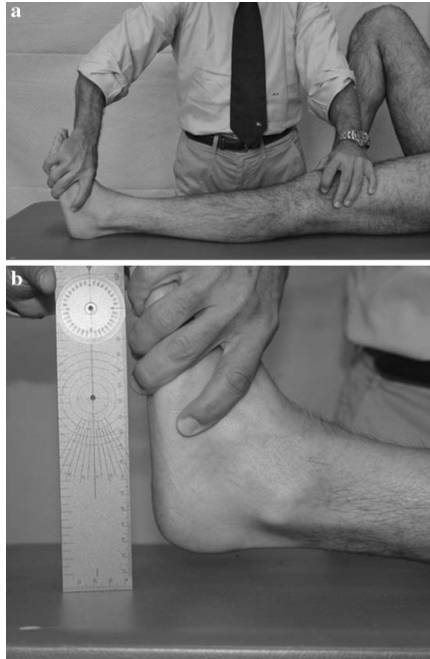
La explicación biomecánica de este test puede residir en que ante la presencia de patología en el ligamento cruzado anterior la tibia puede verse desplazada a anterior, produciendo de esta forma una limitación y restricción capsular posterior(22).

Esta prueba presenta una sensibilidad de 77,6%, una especificidad de 94,7%, un valor predictivo positivo de 95,9% y valor predictivo negativo de 72,4%(22).

Esta prueba presenta ciertas ventajas sobre las convencionales: no se necesita ninguna experiencia del examinador, y no parece verse afectada por las condiciones particulares de los pacientes (grado de relajación o el tamaño del muslo), por el tamaño de la mano del examinador (en contraste con lo que se ha informado para la prueba de Lachman y pruebas dinámicas) o por la presencia de un desgarro asociado del ligamento colateral medial, que disminuye drásticamente la sensibilidad de la prueba de Pivot Shift(22).

En conclusión, la baja incidencia de falsos positivos (5,3%) implica que la prueba LOE tiene una alta especificidad (94,7%), muy similar a la reportada en la literatura para la prueba de Lachman y la prueba de Pivot Shift. La incidencia relativamente alta de falsos negativos (22,3%) significa que la prueba LOE sólo es bastante sensible (77,7%) aunque esta es similar a la aportada por la literatura para la prueba de Pivot Shift(22).

Por lo que, finalmente, se considera una prueba útil para lograr una mayor precisión en el diagnóstico de la insuficiencia de ligamento cruzado anterior cuando haya dificultad de realización de las pruebas convencionales por falta de habilidad manual o pacientes ansiosos incapaces de relajarse(22).



Fuente:(22)

3.9. Tratamiento

No todos los pacientes que presentan rotura del ligamento cruzado anterior son candidatos para el tratamiento quirúrgico. Aquellos que presentan enfermedades serias como patologías graves de corazón, riñón o hígado deberán seguir un tratamiento conservador; también aquellos que no presentan una vida activa o participan en algún deporte seguirán este tratamiento(2).

Algunos estudios han demostrado un incremento significativo de la probabilidad de sufrir patologías de menisco y del cartílago articular en aquellas personas que no se someten a una reconstrucción del ligamento(2).

3.9.1. Tratamiento médico-quirúrgico de la rotura del LCA

El tratamiento quirúrgico es el tratamiento de elección en los pacientes con un alto nivel de actividad física. Desafortunadamente, la cirugía no es siempre 100% eficaz. Algunos posibles problemas secundarios de la intervención pueden ser el pinzamiento del injerto, la tensión del injerto, no conseguir reproducir las características histológicas y biomecánicas del ligamento

nativo y la replicación incompleta del ligamento (la no reconstrucción del haz posterolateral)(2).

Del 15 al 25% de los pacientes que se someten a la reconstrucción del LCA continúan sufriendo inestabilidad y dolor en la rodilla lesionada(2). En ocasiones, durante la reconstrucción se deja un fragmento de ligamento residual que obstaculizará la visualización durante la intervención y afectará a la calidad de la reconstrucción pudiendo provocar (1%-9.8% de los casos) un pinzamiento posterior o lesión Cíclope (nódulo fibroso que se produce en la parte anterior de la escotadura intercondílea). Sin embargo, hay estudios que demuestran que dejar ese fragmento de ligamento ayuda a la reinervación del ligamento mediante mecanorreceptores tales como corpúsculos de Ruffini, corpúsculos de Paccini y, en algunos casos, órganos de Golgi(2).

Selección del injerto

Actualmente, se utilizan tres fuentes básicas de injerto: autoinjerto, aloinjerto e injerto sintético(39).

- **Autoinjerto**

Las ventajas más significativas del uso de autoinjerto son que está libre de transmisión de enfermedades y que incorpora más rápido. Las desventajas principales son el dolor anterior de rodilla, entumecimiento, debilidad muscular y fractura de rótula(39).

Los dos injertos más comúnmente utilizados son el tendón patelar y tendón de los músculos isquiotibiales (normalmente hecho de semitendinoso y gracilis). Estos injertos autólogos tienen un 95% de probabilidad de éxito y un 1.9% y 3.9% de fallo para el patelar y el de isquiotibiales, respectivamente(2). Hay controversia en la literatura actual acerca del tipo de injerto que aporta mayores beneficios(40).

En 2001 Yunes et al. informaron de buenos resultados tanto para el injerto de tendón cuadricipital(hueso-tendón, HTH-R) como para el de isquiotibiales, pero el primero condujo a niveles de actividad postoperatorio más altos y mayor estabilidad estática(41). En 2005 Goldblatt et al. no encontró diferencias entre ambos con respecto a la incidencia de inestabilidad residual. Sin embargo, el injerto de isquiotibiales tenía una menor prevalencia de crepitación rotuliana, dolor de rodilla, y la pérdida de extensión(42). En 2007 Biau et al. no encontró diferencias en los resultados obtenidos en la escala International Knee Documentation Committee (IKDC) o en el número de pacientes que regresan a la actividad física después de la intervención(43). Poolman et al. encontró una menor morbilidad utilizando tendón de los isquiotibiales(44). Pero en

otro estudio, la inestabilidad de la rodilla postoperatoria fue menos frecuente con el tendón cuadricipital(45).

Una revisión de Cochrane no encontró diferencias entre ambos en el resultado funcional a largo plazo(46). Aunque el injerto de HTH-R es más probable que produzca mayor estabilidad estática de rodilla también se asoció con problemas anteriores de rodilla. Otra revisión sistemática demostró el aumento del dolor anterior de rodillas cuanto se utiliza el autoinjerto de cuádriceps (47).

