

AAU

AMERICAN ANDRAGOGY
UNIVERSITY

**TESIS DOCTORAL: “LA RECONSTRUCCIÓN DEL
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR CON LA TÉCNICA DEL
TENDÓN ROTULIANO (H-T-H) PRESENTA MENOS
COMPLICACIONES QUE LA REALIZADA CON LA TÉCNICA
QUE UTILIZA AL MÚSCULO SEMITENDINOSO COMO
INJERTO LUEGO DE 1 AÑO DE LA CIRUGÍA.**

Ciudad de MENDOZA, ARGENTINA.

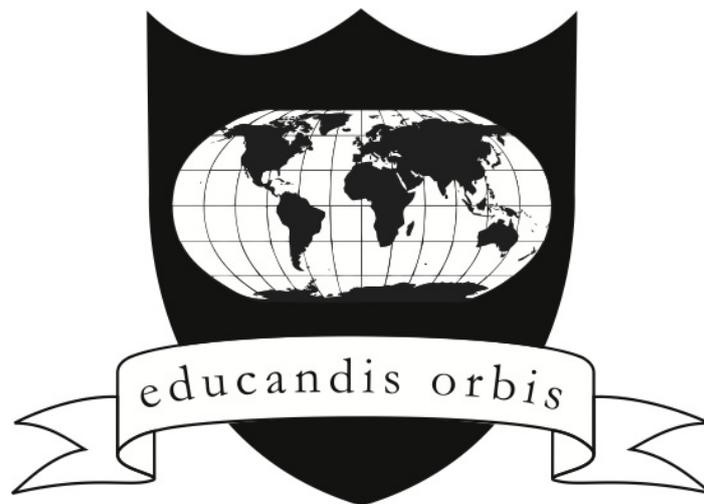
OCTUBRE de 2012



American Andragogy University

1108 Fort Street Mall Ste 3 Honolulu Hawaii 96813

www.auniv.com



DOCTORADO EN REHABILITACIÓN
DEPORTIVA.

ALUMNO: JUAN PABLO GARCÍA



DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Todo anhelo permite fijar un objetivo. Su concreción es gratificante y permite mirar hacia un nuevo horizonte. La satisfacción de cumplir con una meta aumenta la responsabilidad y el compromiso con uno mismo. Esta espiral ascendente se cimenta en los sueños de un mejor porvenir. Pero no hay que permanecer con lo que hoy parece una verdad absoluta y entender que mientras más sabemos, mejor desconocemos.

Quiero dedicar este trabajo a mi familia: a mis hijos, Nicolás, Florencia y Lucas, por el tiempo que no he compartido con ellos por estar sentado frente a la computadora escribiendo; a Marcela por respaldarme y alentarme en la realización de este proyecto; a mis padres, Juan y María, que siempre creyeron en mí y están pendientes de mis actividades; a mi hermano Carlos; a mis compañeros de actividades y amigos, con quienes comparto el diario placer del trabajo y gracias a ellos puedo progresar en esta bella profesión; a los pacientes, con quienes he compartido mi vida laboral durante estos años y a quienes espero haber retribuido la confianza que depositaron en mí al iniciar un proceso terapéutico; a la Educación Física, por la creatividad y el movimiento, y a la Kinesiología por la ciencia y la continua búsqueda de métodos para ayudar en la calidad de vida de personas con dolencias.



SÍNTESIS

Luego de varios años de trabajar como kinesiólogo en la ciudad de Mendoza, República Argentina, en la rehabilitación de deportistas a las cuales se les ha reconstruido el ligamento cruzado anterior (en adelante LCA) con ambas técnicas quirúrgicas: la que utiliza un segmento del tendón rotuliano (en adelante H-T-H) y la que utiliza al músculo semitendinoso (en adelante STRI), es que se presenta esta tesis con el objeto de dilucidar el enigma acerca de cuál de las dos técnicas quirúrgicas resulta más beneficiosa y cuál presenta menos complicaciones para el paciente, existiendo la presunción de mi parte que la denominada “Hueso-tendón-hueso” es la que menos inconvenientes y recidivas muestra luego del año de realizada la cirugía.

La tesis consta de dos partes: en la primera se hace una introducción de la problemática de la lesión del ligamento cruzado anterior, se desarrolla la anatomía y la anatomopatología, se analizan las causas biomecánicas de la lesión, se muestran las pautas del proceso de rehabilitación utilizando los principios que rigen en entrenamiento deportivo. En la segunda se presenta el trabajo de campo, el análisis de las estadísticas y finalmente se muestran las conclusiones a las cuales se ha arribado.



INDICE

PARTE I

- Anatomía de la rodilla y del LCA pág. 06
- Comportamiento y función del LCA pág. 17
- Anatomopatología pág.25
- Factores de riesgo pág.31
- Desequilibrios neuromusculares pág.39
- Examen físico pág.46
- Evaluaciones complementarias pág.49
- Lesiones asociadas pág.51
- Tipos de injertos pág.61
- Elección de la plastia pág.75
- Rehabilitación tras reconstrucción del LCA pág.83
- Principios del entrenamiento aplicados al proceso de rehabilitación pág.90

PARTE II

- Trabajo de campo pág.94
- Evaluaciones pág.96
- Resultados pág.101
- Conclusiones pág.103
- Bibliografía pág.104



ANATOMÍA DE LA RODILLA Y DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

La articulación de la rodilla es la más grande del cuerpo humano. Sirve de unión entre el muslo y la pierna. Soporta la mayor parte del peso del cuerpo en posición de pie. Está compuesta por la acción conjunta de los huesos fémur, tibia, rótula y dos discos fibrocartilagosos que son los meniscos. Fémur y tibia conforman el cuerpo principal de la articulación, mientras que la rótula actúa como una polea y sirve de inserción al tendón del músculo cuádriceps y al tendón rotuliano cuya función es transmitir la fuerza generada cuando aquel se contrae.

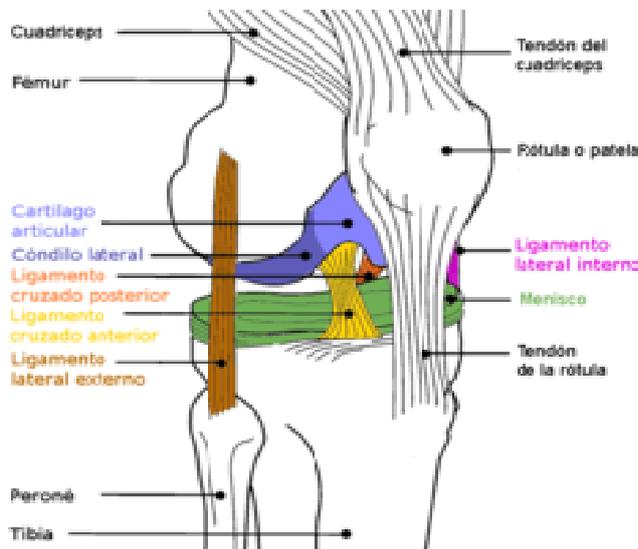
La rodilla está sustentada por fuertes ligamentos que impiden que sufra una luxación, siendo los más importantes el ligamento lateral externo, el ligamento lateral interno, el ligamento cruzado anterior y el ligamento cruzado posterior.