El autoinjerto de isquiotibiales se asoció con una menor restauración de la estabilidad de la rodilla pero con un menor número de complicaciones postoperatorias. En términos de costos, morbilidad del donante y tasa de infección no se encontraron diferencias entre ambos autoinjertos(40).

- ***Autólogo de tendón cuadricipital***

El uso de injerto del tendón del cuádriceps presenta los siguientes beneficios: es muy accesible, presenta buenas propiedades estructurales de fijación y tiene potencial de curación tendón-hueso. La utilización de este injerto se asocia con debilidad de extensión de rodilla postquirúrgico. Los determinantes para el no uso de esta técnica serían dolor anterior de rodilla, pérdida de sensibilidad, fractura de rótula, contractura patelar inferior y dolor rotuliano(2).

- ***Autólogo de Isquiotibiales***

El injerto tendinoso de isquiotibiales presenta mayor tensión que el anterior. Algunos estudios han demostrado que el uso de este injerto disminuye la fuerza y resistencia de isquiotibiales hasta 9 meses después de la operación. Los tendones de la corva presentan la dificultad de que su dimensión es variable (longitud y diámetro). Su diámetro esta en relación con la altura, pero no con el índice de masa corporal(2).

- ***Aloinjerto***

Las ventajas potenciales del aloinjerto incluyen la disponibilidad de injertos más grandes, no tan lesivo y no produce debilidad del aparato extensor ni flexor; sin embargo, el costo de este tipo de injertos es más elevado, hay mayor riesgo de transmisión de enfermedades, existe un retraso en la incorporación del injerto y, además, éste se debilita a largo plazo. Se han desarrollado diversas técnicas de esterilización tales como irradiación gamma y microondas para prevenir la infección producida por los aloinjertos; sin embargo, numerosos estudios han demostrado que alteran significativamente las propiedades biomecánicas iniciales del injerto(39).

- ***Un haz vs dos haces***

Entre el 10% y el 30% de los pacientes continúan sintiendo inestabilidad de rodilla después de la reconstrucción con un solo haz. Eso se traduce en que solo el 60-70% de los pacientes vuelven al deporte. Esta reconstrucción restablece la estabilidad antero-posterior de la rodilla pero no son capaces de resistir cargas combinadas con movimientos rotatorios(2).

La reconstrucción con dos haces produce mayor resistencia a las fuerzas extrínsecas que actúan sobre la rodilla protegiendo así a las partes blandas de sufrir patologías de partes blandas intraarticulares como rotura de ligamento cruzado anterior de repetición o lesiones de menisco. Y aunque restablece mejor la cinemática de la rodilla presenta algunas desventajas como la dificultad de la intervención y el mal posicionamiento de los túneles óseos(2,48-52).

3.10. Tratamiento de fisioterapia tras reconstrucción quirúrgica del LCA

La rehabilitación de los pacientes después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior ha sido objeto de mejoras notables en las últimas dos décadas(53,54). Antes del artículo clásico de Paulos et al(55) en 1981, la literatura sobre la rehabilitación del LCA era bastante escasa. La base para la rehabilitación en ese momento estaba fundada en estudios realizados con animales. El protocolo de rehabilitación se centraba en la protección del injerto: inmovilización, limitación de la extensión, limitación de carga y retorno tardío a la actividad(53).

En 1990, Shelbourne y Nitz(56) propusieron un protocolo de rehabilitación acelerada basada en la experiencia clínica. Su programa se basaba en retrasar la cirugía, inicio precoz de movilizaciones, carga de peso y extensión completa(53).

La práctica basada en la evidencia es la tendencia que define la rehabilitación de LCA en el 2000(53). Es por ello que a continuación se exponen las distintas formas de abordaje de la rehabilitación de LCA que se encuentran en la literatura actual.

3.10.1. Mecanismo de restricción del movimiento

Debido a que los protocolos de rehabilitación antiguamente utilizados comenzaban siempre con un periodo de inmovilización (al menos de 6 semanas), comenzaremos por el estudio de la evidencia de los elementos de restricción del movimiento(57).

Ningún estudio ha demostrado un beneficio clínicamente significativo en el uso de órtesis de restricción del movimiento o férulas en la rodilla de forma temprana después de la

intervención en el manejo del dolor, laxitud de la rodilla o velocidad de recuperación. La inmovilización precoz posterior a la reconstrucción por tanto, se considera no necesaria, ni estrictamente beneficiosa(57).

A continuación, se adjunta una tabla en la cual se puede observar como distintos estudios han evaluado varios mecanismos de restricción del movimiento en el postoperatorio temprano. El tiempo de utilización de los aparatos de limitación del movimiento oscila de 2 días a 6 semanas, se analizan distintos aparatos y se estudian en función de parámetros diversos; pero en ninguno de ellos se obtiene beneficio significativos en la utilización de un mecanismo que inmovilice o limite la movilidad de la rodilla después de una reconstrucción de LCA (58–65).

Study (Level of Evidence)	No. of Patients /Groups	Group Differences	Significant Findings	ACL Method
Hiemstra et al (I)	88/2	Knee immobilization for 14 days vs. no immobilization	No difference in pain or medication use at 14 days	Hamstring autograft
Mayr et al. (I)	73/2	Hard brace vs. water-filled soft brace	Soft brace group had decreased early effusion at 6 weeks; no other clinically significant differences	Hamstring autograft
Birmingham et al. (I)	150/2	Functional brace vs. neoprene sleeve during activity	No difference at 12 or 24 months, braced patients had higher subjective confidence	Hamstring autograft
Ito et al. (II)	30/2	Immobilization for 3 days vs. 2 weeks	No significant differences at 3, 6, or 12 months	Hamstring autograft
Harilainen and Sandelin (II)	60/2	Brace for 2 weeks vs. no brace	5-year follow-up continued to show no difference	BTB
Isberg et al. (II)	22/2	Restricted motion vs. no range of motion restriction for 1 month	No differences at 6 months or 2 years	BTB

QOL = quality of life, and BTB = bone-patellar tendon-bone.

[†]Long-term follow-up of a study included in the previous systematic reviews. Fuente: (57)

3.10.2. Ejercicios de potenciación

En vista de la falta de beneficios que aporta un periodo de inmovilización postoperatorio se han estudiado diversas formas de trabajo muscular y comparaciones entre ellas. A continuación se analizan diversos estudios.