Es una articulación compuesta que está conformada por dos articulaciones diferentes:

- articulación femorotibial: es la más importante y pone en contacto las superficies de los cóndilos femorales con la tibia. Es una articulación bicondilea (con dos cóndilos).
- articulación femoropatelar: está formada por la tróclea femoral y la parte posterior de la rótula. Es una diartrosis del género troclear.

El principal movimiento que realiza es de flexo-extensión, aunque posee una pequeña capacidad de rotación cuando se encuentra en flexión. En los humanos es vulnerable a lesiones graves por traumatismos, muy frecuentemente ocurridos durante el desarrollo de actividades deportivas. También es habitual la existencia de artrosis que puede ser muy incapacitante y precisar una intervención quirúrgica.

El extremo inferior del fémur presenta dos protuberancias redondeadas llamadas cóndilos que están separadas por un espacio intermedio que se denomina espacio intercondíleo. Por su parte, el extremo superior de la tibia posee dos cavidades, las cavidades glenoideas, que sirven para albergar a los cóndilos del fémur. Entre las dos cavidades glenoideas se encuentran unas prominencias, las espinas tibiales, en las que se insertan los ligamentos cruzados. En la parte anterior de la tibia existe otro saliente, la tuberosidad anterior que sirve de inserción al tendón rotuliano.



Por otra parte la rótula se articula en su porción posterior con una parte del fémur que se llama tróclea femoral. Entre ambas superficies se interpone un cartílago, el cartílago prerrotuliano que amortigua la presión entre los dos huesos.

Los meniscos son dos fibrocartílagos que no poseen vasos sanguíneos ni terminaciones nerviosas, por lo que al lesionarse no se siente dolor agudo pero sí molestia en la zona. Están dispuestos entre la tibia y el fémur y hacen de nexos entre estos, pues las cavidades glenoideas de la tibia son poco cóncavas mientras los cóndilos femorales presentan una convexidad más acentuada. También son



encargados de agregar estabilidad articular al controlar los deslizamientos laterales de los cóndilos y de transmitir uniformemente el peso corporal a la tibia. Los meniscos disminuyen su grosor de fuera a dentro, el exterior tiene forma de "O" y el interno de "C" o "media luna". La cara superior de estos es cóncava y la inferior plana. Se adhieren a la cápsula articular por su circunferencia externa mientras la interna queda libre. Ambos meniscos quedan unidos entre sí por el ligamento yugal.

Cápsula articular: la articulación está envuelta por una cápsula fibrosa que forma un espacio cerrado en el que se alberga la extremidad inferior del fémur, la rótula y la porción superior de la tibia. La cubierta interna de esta cápsula es la membrana sinovial que produce el líquido sinovial. El líquido sinovial baña la articulación, reduce la fricción entre las superficies en contacto durante los movimientos y cumple funciones de nutrición y defensa.

Ligamentos: la rodilla está sustentada por varios ligamentos que le dan estabilidad y evitan movimientos excesivos. Los ligamentos que están en el interior de la cápsula articular se llaman intraarticulares o intracapsulares, entre los que se encuentra el ligamento cruzado anterior y el ligamento cruzado posterior. Por otra parte los ligamentos que están por fuera de la cápsula articular se llaman extrarticulares o extracapsulares como el ligamento lateral interno y el ligamento lateral externo. En síntesis, los ligamentos **intraarticulares** son:

- el **ligamento cruzado anterior** (LCA)
- el **ligamento cruzado posterior** (LCP)
- el **ligamento yugal o ligamento transverso** (une los meniscos por su lado anterior)
- el **ligamento meniscofemoral anterior o ligamento de Humphrey**, que se extiende del menisco externo al cóndilo interno del fémur, por detrás del meniscofemoral anterior,



y los **extrarticulares**:

- en **cara anterior**, el **ligamento rotuliano** que une la rótula a la tibia.
- en **cara posterior**, el **ligamento poplíteo oblicuo** une el cóndilo externo del fémur con el margen de la cabeza de la tibia en la rodilla y el **ligamento poplíteo arqueado o tendón recurrente** que une el tendón del músculo semimembranoso al cóndilo externo del fémur.
- en la **cara interna**, el **ligamento alar rotuliano interno**, que une el borde de la rótula al cóndilo interno del fémur; el **ligamento menisco rotuliano interno**, que une la rótula al menisco interno; el **ligamento lateral interno o ligamento colateral tibial**.
- en la **cara externa**, el **ligamento alar rotuliano externo**, encargado de unir el borde de la rótula al cóndilo externo del fémur; el **ligamento menisco rotuliano externo**, que une la rótula al menisco externo y el **ligamento lateral externo o ligamento colateral peroneo**.

Como señalaba Testut cada uno de los ligamentos cruzados presentan una doble oblicuidad, pues no sólo son oblicuos entre sí, sino que también lo son con sus homólogos laterales; el LCA lo es con respecto al ligamento lateral externo mientras que el ligamento cruzado posterior (LCP) con el lateral interno. La relación de longitud es constante entre ambos cruzados. El LCA es 5/3 del LCP siendo esto una de las características esenciales de la rodilla y determinante de la función de los cruzados y de la forma de los cóndilos. Esta disposición permite que ambos cruzados tiren de los cóndilos femorales para que resbalen sobre las glenoides en sentido inverso de su rodadura, con el clásico concepto de atornillado o *roll-back*.

El **LCA** se inserta, distalmente, en el área prespinal de la cara superior de la extremidad proximal de la tibia para terminar, proximalmente, en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo



femoral externo y está formado por numerosas fibras que absorben las sollicitaciones de tensión durante el arco de movimiento de la rodilla. El ligamento cruzado anterior (**LCA**) adopta una disposición helicoidal característica que proporciona una tensión adecuada del ligamento a través de todo su rango de movimiento. Está formado por múltiples fascículos, regular y sistemáticamente orientados. Cada una de las fibras posee un único punto de origen e inserción, no son paralelas ni tienen la misma longitud y tampoco están bajo la misma tensión a lo largo de todo el arco de flexión y extensión de la articulación de la rodilla. La longitud del ligamento es de 31 mm, el espesor de 5 mm y la anchura $10 + 2$ mm, las dos últimas medidas es en el tercio medio del ligamento, siendo el volumen total de $2.3 \pm$ ml.

El LCA, al igual que el ligamento cruzado posterior (LCP) y el ligamento lateral externo, es un ligamento "cordonal" a diferencia de los ligamentos del complejo interno de la rodilla que son ligamentos "acintados". Esto tiene mucha importancia dado que los ligamentos cordonales, tras la rotura, sufren retracción de sus extremos y nunca restablecen su forma continua. Es por esto que se determina que el tratamiento de una rotura completa del ligamento cruzado anterior debe ser la cirugía.

El LCA posee a su alrededor una membrana sinovial que se hace más notoria por adelante del ligamento, formando un meso, conocido como ligamento mucoso, por el que discurren los vasos sanguíneos que se dirigen al ligamento cruzado anterior. Esta estructura probablemente es un vestigio del "septum medio" que divide la articulación tibiofemoral en los estadios tempranos del desarrollo embrionario. Cuando este tabique persiste nos hallamos con un "pliegue sinovial infrapatelar". Dicho pliegue sinovial está anclado proximalmente al techo del espacio intercondíleo, inmediatamente por delante de la inserción del ligamento cruzado anterior y distalmente comunica con la grasa infrapatelar de Hoffa.



En la cara anterior del ligamento, traspasando su tercio distal, encontramos el ligamento yugal, transverso o intermeniscal anterior, interpuesto entre el ligamento y la almohadilla grasa infrapatelar de Hoffa, que cubre la mitad distal del ligamento cruzado. El ligamento yugal se extiende desde el cuerno anterior del menisco medial al límite anterior convexo del menisco lateral. Estas dos estructuras anatómicas, ligamento yugal y grasa infrapatelar, posiblemente sean el factor principal de observación de un mayor aumento sinovial en el extremo proximal del ligamento cruzado anterior o de los injertos que lo sustituyen.

El LCA está íntimamente relacionado con el ligamento cruzado posterior (LCP), en la zona en que ambos se cruzan, estando cubiertos ambos ligamentos por una capa sinovial que se extiende en forma continúa. El ligamento cruzado anterior se cruza en forma de X con el ligamento cruzado posterior en rotación tibial interna adoptando planos paralelos en rotación externa. En algunas ocasiones las fibras del ligamento cruzado anterior se extienden por detrás del ligamento cruzado posterior a la cara medial del surco intercondilar. El LCA, en combinación con el LCP, ligamento meniscofemoral posterior de Wrisberg y ligamento meniscofemoral anterior de Humphrey, constituyen el "Pivote central" o sistema ligamentoso central de la articulación de la rodilla. Ahora bien, la presencia de los ligamentos meniscofemorales no es constante, estando ausentes en el 30% de los casos.

Para continuar con las inserciones del ligamento cruzado anterior, el mismo se inserta en una fosita situada antero lateralmente respecto a la espina tibial anterior. Pasa por debajo del ligamento yugal y unos pocos fascículos se entrelazan con el cuerno anterior del menisco lateral. Sanchiz Alfonso (1992) describe que el ligamento cruzado anterior tiene fibras ancladas en la base de la espina tibial anterior pero no en el vértice.



En cuanto a los anclajes, el tibial es más fuerte y ancho que el anclaje femoral. Esto puede llegar a explicar que sea más probable y frecuente la desinserción en la zona del anclaje femoral que la desinserción del anclaje tibial. El área de inserción tibial es de forma oval, con su eje mayor orientado en sentido antero-posterior. Su longitud es de $17 + 3$ mm y su ancho de $11 \pm$ mm. El punto central de la inserción tibial se sitúa a $7 \pm$ mm del plano del borde anterior de la superficie articular del cóndilo tibial medial y a $23 + 4$ mm de la unión meniscocapsular anterior en el cóndilo tibial medial.

El área de inserción femoral posee la forma de un segmento de círculo con su borde anterior recto y el posterior convexo, siendo este último de ubicación paralela al margen articular posterior del cóndilo femoral lateral. El LCA presenta una estructura multifibrilar con diferentes fascículos que mantienen tensiones distintas según el grado de flexión de la articulación de la rodilla. En los últimos años, se ha insistido en la composición del LCA formado por dos fascículos funcionalmente diferentes, como ya señalaron los hermanos Weber, en 1895. Desde entonces se ha hablado del fascículo ántero-medial (AM) y el póstero-lateral (PL), que también se aprecian en el desarrollo fetal. La terminología de AM y PL está en función de su inserción en la tibia y determinada por su tensión funcional en el movimiento de flexión de la rodilla, siendo la porción antero-medial la estabilizadora del cajón anterior, con la rodilla en flexión entre 0° y 90° . El fascículo PL se tensa en extensión y el AM lo hace en flexión. Cuando la rodilla está en flexión, la inserción femoral del LCA se dispone más horizontal tensando el fascículo AM y relajando las fibras del PL. La restricción de la rotación interna está controlada por el fascículo PL. Con la rodilla en extensión los fascículos AM y PL están paralelos y giran sobre uno mismo cuando la rodilla se flexiona. Es decir que durante la flexión se produce una torsión del ligamento de 180° pero además el LCA derecho y el LCP izquierdo giran en el sentido de las agujas del reloj, mientras que el LCA izquierdo y el LCP derecho



lo hacen en sentido contrario. Hay autores que dividen el LCA en tres porciones y fijándose en su inserción femoral describen fibras anteriores, para la flexión, fibras posteriores, para la extensión y fibras medias, que actúan en un amplio rango de la flexo –extensión.

Talley señala que la alineación de las fibras es variada y variable y defienden que, aunque históricamente se han identificado un fascículo AM y otro PL, esta denominación se basa en su inserción tibial y se cumple en menos de un tercio de los casos por ellos analizados. Por su parte, Fuss considera que cuando la rodilla está en extensión, las fibras que se originan anteriormente se insertan más anteriores y las que se originan posteriores se insertan más posteriormente. Las mediciones anatómicas del LCA, en rodillas normales, analizadas con RNM confirman los resultados obtenidos en cadáveres por Odensten y Gillquist quienes vieron que el LCA no es un ligamento uniforme en su diámetro. La longitud del LCA presenta valores entre 22 y 41 mm y el ancho de 7 a 12 mm. Los valores hallados por Maestro y col. fueron semejantes a los aportados previamente por Christel: de 37 mm para las fibras más anteriores que van disminuyendo progresivamente hasta los 24 mm que miden las más posteriores. La sección transversal del LCA se sitúa entre 28 y 57 mm². Harner y col. midieron las áreas de sección y la forma de los ligamentos cruzados y de los ligamentos menisco-femorales, en cinco puntos distintos, en ocho rodillas de cadáver, a 0°, 30°, 60° y 90° de flexión. El LCP presentó un diámetro medial-lateral mayor mientras que el LCA lo era en su eje antero-posterior. La forma del LCA era más circular que la del LCP que, por su parte, se hace más circular en su inserción tibial. El área de sección, también cambia a lo largo de su longitud; el área del LCA es ligeramente superior en su porción distal mientras que el LCP lo es en la proximal. El ángulo de flexión de la rodilla no afecta sobre el área de sección de los ligamentos pero altera su forma. Comparando los dos ligamentos cruzados, el área de sección del LCP es 1,5 veces mayor que



la del LCA en la sección proximal y 1,2 veces mayor en la porción distal. El origen del LCA en la cara interna del cóndilo femoral externo es una fosa elíptica con muchos orificios vasculares.

Las inserciones suelen ser, para ambos fascículos, circulares u ovals y muy parecidas en tamaño. El AM se origina en la parte más anterior y proximal del fémur y se inserta en la parte anterior de la espina tibial. Por su parte, el PL tiene un origen más distal y ligeramente posterior en el fémur para terminar disponiéndose en la tibia en una posición posterior en relación al AM.