Gerber et al. ha publicado tres artículos que evalúan el ejercicio excéntrico progresivo a partir de la 3 semana después de la intervención. Hubo un aumento de casi el doble de área seccional en los músculos cuádriceps y glúteo mayor con respecto a la rehabilitación habitual. También hubo un aumento de fuerza muscular en cuádriceps(66–68).

Shaw et al. evaluó el trabajo inmediato con isométricos de cuádriceps en conjunto con rehabilitación habitual tras dos semanas en comparación con esta última de forma aislada. No encontró diferencias significativas(69).

Sekir et al. estudió el fortalecimiento isocinético del tendón de la corva después de la reconstrucción de LCA con autoinjerto de tendón rotuliano. Encontró que después de 4 meses y 1 año la resistencia isométrica de los isquiotibiales así como su fuerza isocinética habían aumentado(70).

Vadalà et al. estudió la diferencia entre la rehabilitación temprana (movimiento inmediato de la rodilla, con carga según la tolerancia al segundo día, ejercicios isométricos e isotónicos inmediatos) y la rehabilitación estándar (dos semanas de inmovilización relativa con órtesis y ejercicios isométricos, ejercicios activos de rodilla a partir de la sexta semana)(71,72).

Con base en los resultados presentados, la carga de peso postoperatoria inmediata, las movilizaciones en una amplitud de 0 ° a 90 ° de flexión, y el fortalecimiento en ejercicios de cadena cerrada se consideran seguros. El fortalecimiento en excéntrico de cuádriceps y ejercicios isocinéticos de isquiotibiales a partir de la tercera semana de la intervención mejoran la fuerza y disminuyen el tiempo necesario para el retorno al deporte(57).

Study (Level of Evidence)	No. of Patients/Groups	Group Differences	Significant Findings	ACL Method
Gerber et al.(I)	32/2	Eccentric strengthening vs. traditional strengthening	No difference in pain, effusion, or stability at 14 weeks	Hamstring, BTB
Gerber et al.(I)	40/2	Eccentric strengthening vs. traditional strengthening	Eccentric exercise increased muscle volume and area at 15 weeks and 1 year	BTB, hamstring
Shaw et al.(I)	103/2	Strengthening immediately vs. at 2 weeks	No significant differences during 6 months	BTB in 63, hamstring in 40
Sekir et al. (II)	48/2	Isokinetic hamstring strengthening at 3 weeks vs. 9 weeks	Early strengthening increased strength at one month with no harmful effects for 1 year	BTB
Vadalà et al. (II)	45/2	Accelerated vs. standard rehab.	Statistically significant femoral and tibial tunnel enlargement in the accelerated group	Hamstring

BTB = bone-patellar tendon-bone

Fuente: (57)

3.10.3.Rehabilitación en el hogar

La rehabilitación domiciliaria tiene poca participación por parte de los pacientes lo que da lugar a sesgos. Sin embargo, para un paciente motivado la rehabilitación en el hogar podría ser eficaz(57,73,74); se ha demostrado que el fisioterapeuta tiene gran poder de motivación sobre los pacientes por lo que se aconseja explicarles en qué consiste el tratamiento y los motivos por los cuales deben seguir el programa de rehabilitación, eso produce mayor adherencia al programa y motivación autónoma(75).Otros estudios han demostrado que los ejercicios más eficaces son aquellos que se hacen en carga como por ejemplo las sentadillas o lunges(76).

Study (Level of Evidence)	No. of Patients/Groups	Group Differences	Significant Findings	ACL Method
Grant and Mohtadi (I)	129/2 (88 returned)	Home therapy vs. PT visits	Greater ACL-QOL in home therapy group	
Revenas et al.(II)	51/2	Knee class therapy vs. PT visits	No differences at 6 and 12 months	BTB

PT = physical therapist, BTB = bone-patellar tendon-bone.

Long-term follow-up of study included in the previous systematic reviews.

Fuente: (57)

3.10.4. Entrenamiento neuromuscular y propioceptivo

Después de la rotura del ligamento cruzado anterior, los individuos presentan patrones de movimiento alterados, tales como inestabilidad de rodilla y un aumento de los movimientos de cadera debido a la disminución de movilidad de la rodilla afecta. La reconstrucción quirúrgica no disminuye por si solo estos patrones asimétricos. Un programa de ejercicios neuromusculares y propioceptivos realizados en fases tanto preoperatorias como postoperatorias mejoran las asimetrías que se producen debido a la rotura del ligamento(77).

Risberg et al. estudió la diferencia entre 6 meses de entrenamiento neuromuscular y 6 meses de fortalecimiento. Se obtuvieron mejores resultados para el entrenamiento neuromuscular a los 6 meses, pero estas diferencias desaparecieron cuando se realizó la reevaluación al año y a los dos años. Hubo una mayor resistencia a la flexión para el grupo de fortalecimiento(59,78).

Brunetti et al. evaluó la eficacia de estímulos vibratorios a 100Hz durante 30 minutos/ 3 días a la semana un mes después de la intervención. Se obtuvo una mejoría del equilibrio y la propiocepción (79).

Moezy et al. comparó 4 semanas de vibración de todo el cuerpo con ejercicios de fortalecimiento. Se obtuvieron mejores resultados en pruebas de equilibrio y propioceptivas en el grupo de vibración(80).

Benazzo et al. evaluó la eficacia del campo magnético pulsátil durante 2 horas diarias. A corto plazo, presenta un aumento de la recuperación, no visible, por otro lado, en la evaluación 2 años después(81).

Cooper et al. no encontró diferencia entre 6 semanas de ejercicio propioceptivo y entrenamiento y este último de forma aislada(82).

Vathrakokilis et al. estudió la diferencia entre 8 semanas de ejercicio propioceptivo y 8 semanas de protocolo de rehabilitación estándar. El primer grupo obtuvo mayor equilibrio(57).

Hartigan et al. publicó dos estudios en los que compara los ejercicios de fortalecimiento y de propiocepción con ejercicios de fortalecimiento de forma aislada. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos(83–85).

En base a estos estudios se puede afirmar que los ejercicios propioceptivos y el entrenamiento mediante vibración favorece una recuperación propioceptiva y del equilibrio más precoz que únicamente con ejercicios de fortalecimiento; deben utilizarse, por tanto, de forma conjunta(57). A continuación, se adjunta una tabla que recoge los datos más relevantes de los estudios antes mencionados.