La huella de inserción de las fibras AM ocupa aproximadamente el 52% del área de inserción, aunque para Mochizuki, llega hasta el 67% de la superficie total mientras que las áreas de inserción femorales del LCA para las fibras AM y PL son mayores en el hombre que en la mujer y en las rodillas izquierdas que en las derechas. En 55 rodillas de cadáver se analizaron las inserciones tibiales del LCA encontrando una gran variedad de modelos utilizando el eje tibial posterior, la superficie tibial anterior y la espina interna como puntos de referencia. La referencia más consistente fue la superficie posterior de la espina y el centro de los fascículos AM y PL que se encuentran a 17 mm y 10 mm respectivamente, por delante de esta referencia y a 4 mm y 5 mm por fuera del borde interno de la espina. Analizando la inserción femoral en 22 rodillas de cadáver, el fascículo AM se inserta entre las 9,30 y las 11,30 horas y el PL entre las 8,30 y las 10 horas, con una inclinación de 37° en relación con el eje femoral longitudinal. La inserción femoral tiene una forma oval con el centro de las fibras AM cercano al *over-the-top* y el de las fibras PL muy próximo al borde del cartílago articular anterior e inferior. La localización independiente de dichos fascículos en el fémur presenta un área muy amplia, 153 mm² para el AM y 86 mm² para el PL, con una imbricación de las fibras de Sharpey en la superficie ósea por lo que son difíciles de individualizar. Poliacu-Prose y col. concluyen que las zonas de inserción del LCA, tanto en la tibia como en el fémur, son prácticamente iguales, existiendo una relación entre ellas de 0.9. Sin embargo, la zona de



inserción tibial del LCP es más pequeña que la femoral encontrando una relación entre ambas de 0.6. Para Blauth, las dos áreas son del mismo tamaño mientras que Girgis y col. consideran que el área correspondiente al LCP es mayor. Según Ferretti el área de inserción femoral del LCA es de 197 mm²: 120 mm² corresponden a las fibras del AM y 77 mm² a las del PL. Existen diferencias encontradas en las diferentes mediciones de las inserciones del LCA por diferentes autores, que puede ser interesante tener en cuenta para diseñar el tamaño de los túneles en función del tamaño de la rodilla.

Según los estudios de Kriek y col. el LCA se inserta, radiográficamente, en la mitad posterior de los cóndilos femorales superpuestos mientras que el LCP lo hace en la mitad anterior. En la tibia, la eminencia intercondílea se encuentra en el tercio medio y el LCA ocuparía el tercio anterior mientras que el LCP se sitúa en el tercio posterior. La forma de la huella de inserción de los ligamentos cruzados coinciden en la mayoría de las publicaciones. Petersen y Zantop señalaron que la mayoría de los LCA estudiados presentaban una inserción tibial de forma triangular, aunque en algunos casos también podía ser oval; una apreciación subjetiva, difícil de valorar. Tallay y col. encontraron en las tres cuartas partes de sus piezas inserciones ovales frente a una cuarta parte que era triangular.

Por su importancia y para comprender la reparación de un ligamento cruzado se ha estudiado la vascularización de los ligamentos cruzados

. En un modelo canino, Kobayashi vio que el LCA está rodeado por la sinovial con abundantes vasos. Las ramas penetran en el ligamento y forman una red vascular en el interior del ligamento. Con el microscopio electrónico observaron que el espacio perivascular alrededor de los vasos intrínsecos comunican a través de las fibras ligamentosas y la membrana sinovial. Las arterias de los



ligamentos cruzados proceden de la arteria genicular media que envía cuatro ramas al LCP y una sola al LCA. En la inserción de los ligamentos, los vasos se anastomosan con la red vascular subcortical del fémur y de la tibia, anastomosis muy pequeñas para reparar un ligamento roto. La inserción de los ligamentos cruzados, anterior y posterior, están libres de vasos nutriéndose de los vasos sinoviales que se anastomosan con los vasos del periostio.

Por su parte, Zimny y col. identificaron dos tipos distintos de mecano-receptores en el LCA: terminaciones de Ruffini y corpúsculos de Pacini. Los elementos nerviosos constituyen un 1% del ligamento. Además de las dos terminaciones anteriores, también se han encontrado terminaciones libres para ofrecer una información exacta de la posición relativa de los huesos en relación a la articulación y a la interacción entre la articulación y los músculos. Los axones, receptores especializados y las terminaciones nerviosas libres constituyen, aproximadamente el 3% del área del tejido sinovial y subsinovial que rodea al LCA. Este porcentaje aumenta en pacientes afectos de gonartrosis lo que establece una relación desconocida entre las terminaciones nerviosas y la función mecánica del ligamento. Los ligamentos de la articulación de la rodilla humana son estructuras compuestas por colágeno distribuido de forma no homogénea. Los fascículos anteriores de todos los ligamentos contienen más colágeno por unidad de volumen que los fascículos posteriores y, además, en los ligamentos cruzados, la porción central contiene más colágeno que la distal o proximal y su densidad es menor en el LCA que en el resto de los ligamentos. El contenido de colágeno tipo I es similar en ambos cruzados mientras que se han encontrado diferencias en el contenido del colágeno Tipo III. También se han encontrado diferencias ultraestructurales entre el LCA masculino y femenino que podrían explicar la mayor frecuencia relativa de roturas en la mujer. El LCA, como la mayoría de los ligamentos, presenta un comportamiento viscoelástico que muestra la capacidad del ligamento para atenuar las deformaciones bruscas, cuando es solicitado y es



característica su relajación de la tensión para reducir el riesgo de lesión en el caso de una deformación prolongada.

El LCA: su comportamiento y función

El LCA es el responsable, durante la flexión, del deslizamiento del cóndilo hacia delante mientras que durante la extensión, el LCP se encarga del deslizamiento del cóndilo hacia atrás, impidiendo tanto la rotación axial interna como la externa, con la rodilla en extensión. La lesión del LCA no produce grandes variaciones en la rotación articular ya que los ligamentos cruzados ofrecen la estabilidad fundamentalmente en dirección antero-posterior. El LCA se tensa durante el movimiento de flexo - extensión de la articulación de la rodilla y actúa como una estructura que limita la hiperextensión de la rodilla y previene el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre el platillo tibial. Además de esta característica mecánica, se lo considera un verdadero órgano propioceptivo ya que forma un arco reflejo directo con los músculos isquiotibiales. Es un ligamento intrarticular compuesto principalmente por colágeno tipo I que le proporciona mayor resistencia y tiene una disposición helicoidal, compuesto por dos fascículos bien diferenciados: el posterolateral y el anteromedial. Rico en mecanorreceptores de adaptación rápida (Paccini) y adaptación lenta (Ruffini) al igual que de terminaciones nerviosas nociceptivas. Estos mecanorreceptores se encuentran localizados en mayor concentración en las inserciones, que es donde se produce mayor grado de tensión y, por lo tanto, la proximidad de los receptores en las inserciones óseas facilita la activación del reflejo ligamentomuscular. Los elementos anatómicos que protegen al LCA son principalmente los músculos isquiotibiales y muy especialmente el bíceps femoral que tiene un tiempo de latencia menor respecto a sus homólogos ante el reflejo de estiramiento del LCA (Tous-Fajardo y col. 2007). Las formas de las superficies articulares femorotibiales proporcionan cierta estabilidad al ligamento al igual que los ligamentos colaterales y la cápsula articular. Igualmente los



meniscos y muy especialmente el cuerno posterior del menisco interno limitan el cajón anterior y actúan como órgano propioceptivo creando un arco reflejo secundario con los músculos isquiotibiales. También evita la rotación axial excesiva de la tibia sobre el fémur y mantiene la estabilidad en valgo-varo. La relación entre la elongación y la flexión está influida por la cinemática particular de la articulación, por la morfología de las superficies articulares, de las fuerzas musculares, de las sollicitaciones, en varo o en valgo, y por los momentos de rotación tibial. Los ligamentos cruzados están dispuestos de tal forma que en todas las posiciones hay alguna porción de ellos en tensión. Por su parte, Beynnon y col. demostraron, en sujetos sanos, que con la rodilla entre 10° y 20° de flexión y un peso de 5 kg colgando de la pierna, la deformación del LCA es significativamente superior que cuando se realiza el mismo movimiento activo y sin soportar peso. También durante la contracción isométrica del músculo cuádriceps, entre 15° y 30° de flexión, la deformación del LCA es mucho mayor que cuando la rodilla está flexa entre 60° y 90°, sin mostrar diferencias con respecto a la movilidad con el músculo relajado. Cada fascículo del LCA tiene una función en la estabilidad de la articulación de la rodilla. Cuando la rodilla está en extensión las fibras de los dos fascículos del LCA están paralelas y se encuentran en tensión, pero el fascículo PL está más tenso que el AM; esta tensión permanece alta en el PL hasta los 45° de flexión. Cuando colocamos a la rodilla en flexión de 90°, las fibras PL se encuentran más relajadas y las AM se encuentran en máxima tensión. En general, el fascículo AM se tensa durante la flexión y el PL se relaja; mientras que en la extensión ocurre lo contrario. También Fleming y col. encontraron mayor deformación de las fibras AM a 30° que a 90° de flexión. Hay trabajos que consideran que es todo el LCA el que está en tensión durante la extensión aunque para Benninghoff y Sieglbauer, en esa posición, sólo está en tensión la parte más anterior del ligamento y durante la flexión es la parte posterior. Otros consideran que es la porción PL del LCA la que está en tensión durante la extensión y la AM durante la flexión. En el concepto de Amis y Dawkins, que dividen el LCA en tres fascículos,



consideran que durante la extensión articular son las porciones AM y PL las que están en tensión y la parte central del LCA durante la flexión. Las fibras anteriores del LCA mantienen una longitud constante durante la flexión, por lo que serian estas las que presentarán un comportamiento más cercano al concepto de isometría, mientras que las fibras posteriores disminuyen un 15% su longitud. Con la rodilla en flexión, entre 105° y 140° , disminuye la longitud del LCA un 10%, mientras que el LCP lo hace entre los 120° y los 0° , siendo en la extensión un 80% más corto. La deformación del LCA varía a lo largo de su longitud o de su sección. La longitud máxima del LCA se encuentra en la extensión completa, mientras que la longitud máxima del LCP tiene lugar a los 120° de flexión. Utilizando modelos experimentales, se han medido entre 3 y 6 mm la variación de longitud del LCA durante un arco completo de movimiento. Li y col. realizaron mediciones de los conjuntos de fibras sobre pacientes, viendo diferencias de longitud durante la flexión únicamente en las fibras PL, a 60° y 90° , por lo que concluyeron que las fibras AM son isométricas durante toda la flexión articular. Iwahashi y col. encontraron diferencias, además de las fibras PL, también en las AM e intermedias entre 0° y 75° . Sakane y col. estudiaron las sollicitaciones que soporta el LCA y vieron que las fibras PL soportan mayores tensiones que las AM cuando la rodilla está en flexión. Por el contrario, las fibras AM permanecen más homogéneas, sin cambiar con el ángulo de flexión. A 90° de flexión, las tensiones mantenidas por las fibras AM son muy superiores a las PL. Ambos conjuntos de fibras están sometidos a tensión o relajados con diferentes ángulos de flexión pero nunca en el mismo sentido. Guan y col. demostraron que las fibras AM producen el 96% de la contención del LCA durante un cajón anterior, a flexión de 30° , por lo que no es de extrañar que Furman señale que la rotura parcial de este fascículo equivale a la rotura completa del ligamento. Todos estos datos rompen con el modelo clásico de la articulación de la rodilla formada por cuatro barras constituidas por los dos ligamentos cruzados, el fémur y la tibia que asume que hay una fibra neutra en cada ligamento que permanece constante en su longitud, isométrica, durante el arco de



flexión. Las fibras que están por delante de este eje se alargan durante la flexión, mientras que las que quedan por detrás se acortan. Además, el punto de inserción de las fibras neutras es conocido como punto isométrico. Las fibras que se insertan por delante de la fibra neutra en la tibia se insertan posterior en el fémur y las fibras posteriores en la tibia se insertan por delante en el fémur. Esta disposición minimiza los cambios de longitud durante la flexión de las fibras no isométricas.

Efecto del LCA en la cinemática de la rodilla

Las consecuencias de la sección del LCA sobre la cinemática articular de la rodilla ha sido también el objetivo de diferentes estudios. Es sabido que se producen alteraciones como los aumentos significativos de las amplitudes en todas las pruebas de laxitud articular a excepción de las rotaciones, interna y externa, a 90°. Como es lógico, el dato más significativo es la laxitud antero-posterior. El efecto de la fuerza de contracción del músculo cuádriceps depende del ángulo de flexión articular que, por medio del ligamento rotuliano, desplaza la tibia hacia delante en los primero 70° de flexión. Cuando el LCA está roto hay un mayor desplazamiento anterior de la tibia, a 20° de flexión, que se atribuye a la fuerza del músculo. Clínicamente, el promedio de desplazamiento anterior de la tibia resultante de una contracción aislada del cuádriceps, en pacientes con lesión unilateral del LCA, es de 4,5 mm mayor en la rodilla lesionada que en la normal. En estudios clínicos efectuados por Rosenberg y Rasmussen para analizar la tensión desarrollada en el LCA durante el test de Lachman y el cajón anterior, concluyeron que la tensión desarrollada en las fibras AM del LCA, a 15° de flexión, eran significativamente mayores que las tensiones desarrolladas a 90° de flexión, con variaciones de longitud mínimas lo que hizo que su técnica se denominase «isométrica». Henning y col., por su parte, midieron las variaciones de longitud de los ligamentos y determinaron que el test de Lachman, sin especificar el grado articular exacto, deforma al LCA más que la prueba del cajón anterior. Hay que tener en cuenta que la



elongación y deformación de las diferentes fibras del LCA es completamente diferente al de una plastia de LCA analizada en el cadáver. Durante el test de Lachman y la rotación interna a 30°, todas las fibras aumentan su longitud y deformación comparando con una plastia monofascicular. Durante la rotación interna, en extensión completa, las fibras anatómicas se elongan más que una plastia monofascicular y las fibras centrales y PL se deforman más que la plastia. Por su parte, con el cajón anterior, las fibras AM y las fibras centrales demuestran una mayor elongación y las fibras AM también mayor deformación que la plastia. Los ligamentos cruzados tienen una función en las actividades diarias. Shiavi y col. vieron diferencias en el estudio cinemático de la marcha entre rodillas sanas y con rotura del LCA. Se han descrito modificaciones durante la marcha, la carrera o al subir y bajar escaleras, atribuidas a la eliminación de las sollicitaciones de cizallamiento anteriores sobre la tibia, describiéndose perfiles electromiográficos anormales en pacientes con lesión del LCA. Además, la rotura de uno o de los dos ligamentos cruzados puede alterar el mecanismo extensor de la rodilla al cambiar el patrón de contacto tibio-femoral y la eficacia del mecanismo del músculo cuádriceps. Resulta muy interesante el estudio publicado por Mc Hugh y col. que observaron un aumento del 8% en la VO₂max durante la carrera en pacientes con deficiencia del LCA. Igualmente se ha puesto de manifiesto la persistencia de un déficit del control rotacional tras las reconstrucciones del LCA lo que ha modificado las técnicas actuales, intentando incrementar la estabilidad rotacional.