Study (Level of Evidence)	No. of Patients/Groups	Group Differences	Significant Findings	ACL Method
Risberg et al. (I)	74/2	6 months of neuromuscular training vs. strength training	Greater flexion strength in strength training group at 1 and 2 years; improved VAS function prior to 2 years	BTB
Brunetti et al. (I)	30/2	Vibratory vs. placebo treatment	Improved single-limb balance, improved torque at 90 and 270 days	Hamstring
Moezy et al. (I)	23/2	WBVT vs. conventional therapy for 1 month	WBVT group had greater improvements in stability and proprioception following treatment	BTB

Benazzo et al. (I)	69/2	PEMF vs. placebo	Faster recovery and decreased NSAID use in PEMF group; no difference by 24 months	Hamstring
Cooper et al. (II)	29/2	6 weeks of proprioceptive/balance training vs. strength training	No differences between groups after 6 weeks	BTB
Vathrakokilis et al. (II)	24/2	8 weeks of balance training vs. traditional rehab.	Improved scores in balance group	Hamstring autograft
Hartigan et al. (II)	19/2	Perturbation training vs. only strength training preop.	At 6 months postop., perturbation training improved knee excursion compared with strength training only	Hamstring autograft or allograft
Hartigan et al. (II)	40/2	Perturbation training vs. only strength training preop.	No clinically significant differences between groups at 3, 6, or 12 months	Hamstring autograft or allograft

BTB = bone-patellar tendon-bone, WBVT = whole-body vibration training, PEMF = pulsed electromagnetic field

Fuente: (57)

3.10.5. Hidroterapia

Cuanto antes se comience la movilización y potenciación después de la cirugía antes se alcanzará la independencia para las actividades de la vida diaria; sin embargo, la movilización temprana puede estar dificultada por el dolor(86,87).

La hidroterapia puede ser utilizada para el fortalecimiento muscular, aumento de flexibilidad, mejora de resistencia cardiovascular y, también posee efectos psicológicos beneficiosos. Esta terapia es utilizada en las primeras fases postquirúrgicas debido a que las propiedades del agua disminuyen el peso que se soporta en miembros inferiores cuando el paciente se encuentra sumergido y ofrece resistencia al movimiento(86,87).

Existen contradicciones acerca de cuándo se puede comenzar con esta terapia debido a las heridas que se producen en la operación. La literatura actual fluctúa entre los 4 días y las dos semanas. Esta revisión sistemática afirma que no hay mayor riesgo de infección o efectos adversos por la inmersión de una herida quirúrgica 4 días después de la operación mientras sea cubierta con una venda impermeable. La inclusión de esta terapia en el tratamiento convencional de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior tiene beneficios en muchos aspectos, pero sobre todo sobre el mantenimiento de la función cardiopulmonar, ya que evita el periodo de inmovilización que se produce en fases inmediatas a la intervención quirúrgica(86,87).

No se encontraron diferencias significativas entre la terapia acuática y terrestre en mejora del dolor, edema, movilidad articular, fuerza o calidad de vida en rehabilitación temprana después de la operación. Una combinación de ambas terapias en las fases tempranas de la recuperación proporcionan tasas mayores de adquisición de fuerza muscular, equilibrio y Propiocepción (86,87).

3.10.6. Contracción excéntrica cruzada

A raíz de la operación de LCA normalmente se pierde más de un 20% de la fuerza muscular del cuádriceps en comparación con el miembro contralateral durante las 4 primeras semanas. El cuádriceps produce la traslación anterior de la tibia entre los 20 y los 60 grados de flexión de rodilla; por lo que hay relación directa entre la contracción del cuádriceps y la tensión del ligamento cruzado anterior(88).

El programa de contracciones excéntricas en el miembro no lesionado consiste en realizar un movimiento de flexión de rodilla contra resistencia (según el estudio seleccionado con un 80% de 1RM). Un ejemplo de programa consistiría en 2 series de calentamiento sin carga seguido de 5 series de 6 repeticiones con la carga antes mencionada y 2 minutos de descanso entre las series(88).

Este artículo demuestra que la adición de un programa de contracciones excéntricas en el miembro contralateral 3-5 días en semana durante la fase temprana después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior como terapia complementaria al tratamiento convencional mejora el déficit muscular que se produce en el cuádriceps(88).

3.10.7. Tratamiento con radiofrecuencia bipolar (RF)

Se utiliza como tratamiento conservador en el tratamiento de la laxitud del ligamento cruzado anterior aunque no existe evidencia de su utilidad en rotura completa. La contracción producida con radiofrecuencia térmica se realiza normalmente en un intervalo de 65-75°C que

es que el produce mayor seguridad. La penetración de esta técnica es de 1 a 5 mm, aunque esta depende del tiempo de tratamiento. Tanto la temperatura como el tiempo de tratamiento son variables importantes ya que pueden producir la degeneración de las fibras de colágeno(89).

La radiofrecuencia térmica produce una reparación del ligamento mediante la producción de fibrosis que es seguida de crecimiento de vasos sanguíneos y fibras nerviosas en el ligamento lesionado, lo que finalizaría en la reconstrucción de las fibras de colágeno. Debido a su forma de actuación esta terapia presenta un aumento de la debilidad del ligamento a corto plazo. Se aconseja su uso de forma combinada con el tratamiento convencional utilizado en casos de laxitud de ligamento cruzado anterior; sobre todo para evitar roturas en el periodo en el que el ligamento se encuentra más débil(89).

3.10.8. Electroestimulación

La electroestimulación produce impulsos aferentes que facilitan la producción de cambios plásticos a lo largo de las redes sensoriomotoras en el sistema nervioso central, y en última instancia, de la fuerza y el control motor(90).

La intensidad de contracción muscular que se consigue mediante electroestimulación produce una dosis de entrenamiento más adecuada que la contracción voluntaria producida por un paciente con déficits de activación muscular(90). La contracción voluntaria de un músculo comienza con la activación de las fibras musculares lentas(tipo I) mediante las motoneuronas de pequeño calibre mientras que con la estimulación eléctrica se estimulan las motoneuronas de mayor calibre produciendo la contracción de las fibras rápidas(tipo II)(91–93).

Adams et al.(94) demostró que uno de los signos más significativos que se producen después de una lesión del ligamento cruzado anterior, es la atrofia muscular o déficit de fuerza que se produce en el cuádriceps, que va desde el 15%-40%(93). Por lo que un programa que incluya tratamiento con electroestimulación al menos 3 días en semana además de la rehabilitación produce mayores beneficios en la fuerza y masa muscular del cuádriceps(91,93).

En la actualidad, sigue existiendo controversia acerca de los parámetros que deben ser introducidos, en si se debe acompañar de contracción voluntaria e incluso de la colocación de los electrodos(95).

3.10.9. Crioterapia

El objetivo de la crioterapia es bajar la temperatura del tejido dónde se aplica y, por lo tanto, la supresión de la tasa metabólica del tejido y de esta forma evitar el daño tisular por hipoxia. Además, produce vasoconstricción, que reduce el sangrado y el edema en los tejidos dañados.

No obstante, se ha demostrado que esa vasoconstricción inducida por el frío es precedida por una vasodilatación(96).

La utilización de hielo postoperatorio también tiene un fin analgésico. La justificación de su uso reside en su bajo costo, facilidad de uso, alto nivel de satisfacción por parte del paciente y que raramente se asocia a efectos adversos(97).

Sin embargo, actualmente, existe mucha controversia sobre su uso. Numerosos estudios aseguran que tiene cierta eficacia en el periodo postoperatorio temprano en el manejo del dolor y control del sangrado, sobre todo(96,98–101).

Pese a lo anterior, si atendemos a uno de los efectos fisiológicos que produce la aplicación de frío en los tejidos (reduce la tasa metabólica) y tenemos en cuenta que la intervención quirúrgica en términos finales es una herida que requiere cicatrización, se necesitarían estudios que desvelen cuál es la medida exacta de aplicación de hielo en el periodo postquirúrgico temprano para la obtención de beneficios sobre el dolor y el control del sangrado sin que ralentice el proceso de cicatrización y reparación de los tejidos dañados.

3.10.10. Kinesiotaping

El uso de Kinesiotaping ha ido en aumento en los últimos años y es fácil de ver en atletas de competición. Esta venda elástica permite la ventilación y es resistente al agua; y sus funciones principales son aliviar el dolor, mejorar el rendimiento muscular y proporcionar soporte funcional(102).

Estudios demuestran que no existe diferencia electromiográfica en la realización de ejercicios de cuádriceps con la utilización de Kinesiotaping y sin él. No se ha podido confirmar el aumento de flujo sanguíneo local(102).

La aplicación de Kinesiotaping en el vientre muscular del cuádriceps no promueve de manera inmediata un aumento de equilibrio o propiocepción ni un aumento de la fuerza muscular(102).

4. Conclusiones generales para la práctica clínica

Lo principal para una buena recuperación tras una lesión de LCA reside en un buen diagnóstico precoz. Para ello, se comienza con una buena anamnesis (importante mecanismo lesional) seguida de una valoración de la marcha, posición de comodidad del paciente, asimetrías, dolor en amplitud de movimiento y restricción de la movilidad(sobre todo de la extensión) son algunos de los factores indicativos de lesión LCA. Si se sospecha que el paciente puede presentar una rotura del ligamento se procede a la realización de las pruebas funcionales. Normalmente con la prueba de Lachman y Pivot Shift, si ambas son positivas, nos encontramos

ante una rotura. Sin embargo, para tener certeza de ello se puede corroborar mediante pruebas de imagen (resonancia magnética). Y en última instancia, si por alguna razón la resonancia no es del todo clara se puede realizar una artroscopia.

Una vez tengamos la certeza de encontrarnos frente a una rotura de ligamento cruzado anterior habrá que tener en cuenta varios factores.

1. Si el paciente no tiene una vida activa, no practica deporte alguno o tiene algún problema grave de corazón, hígado o riñón seguirá un tratamiento conservador.
2. Si el paciente tiene una vida activa y ninguno de los problemas anteriormente mencionados seguirá un tratamiento quirúrgico.

El tratamiento quirúrgico no se realiza siempre de igual forma. Dependiendo de la fuente de la cual se extraiga el injerto tenemos:

- Autoinjerto: Injerto del propio paciente que puede extraerse de tendones de la corva(isquiotibiales) o de tendón del cuádriceps.
- Aloinjerto: El injerto se extrae de un cadáver.
- Origen sintético: El injerto se realiza de forma artificial.

Dependiendo del tipo de intervención, se pueden reemplazar:

- Un haz
- Dos haces

Estas decisiones serán tomadas por el cirujano en cuestión teniendo en cuenta las necesidades del paciente así como el costo y los beneficios y complicaciones que presenta cada una de ellas.

Después de la intervención quirúrgica el paciente requiere un periodo de rehabilitación. En la literatura actual hemos encontrado evidencia de la eficacia y seguridad de la utilización de los siguientes ejercicios:

1. Desde la primera semana después de la intervención se pueden realizar los siguientes:
 - Se recomienda la no colocación de mecanismos de restricción del movimiento
 - Crioterapia local (actualmente controversia acerca de la dosificación)
 - Contracciones excéntricas del cuádriceps contralateral de 3-5 días por semana
 - Ejercicios isométricos de cuádriceps homolateral
 - Movilización y carga a partir del 2º día según tolerancia
 - Electroestimulación 3 días en semana
 - Hidroterapia a partir del 4 día con la utilización de una venda impermeable que cubra la cicatriz postoperatoria o a partir de la segunda semana sin la venda

- Ejercicios en carga domiciliarios según tolerancia
2. A partir de la tercera semana se pueden incluir:
 - Potenciación isocinética de isquiotibiales de la rodilla afecta
 - Trabajo excéntrico del miembro afectado
 3. A partir del mes después de la intervención se pueden incluir:
 - Estímulos vibratorios (100Hz durante 30 minutos 3 veces/semana)
 - Ejercicios propioceptivos

Además de estas técnicas, existen numerosas terapias complementarias que han surgido en los últimos años que son cada vez más utilizadas, pero de las cuales aún no existe evidencia científica suficiente como para incluirlas en el protocolo de rehabilitación del ligamento cruzado anterior pero que quizás ayudarían a solventar problemas secundarios que puedan surgir durante la rehabilitación como son la inestabilidad o puntos gatillo.