Muy importantes son los datos aportados por las investigaciones de Morrison y col., quienes calcularon las sollicitaciones que actúan sobre los ligamentos cruzados durante la marcha en llano (LCA: 169 N; LCP: 352 N); al subir (LCA: 67 N; LCP: 641 N) o bajar escaleras (LCA: 445 N; LCP: 262 N). Las pruebas ascendiendo (LCA: 27 N; LCP: 1215 N) y bajando una rampa de 9,5° (LCA: 93 N; LCP: 449 N). Estas tensiones aumentan proporcionalmente con la velocidad de la marcha. Como se



puede observar, las sollicitaciones sobre el LCP son, generalmente, mayores que las que actúan sobre el LCA y, sin embargo las roturas son menos frecuentes. El LCA supera al LCP únicamente en la actividad de bajar escaleras. En el resto de las actividades estudiadas las fuerzas que actúan sobre el LCA no superan los 20 kg lo que hace pensar que el LCA es una estructura biológicamente adaptada y mecánicamente bien diseñada para una actividad normal, mientras que cuando aumentan las sollicitaciones sobre él, como ocurre en el deporte, o se somete a posiciones inadecuadas puede romper con mucha facilidad. No podemos olvidar que la mayoría de las roturas de LCA se producen por el apoyo monopodal o por frenar súbitamente en la carrera aunque las condiciones que influyen en la deformación del LCA no se conocen.

El LCA es una estructura viscoelastica, con mínimas variaciones de longitud en los movimientos articulares, con presencia de mecanorreceptores y vasos de pequeño diámetro, compuesto por dos o tres fascículos independientes desde el punto de vista anatómico y biomecánico, por lo que su reconstrucción debe mantener y respetar la longitud de sus fibras, además de facilitar su reparación biológica y de la propioceptividad.

Bolsas serosas: la articulación de la rodilla dispone de más de 12 bolsas serosas que amortiguan las fricciones entre las diferentes estructuras móviles. Las principales son: bolsa serosa prerotuliana, la bolsa serosa de la pata de ganso y la bolsa serosa poplítea.

Vasos sanguíneos

Arterias de la rodilla: el riego sanguíneo de la rodilla proviene fundamentalmente de 3 arterias, la **arteria femoral**, la **arteria poplítea** y la **arteria tibial anterior**. De estos troncos principales surgen otros más pequeños que forman un círculo alrededor de la articulación llamado círculo



anastomótico de la rodilla, del cual surgen a su vez otras ramas secundarias que proporcionan sangre a las diferentes estructuras. Las ramas más importantes son:

- arteria genicular superior medial (procede de la arteria poplítea).
- arteria genicular superior lateral (procede de la arteria poplítea).
- arteria genicular inferior medial (procede de la arteria poplítea).
- arteria genicular inferior lateral (procede de la arteria poplítea).
- arteria genicular descendente (procede de la arteria femoral).
- arteria recurrente tibial anterior (procede de la arteria tibial anterior).

El retorno venoso tiene lugar fundamentalmente a través de la vena poplítea que pasa por el hueco poplíteo paralela a la arteria del mismo nombre y desemboca en la vena femoral.

Músculos intervinientes

Hay que tener en cuenta que algunos de los músculos intervienen en varios movimientos, por lo que se reseñan dos veces. Por ejemplo el músculo sartorio que puede contribuir al movimiento de flexión y al de rotación interna.

- Músculos flexores. Se sitúan en la parte posterior del muslo. Se denominan isquiotibiales (bíceps femoral, semimembranoso y semitendinoso). Como accesorio de la flexión se encuentra el músculo poplíteo, que está situado en la porción posterior de la rodilla, debajo de los gemelos, y el sartorio (se encuentra en la parte anterior del muslo y lo cruza en diagonal).



- Músculos extensores. Están situados en la parte anterior del muslo y forman el cuádriceps (recto femoral, vasto medial, vasto lateral y crural).
- Músculos que producen rotación externa: tensor de la fascia lata y bíceps femoral.
- Músculos que producen rotación interna: sartorio, semitendinoso, semimembranoso, recto interno y poplíteo.

Movimientos

La articulación tibiofemoral permite dos tipos de movimientos: flexión-extensión y rotación. El movimiento principal es el de flexión y extensión que sobrepasa los 130°, mientras que el de rotación es muy limitado y únicamente puede realizarse en posición de flexión.

Partiendo de la posición de reposo, cuando el muslo y la pierna se prolongan entre sí en línea recta que correspondería a 0°, la flexión activa de la pierna alcanza por término medio 130°; pero el límite máximo de la amplitud de ese movimiento puede aumentarse tomando el pie con una mano.

La articulación posee una gran estabilidad en extensión completa, posición en la que la rodilla soporta todo el peso del cuerpo. A partir de cierto ángulo de flexión, es posible el movimiento de rotación, muy importante en la carrera para lograr la orientación adecuada del pie en relación a las irregularidades del terreno.



ANATOMOPATOLOGIA:

La fragilidad de este ligamento depende de dos fenómenos

- De su forma en espiral para unir la superficie pre espinal del platillo tibial a la parte posterior de la cara interna del cóndilo externo
- De su poca vascularización.

¿Cuáles son las funciones que asume el LCA?

- limitación del movimiento de cajón anterior de la tibia bajo el fémur (ayudado en ello por el fascículo anterior del ligamento lateral interno LLI),
- control de la rotación interna de la tibia bajo el fémur (en acción conjugada con el LLI)
- pequeña acción de limitación del valgus de rodilla.

Gracias a él se mantiene la estabilidad de la articulación guiando la articulación en el movimiento asumiendo así una coaptación femoro-tibial permanente. Así se previene la degeneración menisco ligamentoso y cartilaginosa.

Prácticamente se pueden dividir los mecanismos de rotura del LCA en dos categorías:

a) lesiones por contacto: provocadas por una fuerza aplicada a:

- rodilla en extensión o hiperextensión cuando llega una fuerza (directa o indirecta) con una posibilidad de inestabilidad lateral.
- rodilla en hiperextensión llega una fuerza violenta en flexión con rotación interna de la tibia.
- rodilla flexionada a 90° llega una fuerza posterior



b) lesiones sin contacto: en este caso son fuerzas aplicadas indirectamente a la rodilla por cizallamiento durante un cambio de dirección como el pivote. La lesión más común en este caso se produce con combinación de deceleración de valgo y de rotación (interna en flexión o externa en extensión). Según Montmollin (1980) es la contracción del cuádriceps que provoca el perjuicio y no la torsión, la acción imprevista impide la contracción sinérgica de los isquiotibiales. Además la rotura del LCA se puede asociar a otras lesiones ligamentosas o meniscales de la rodilla con respecto al movimiento o a la dirección de la fuerza aplicada durante el accidente.