5. Bibliografía

1. van Diek FM, Wolf MR, Murawski CD, van Eck CF, Fu FH. Knee morphology and risk factors for developing an anterior cruciate ligament rupture: an MRI comparison between ACL-ruptured and non-injured knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2014 May;22(5):987–94.
2. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2012 Jul;22(4):349–55.
3. Sutton KM, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013 Jan;21(1):41–50.
4. Arastu MH, Grange S, Twyman R. Prevalence and consequences of delayed diagnosis of anterior cruciate ligament ruptures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2015 Apr;23(4):1201–5.
5. Anterior Cruciate Ligament Injury: Diagnosis, Management, and Prevention - American Family Physician [Internet]. [cited 2016 Mar 6]. Available from: <http://www.aafp.org/afp/2010/1015/p917.html>
6. Hrysomallis C. Injury incidence, risk factors and prevention in Australian rules football. *Sports Med Auckl NZ*. 2013 May;43(5):339–54.
7. Philippon M, Dewing C, Briggs K, Steadman JR. Decreased femoral head–neck offset: a possible risk factor for ACL injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 Dec;20(12):2585–9.
8. Mannion S, Mtintsilana A, Posthumus M, Merwe W van der, Hobbs H, Collins M, et al. Genes encoding proteoglycans are associated with the risk of anterior cruciate ligament ruptures. *Br J Sports Med*. 2014 Jan 12;48(22):1640–6.
9. Stijak L, Kadija M, Djulejić V, Aksić M, Petronijević N, Marković B, et al. The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture: female study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2015 Sep;23(9):2742–9.
10. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. UNDERSTANDING AND PREVENTING ACL INJURIES: CURRENT BIOMECHANICAL AND EPIDEMIOLOGIC CONSIDERATIONS - UPDATE 2010. *North Am J Sports Phys Ther NAJSPT*. 2010 Dec;5(4):234–51.
11. Pećina M. Injuries in downhill (alpine) skiing. *Croat Med J*. 2002 Jun;43(3):257–60.
12. Davidson TM, Laliotis AT. Alpine skiing injuries. A nine-year study. *West J Med*. 1996 Apr;164(4):310–4.
13. Wick MC, Dallapozza C, Lill M, Grundtman C, Chemelli-Steingruber IE, Rieger M. The pattern of acute injuries in patients from alpine skiing accidents has changed during 2000–2011: analysis of clinical and radiological data at a level I trauma center. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013 Oct;133(10):1367–73.
14. Stenroos A, Handolin L. Incidence of Recreational Alpine Skiing and Snowboarding Injuries: Six Years Experience in the Largest Ski Resort in Finland. *Scand J Surg SJS Off Organ Finn Surg Soc Scand Surg Soc*. 2015 Jun;104(2):127–31.

15. Flørenes TW, Bere T, Nordsletten L, Heir S, Bahr R. Injuries among male and female World Cup alpine skiers. *Br J Sports Med*. 2009 Dec;43(13):973–8.
16. Coury T, Napoli AM, Wilson M, Daniels J, Murray R, Milzman D. Injury patterns in recreational alpine skiing and snowboarding at a mountainside clinic. *Wilderness Environ Med*. 2013 Dec;24(4):417–21.
17. Stevenson H, Webster J, Johnson R, Beynon B. Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers. *Iowa Orthop J*. 1998;18:64–6.
18. Mulligan EP, Harwell JL, Robertson WJ. Reliability and diagnostic accuracy of the Lachman test performed in a prone position. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011 Oct;41(10):749–57.
19. Bin Abd Razak HR, Sayampanathan AA, Koh T-HB, Tan H-CA. Diagnosis of ligamentous and meniscal pathologies in patients with anterior cruciate ligament injury: comparison of magnetic resonance imaging and arthroscopic findings. *Ann Transl Med*. 2015 Oct;3(17):243.
20. Atik OŞ, Çavuşoğlu AT, Ayanoğlu T. Is magnetic resonance imaging reliable for the evaluation of the ruptured or healed anterior cruciate ligament? *Eklemler Hastalıkları ve Cerrahisi* *Jt Dis Relat Surg*. 2015;26(1):38–40.
21. Johnson DL, Brunkhorst J, Johnson DL. Radiographic evidence of anterior cruciate ligament insufficiency. *Orthopedics*. 2014 Nov;37(11):759–62.
22. Salvi M, Caputo F, Piu G, Sanna M, Sanna C, Marongiu G. The loss of extension test (LOE test): a new clinical sign for the anterior cruciate ligament insufficient knee. *J Orthop Traumatol Off J Ital Soc Orthop Traumatol*. 2013 Sep;14(3):185–91.
23. Lopomo N, Zaffagnini S, Amis AA. Quantifying the pivot shift test: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2013 Apr;21(4):767–83.
24. Malanga GA, Andrus S, Nadler SF, McLean J. Physical examination of the knee: a review of the original test description and scientific validity of common orthopedic tests. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003 Apr;84(4):592–603.
25. Engebretsen L, Wijdicks CA, Anderson CJ, Westerhaus B, LaPrade RF. Evaluation of a simulated pivot shift test: a biomechanical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2012 Apr;20(4):698–702.
26. Suero EM, Njoku IU, Voigt MR, Lin J, Koenig D, Pearle AD. The role of the iliotibial band during the pivot shift test. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2013 Sep;21(9):2096–100.
27. Kuroda R, Hoshino Y, Araki D, Nishizawa Y, Nagamune K, Matsumoto T, et al. Quantitative measurement of the pivot shift, reliability, and clinical applications. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2012 Apr;20(4):686–91.
28. Hoshino Y, Araujo P, Irrgang JJ, Fu FH, Musahl V. An image analysis method to quantify the lateral pivot shift test. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2012 Apr;20(4):703–7.

29. Borgstrom PH, Markolf KL, Foster B, Petrigliano FA, McAllister DR. Use of a gyroscope sensor to quantify tibial motions during a pivot shift test. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2014 Sep;22(9):2064–9.
30. Hoshino Y, Araujo P, Ahlden M, Moore CG, Kuroda R, Zaffagnini S, et al. Standardized pivot shift test improves measurement accuracy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2012 Apr;20(4):732–6.
31. Harilainen A. Evaluation of knee instability in acute ligamentous injuries. *Ann Chir Gynaecol*. 1987;76(5):269–73.
32. Katz JW, Fingerroth RJ. The diagnostic accuracy of ruptures of the anterior cruciate ligament comparing the Lachman test, the anterior drawer sign, and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. *Am J Sports Med*. 1986 Feb;14(1):88–91.
33. Jonsson T, Althoff B, Peterson L, Renström P. Clinical diagnosis of ruptures of the anterior cruciate ligament: a comparative study of the Lachman test and the anterior drawer sign. *Am J Sports Med*. 1982 Apr;10(2):100–2.
34. Donaldson WF, Warren RF, Wickiewicz T. A comparison of acute anterior cruciate ligament examinations. Initial versus examination under anesthesia. *Am J Sports Med*. 1985 Feb;13(1):5–10.
35. Mitsou A, Vallianatos P. Clinical diagnosis of ruptures of the anterior cruciate ligament: a comparison between the Lachman test and the anterior drawer sign. *Injury*. 1988 Nov;19(6):427–8.
36. Kim SJ, Kim HK. Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test, and the Lachman test. *Clin Orthop*. 1995 Aug;(317):237–42.
37. Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med*. 1976 Apr;4(2):84–93.
38. Lucie RS, Wiedel JD, Messner DG. The acute pivot shift: clinical correlation. *Am J Sports Med*. 1984 Jun;12(3):189–91.
39. Zeng C, Gao S, Li H, Yang T, Luo W, Li Y, et al. Autograft Versus Allograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials and Systematic Review of Overlapping Systematic Reviews. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2016 Jan;32(1):153–163.e18.
40. Rodriguez-Merchan EC. Evidence-Based ACL Reconstruction. *Arch Bone Jt Surg*. 2015 Jan;3(1):9–12.
41. Yunes M, Richmond JC, Engels EA, Pinczewski LA. Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2001 Mar;17(3):248–57.
42. Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2005 Jul;21(7):791–803.

43. Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz P, Nizard R. ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop*. 2007 May;458:180–7.
44. Poolman RW, Farrokhyar F, Bhandari M. Hamstring tendon autograft better than bone patellar-tendon bone autograft in ACL reconstruction: a cumulative meta-analysis and clinically relevant sensitivity analysis applied to a previously published analysis. *Acta Orthop*. 2007 Jun;78(3):350–4.
45. Biau DJ, Katsahian S, Kartus J, Harilainen A, Feller JA, Sajovic M, et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autografts for reconstructing the anterior cruciate ligament: a meta-analysis based on individual patient data. *Am J Sports Med*. 2009 Dec;37(12):2470–8.
46. Mohtadi NG, Chan DS, Dainty KN, Whelan DB. Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;(9):CD005960.
47. Does autograft choice determine intermediate term outcome of ACL reconstruction? [Internet]. [cited 2016 May 10]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3745218/>
48. Desai N, Björnsson H, Musahl V, Bhandari M, Petzold M, Fu FH, et al. Anatomic single-versus double-bundle ACL reconstruction: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2014 May;22(5):1009–23.
49. Li X, Xu C, Song J, Jiang N, Yu B. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an up-to-date meta-analysis. *Int Orthop*. 2013 Feb;37(2):213–26.
50. Tiamklang T, Sumanont S, Foocharoen T, Laopaiboon M. Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;11:CD008413.
51. Li Y-L, Ning G-Z, Wu Q, Wu Q-L, Li Y, Hao Y, et al. Single-bundle or double-bundle for anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis. *The Knee*. 2014 Jan;21(1):28–37.
52. Zhu Y, Tang R-K, Zhao P, Zhu S-S, Li Y-G, Li J-B. Double-bundle reconstruction results in superior clinical outcome than single-bundle reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2013 May;21(5):1085–96.
53. De Carlo MS, McDivitt R. Rehabilitation of Patients Following Autogenic Bone-Patellar Tendon-Bone ACL Reconstruction: A 20-Year Perspective. *North Am J Sports Phys Ther NAJSPT*. 2006 Aug;1(3):108–23.
54. Solecki TJ, Herbst EM. Chiropractic management of a postoperative complete anterior cruciate ligament rupture using a multimodal approach: a case report. *J Chiropr Med*. 2011 Mar;10(1):47–53.
55. Paulos L, Noyes FR, Grood E, Butler DL. Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *Am J Sports Med*. 1981 Jun;9(3):140–9.
56. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1990 Jun;18(3):292–9.

57. Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012 Oct 3;94(19):1737–48.
58. Briggs KK, Steadman JR, Hay CJ, Hines SL. Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med.* 2009 May;37(5):898–901.
59. Greco NJ, Anderson AF, Mann BJ, Cole BJ, Farr J, Nissen CW, et al. Responsiveness of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form in comparison to the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, modified Cincinnati Knee Rating System, and Short Form 36 in patients with focal articular cartilage defects. *Am J Sports Med.* 2010 May;38(5):891–902.
60. Harilainen A, Sandelin J. Post-operative use of knee brace in bone-tendon-bone patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction: 5-year follow-up results of a randomized prospective study. *Scand J Med Sci Sports.* 2006 Feb;16(1):14–8.
61. Mayr HO, Hochrein A, Hein W, Hube R, Bernstein A. Rehabilitation results following anterior cruciate ligament reconstruction using a hard brace compared to a fluid-filled soft brace. *The Knee.* 2010 Mar;17(2):119–26.
62. Birmingham TB, Bryant DM, Giffin JR, Litchfield RB, Kramer JF, Donner A, et al. A randomized controlled trial comparing the effectiveness of functional knee brace and neoprene sleeve use after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2008 Apr;36(4):648–55.
63. Hiemstra LA, Heard SM, Sasyniuk TM, Buchko GL, Reed JG, Monteleone BJ. Knee immobilization for pain control after a hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Am J Sports Med.* 2009 Jan;37(1):56–64.
64. Isberg J, Faxén E, Brandsson S, Eriksson BI, Kärrholm J, Karlsson J. Early active extension after anterior cruciate ligament reconstruction does not result in increased laxity of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2006 Nov;14(11):1108–15.
65. Ito Y, Deie M, Adachi N, Kobayashi K, Kanaya A, Miyamoto A, et al. A prospective study of 3-day versus 2-week immobilization period after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Knee.* 2007 Jan;14(1):34–8.
66. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, Lastayo PC. Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Jan;37(1):10–8.
67. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2009 Jan;89(1):51–9.
68. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2007 Mar;89(3):559–70.
69. Shaw T, Williams MT, Chipchase LS. Do early quadriceps exercises affect the outcome of ACL reconstruction? A randomised controlled trial. *Aust J Physiother.* 2005;51(1):9–17.