En resumen las roturas del LCA se encuentran habitualmente tras:

- hiperextensión brutal de la rodilla (chut en el vacío)
- mala recepción de un salto (baloncesto)
- cambios bruscos de dirección

SINTOMATOLOGIA

En el análisis de esta lesión en fútbol Garret (2005) afirma que estas lesiones son frecuentes debido al elevado número de participantes y a los mecanismos específicos implicados en los chuts, los cruces y las entradas.

Estadísticamente, las lesiones en la rodilla representan entre el 18% y el 26% de todas las lesiones en el fútbol, y la mayoría afectan a los ligamentos o meniscos. En el caso de las lesiones en el ligamento cruzado anterior es la más perjudicial para un jugador de fútbol. La mitad de estas lesiones de rodilla afectan a este ligamento.



La lesión del ligamento cruzado se caracteriza generalmente por un sonido seco, acompañado de una incapacidad funcional de la rodilla lesionada, y edema articular dentro de las 24 hs luego del hecho traumático.

Sherry (2002) describe que la rodilla se lesiona con grandes fuerzas de torsión y desaceleración (en deportes de carrera y de contacto). El diagnóstico depende de la historia y la exploración clínica.

A menudo, el mecanismo de la lesión proporciona una clave útil para el diagnóstico una rodilla que se luxa o desliza con dolor y un "chasquido" sugieren un desgarro aislado del ligamento cruzado anterior.

Weineck (2007) considera que las roturas del ligamento cruzado anterior suelen estar en relación con lesiones de menisco interno, del ligamento lateral interno y de la cápsula articular, a causa de los mecanismos de unión.

Según De Franco (2009), al igual que los pacientes que sufren un desgarro completo del ligamento cruzado anterior, los que presentan una lesión parcial pueden referir una sensación de desgarro o un estallido, dificultad para soportar peso, sensación de inestabilidad ("aflojamiento") e incapacidad para proseguir la actividad. Por lo general, el dolor en la rodilla está mal localizado.

Puede haber hemartrosis, pero su ausencia no descarta una lesión del ligamento cruzado anterior. El desgarro parcial del ligamento puede actuar como un bloqueo mecánico que impide la extensión completa de la rodilla. En otras palabras, se produce una obstrucción mecánica cuando el segmento desgarrado del ligamento queda atrapado entre el cóndilo femoral externo y el platillo tibial externo.



El diagnóstico clínico de un desgarro parcial del ligamento cruzado anterior se basa en el grado de laxitud detectado en el examen físico. Habitualmente, la mayor traslación anterior se define cuantificando el grado de aumento por encima de cierto umbral y comparándolo con el de la rodilla no lesionada. Las pruebas del cajón anterior, de Lachman, de desplazamiento del pivote y artrométricas son los métodos más comunes para efectuar esta evaluación.

Según Fernández Jaén (2002) con frecuencia el deportista suele describir la lesión como una sensación de chasquido; en las lesiones de tipo aguda todos los pacientes presentan hemartrosis de mayor o menor cuantía.

En el 75% de los casos existen lesiones asociadas, que van desde las fracturas trabeculares con edema óseo, hasta las lesiones de ligamento lateral interno y roturas meniscales. Existen patrones en la RM distintos según el sexo; en las mujeres aparece más frecuentemente la contusión posterolateral en el platillo tibial, mientras que en los hombres presentan más afectación del cóndilo femoral externo y de partes blandas. En la exploración, el test de Lachman es el examen más sensible en los casos agudos.

Muchas veces la lesión del ligamento cruzado anterior puede confundirse con laxitud de la articulación de la rodilla. Es importante el relato de la persona, si afirma que la rodilla se le va, que no tiene firmeza, son signos que denotan la lesión del ligamento en cuestión.

La rotura parcial de LCA puede darse, desde el punto de vista anatómico por la rotura de uno de los fascículos: fascículo anteromedial o fascículo posterolateral. Pero desde el punto de vista funcional no se da, la rodilla puede ser no laxa, laxa o inestable.

Sherry (2002) se refiere a la insuficiencia crónica del ligamento cruzado anterior afirmando que luego de un desgarro aislado de este ligamento, la mayoría de las rodillas se recuperan en un plazo



de 6-12 semanas, si bien el ligamento no se cura. Un tercio de los pacientes son asintomáticos; otros sólo son sintomáticos cuando saltan o practican otros deportes; un grupo reducido se muestra significativamente sintomático con todo tipo de actividades. Los síntomas son, entre otros, sensación de que la rodilla cede (con dolor) y tumefacción recurrente. El acto de ceder la rodilla repetidas veces tal vez lesione los meniscos y provoque un traumatismo osteocondral con desarrollo posterior de osteocondritis.

Keats (2002) indica que un ligamento cruzado anterior roto altera las relaciones de la tibia y del fémur distal en el plano digital, lo que ocasiona a menudo manifestaciones visibles en relación al ligamento cruzado posterior. La anomalía principal es el desplazamiento posterior de la tibia con respecto al fémur distal, lo que genera un acortamiento de la distancia entre las inserciones del ligamento cruzado posterior.

Según Daniel, luego de la lesión se producen alteraciones en la rodilla como son aumentos significativos de las amplitudes en todas las pruebas de laxitud articular a excepción de las rotaciones, interna y externa, a 90°. Como es lógico, el dato más significativo es la laxitud antero-posterior.

Grood (2008) describe el efecto de la fuerza de contracción del músculo cuádriceps depende del ángulo de flexión articular que, por medio del ligamento rotuliano, desplaza la tibia hacia delante en los primero 70° de flexión. Cuando el ligamento está roto el desplazamiento de la tibia hacia adelante es mayor a 20° de flexión, que se atribuye a la fuerza del músculo. Clínicamente, el promedio de desplazamiento anterior de la tibia resultante de una contracción aislada del musculo cuádriceps, en pacientes con lesión unilateral del LCA, es de 4,5 mm mayor en la rodilla lesionada que en la normal.



Ferriol (2008) señala que la rotura de uno o de los dos ligamentos cruzados también puede alterar el mecanismo extensor de la rodilla al cambiar el patrón de contacto tibio-femoral y la eficacia del mecanismo del músculo cuádriceps. Por su parte DeFranco (2009) da su posición acerca de la controversia que existe respecto de la definición de "desgarro parcial". Las descripciones varían de hemorragia en la inserción femoral del ligamento cruzado anterior a ruptura total del fascículo anteromedial o posterolateral.

Según el Sistema de Clasificación de Lesiones de la American Medical Association, un desgarro parcial corresponde a una lesión ligamentosa de grado II (segundo grado). Otra manera de describir el patrón de lesión es refiriéndose al fascículo específico del ligamento cruzado anterior (anteromedial o posterolateral) que está desgarrado.

Mecanismos de lesión

Aproximadamente 70% de lesiones del LCA ocurren con un mecanismo sin contacto. Las lesiones del LCA son comunes en baloncesto, fútbol y rugby. Estudios sobre lesiones del LCA encontraron que:

- 35% se producían cuando los deportistas deceleraban,
- 31% se producían cuando se realizaba el aterrizaje
- 13% al acelerar
- 4% de otra forma.