70. Sekir U, Gur H, Akova B. Early versus late start of isokinetic hamstring-strengthening exercise after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft. *Am J Sports Med.* 2010 Mar;38(3):492–500.
71. Vadalà A, Iorio R, De Carli A, Argento G, Di Sanzo V, Conteduca F, et al. The effect of accelerated, brace free, rehabilitation on bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using hamstring tendons: a CT study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2007 Apr;15(4):365–71.
72. Clatworthy MG, Annear P, Bulow JU, Bartlett RJ. Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 1999;7(3):138–45.
73. Grant JA, Mohtadi NGH. Two- to 4-year follow-up to a comparison of home versus physical therapy-supervised rehabilitation programs after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2010 Jul;38(7):1389–94.
74. Grant JA, Mohtadi NGH, Maitland ME, Zernicke RF. Comparison of home versus physical therapy-supervised rehabilitation programs after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Am J Sports Med.* 2005 Sep;33(9):1288–97.
75. Chan DK, Lonsdale C, Ho PY, Yung PS, Chan KM. Patient motivation and adherence to postsurgery rehabilitation exercise recommendations: the influence of physiotherapists' autonomy-supportive behaviors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009 Dec;90(12):1977–82.
76. Blanpied P, Carroll R, Douglas T, Lyons M, Macalisang R, Pires L. Effectiveness of lateral slide exercise in an anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation home exercise program. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000 Oct;30(10):602-608-611.
77. Di Stasi SL, Snyder-Mackler L. The effects of neuromuscular training on the gait patterns of ACL-deficient men and women. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2012 May;27(4):360–5.
78. Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2007 Jun;87(6):737–50.
79. Brunetti O, Filippi GM, Lorenzini M, Liti A, Panichi R, Roscini M, et al. Improvement of posture stability by vibratory stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2006 Nov;14(11):1180–7.
80. Moezy A, Olyaei G, Hadian M, Razi M, Faghihzadeh S. A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* 2008 May;42(5):373–8.
81. Benazzo F, Zanon G, Pederzini L, Modonesi F, Cardile C, Falez F, et al. Effects of biophysical stimulation in patients undergoing arthroscopic reconstruction of anterior cruciate ligament: prospective, randomized and double blind study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2008 Jun;16(6):595–601.
82. Cooper RL, Taylor NF, Feller JA. A randomised controlled trial of proprioceptive and balance training after surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Res Sports Med Print.* 2005 Sep;13(3):217–30.

83. Hartigan E, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Perturbation training prior to ACL reconstruction improves gait asymmetries in non-copers. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* 2009 Jun;27(6):724–9.
84. Hartigan EH, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Time line for noncopers to pass return-to-sports criteria after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010 Mar;40(3):141–54.
85. Marx RG, Jones EC, Allen AA, Altchek DW, O’Brien SJ, Rodeo SA, et al. Reliability, validity, and responsiveness of four knee outcome scales for athletic patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2001 Oct;83–A(10):1459–69.
86. Villalta EM, Peiris CL. Early aquatic physical therapy improves function and does not increase risk of wound-related adverse events for adults after orthopedic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013 Jan;94(1):138–48.
87. Schonewill A, Rogers K, Spear A, Weinberg D, Pitt R. Combined Effects of Aquatic and Land-Based Rehabilitation in Female Soccer Players Post ACL Reconstruction: An Overview of Current Evidence. *J Phys Ther Health Promot [Internet].* [cited 2016 May 9]; Available from: <http://www.bowenpublishing.com/pthp/paperInfo.aspx?paperid=16400>
88. Papandreou M, Billis E, Papathanasiou G, Spyropoulos P, Papaioannou N. Cross-exercise on quadriceps deficit after ACL reconstruction. *J Knee Surg.* 2013 Feb;26(1):51–8.
89. Wei M, Liu Y, Li Z, Wang Z. Short-term effects of radiofrequency shrinkage treatment for anterior cruciate ligament relaxation on proprioception. *J Int Med Res.* 2013 Oct;41(5):1586–93.
90. Kittelson AJ, Stackhouse SK, Stevens-Lapsley JE. Neuromuscular electrical stimulation after total joint arthroplasty: a critical review of recent controlled studies. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2013 Dec;49(6):909–20.
91. Takahashi K, Hayashi M, Fujii T, Kawamura K, Ozaki T. Early rehabilitation with weight-bearing standing-shaking-board exercise in combination with electrical muscle stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Med Okayama.* 2012;66(3):231–7.
92. Dehail P, Duclos C, Barat M. Electrical stimulation and muscle strengthening. *Ann Réadapt Médecine Phys Rev Sci Société Fr Rééduc Fonct Réadapt Médecine Phys.* 2008 Jul;51(6):441–51.
93. Taradaj J, Halski T, Kucharzewski M, Walewicz K, Smykla A, Ozon M, et al. The Effect of NeuroMuscular Electrical Stimulation on Quadriceps Strength and Knee Function in Professional Soccer Players: Return to Sport after ACL Reconstruction, The Effect of NeuroMuscular Electrical Stimulation on Quadriceps Strength and Knee Function in Professional Soccer Players: Return to Sport after ACL Reconstruction. *BioMed Res Int BioMed Res Int.* 2013 Dec 5;2013, 2013:e802534.
94. Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Criterion-Based Rehabilitation Progression: *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy: Vol 42, No 7 [Internet].* [cited 2016 Mar 6]. Available from: <http://www.jospt.org/doi/full/10.2519/jospt.2012.3871>

95. Feil S, Newell J, Minogue C, Paessler HH. The effectiveness of supplementing a standard rehabilitation program with superimposed neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, single-blind study. *Am J Sports Med.* 2011 Jun;39(6):1238–47.
96. Ohkoshi Y, Ohkoshi M, Nagasaki S, Ono A, Hashimoto T, Yamane S. The effect of cryotherapy on intraarticular temperature and postoperative care after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1999 Jun;27(3):357–62.
97. Raynor MC, Pietrobon R, Guller U, Higgins LD. Cryotherapy after ACL reconstruction: a meta-analysis. *J Knee Surg.* 2005 Apr;18(2):123–9.
98. Adie S, Kwan A, Naylor JM, Harris IA, Mittal R. Cryotherapy following total knee replacement. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;9:CD007911.
99. Dambros C, Martimbianco ALC, Polachini LO, Lahoz GL, Chamlian TR, Cohen M. Effectiveness of cryotherapy after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Ortop Bras.* 2012;20(5):285–90.
100. Desteli EE, Imren Y, Aydın N. Effect of both preoperative and postoperative cryochemical treatment on hemostasis and postoperative pain following total knee arthroplasty. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(10):19150–5.
101. Ruffilli A, Buda R, Castagnini F, Di Nicolantonio D, Evangelisti G, Giannini S, et al. Temperature-controlled continuous cold flow device versus traditional icing regimen following anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized comparative trial. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015 Oct;135(10):1405–10.
102. Oliveira AKA, Borges DT, Lins CAA, Cavalcanti RL, Macedo LB, Brasileiro JS. Immediate effects of Kinesio Taping® on neuromuscular performance of quadriceps and balance in individuals submitted to anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized clinical trial. *J Sci Med Sport Sports Med Aust.* 2016 Jan;19(1):2–6.