Según Klevann, Mullin y Stone, citados por Gómez Rodas : "Los mecanismos de lesión del ligamento cruzado anterior se pueden dividir en, **lesión por no contacto** que son fuerzas externas de impacto en las cuales la rodilla pierde su estabilidad:



1. Aterrizaje con cambio de dirección. El deportista aterriza después de un salto deseando cambiar de dirección y se da un estrés en valgo además de una hiperpronación del pie.
2. Parada y cambio de dirección, un deportista viene corriendo y desacelera rápidamente para luego girar.
3. Aterrizaje con la rodilla extendida el deportista aterriza después de un salto y con la rodilla asegura su extensión.
4. Un paso después de su aterrizaje en extensión. El deportista después de aterrizar de un salto da un paso adelante con su rodilla extendida provocando del ligamento sea estirado mas allá de sus límites.

Mecanismos de **lesión por contactos**, este mecanismo de lesión suele denominarse de golpe directo. El deportista es golpeado en la parte posterior de la rodilla causando que la tibia se traslade anteriormente o desde la parte lateral.

Según Gómez Rodas, los factores de riesgo para el ligamento cruzado anterior pueden ser posturales, anatómicos y fisiológicos que son más comunes en las mujeres deportistas.

Factores de riesgo en la lesión del LCA sin contacto

Se ha avanzado mucho en el conocimiento de los factores de riesgo para las lesiones del LCA pero ninguno de ellos se ha asociado con certeza a las mismas, ni se ha podido definir claramente el mecanismo de producción. Sin embargo, está claro que la mayoría de estas lesiones ocurren en situaciones de no contacto. Para el desarrollo de los programas de prevención se ha investigado más a fondo el riesgo que representan los factores biomecánicos. De hecho, los programas publicados de



prevención de lesiones del LCA se han basado en alterar los factores neuromusculares de riesgo mediante la mejoría del control neuromuscular, de la propiocepción por la instrucción repetitiva de equilibrio y de agilidad, y de la incorporación de ejercicios pliométricos tanto antes de la temporada como durante la misma. Un factor que parece estar asociado con un mayor riesgo de lesión del LCA, especialmente en situaciones de no contacto, es la variación en la anatomía del surco intercondíleo del fémur distal. Varios autores reportaron independientemente que el surco intercondíleo, medido tanto en radiografías simples como en tomografías, es más estrecho en pacientes con rupturas agudas del LCA y la diferencia fue estadísticamente significativa. Se usó el método de medir la proporción entre la amplitud del surco y la del fémur distal completo; si resulta menor de 0,2 se concluye que el surco es estrecho y que hay riesgo de lesión del LCA. Múltiples explicaciones se han aportado desde la literatura especializada para tratar de entender la alta incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior ante situaciones de no contacto, sugiriéndose la presencia de varios factores de riesgo asociados a la lesión, los cuales han recibido dos esquemas de clasificación; para su estudio, se han sugerido dos esquemas de clasificación diferentes, uno que presupone la existencia de alteraciones endógenas en el cuerpo de las mujeres y otro asociado al ambiente externo (exógenas) que rodea la competencia o el ejercicio, denominados en su orden, intrínsecos y extrínsecos. Existe otra más reciente clasificación que divide los factores de riesgo en cuatro categorías: Ambientales, Anatómicos, Hormonales y Neuromusculares/biomecánicos.

Factores de riesgo ambientales

De los factores de riesgo ambientales, la interacción entre la suela del calzado y la propia superficie de juego son determinantes en su asociación con la aparición de lesiones de ligamento cruzado anterior. El aumento de la superficie de tracción de los zapatos y la forma de la suela, condicionan



todos los movimientos que el deportista realiza, entre ellos, giros, pivotes, cambios bruscos de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, que de no favorecer una interacción fluido con la superficie de juego, pueden llegar a aumentar la susceptibilidad del atleta para sufrir lesiones de rodilla.

La interacción entre estas dos superficies, superficie de calzado y superficie de juego, pueden modificar el componente de fricción necesario para generar salidas rápidas, piques, paradas y cortes de dirección propios de deportes como el fútbol, hockey sobre césped y el baloncesto. La alteración del componente de fricción ha demostrado ser un predictor importante del aumento en la incidencia de lesión de rodilla.

Factores de riesgo anatómicos

Los factores de riesgo anatómicos, hacen referencia a aquellas características morfológicas y estructurales del miembro inferior que interactúan con la función dinámica de la rodilla, pudiendo llegar a provocar situaciones de riesgo para la función estabilizadora del LCA. Cobran relevancia cuando son puestos en escena durante el movimiento. Las alteraciones anatómicas potencian la presentación de patrones anormales de movimiento que se convierten en los principales causantes de la falla ligamentaria. Por esta razón, aunque son importantes en la descripción general del riesgo lesión, su relevancia se intensifica al producirse el movimiento. Entre estos factores se encuentran:

- la magnitud del ángulo del cuádriceps femoral (ángulo de Q)
- el grado de desplazamiento medial estático o dinámico de la rodilla denominado (valgus)
- la hiperpronación del pie
- el índice de masa corporal (IMC)
- la amplitud de la escotadura intercondílea

De acuerdo con Griffin y col. todas estas alteraciones se asocian con un mayor riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior. A continuación se ampliará cada uno de estos factores:



El **ángulo Q** o **ángulo del cuádriceps** representa el vector de tracción de éste músculo con respecto a la tibia a través de la inserción del tendón patelar, el cual, al estar más pronunciado en las mujeres puede provocar una alteración en la cinemática tibiofemoral y patelofemoral, suscitando una mayor probabilidad de lesión tanto del ligamento cruzado anterior como del mecanismo extensor.

El **valgus de rodilla**, es la angulación hacia fuera de la parte inferior de las piernas, de tal manera que cuando las rodillas están juntas los tobillos están separados, provocando que las rodillas formen un arco de concavidad externa.

Este mal alineamiento de los miembros inferiores altera la mecánica de la rodilla induciendo estrés excesivo en el ligamento cruzado anterior durante saltos o cambios bruscos de movimiento, induciendo a lesión por mecanismo de no contacto.

La **hiperpronación del pie**, constituye una deformidad estructural de movimiento excesivo del hueso del tobillo (astrágalo o talo) sobre el hueso del talón (calcáneo). Esta deformidad ha sido relacionada como un factor de riesgo anatómico para esta lesión. Ahora bien, el exceso de pronación del pie contribuye a una mayor incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior, debido al aumento de la rotación tibial externa con relación al fémur alterando la mecánica normal del funcionamiento de la articulación de la rodilla.

El **Índice de Masa Corporal (IMC)** se ha referido como un factor de riesgo anatómico para lesión de ligamento cruzado anterior. El IMC, representa una medida de tamaño corporal que se obtiene dividiendo el peso del sujeto sobre la talla al cuadrado. El incremento por encima de lo normal en el IMC, se ha asociado con el aumento en la aparición de lesiones de rodilla.

Las **diferencias geométricas**, hacen referencia al tamaño y forma de los ligamentos o la configuración geométrica de los ligamentos, el cual influye directamente en su función, dado que un mayor contenido de colágeno y un mayor tamaño, proveen una mayor capacidad tensil que, finalmente, hará menos probable la aparición de lesiones ligamentarias en la rodilla. Ahora bien,



teniendo en cuenta que la amplitud de la escotadura intercondílea en la mujeres es menor que aquella de los hombres, se ha sugerido que pueden albergar un ligamento cruzado mucho más pequeño y menos funcional que el de los varones, hecho que se ha demostrado en el desarrollo de varias investigaciones que han mostrado una asociación directa entre la lesión del ligamento cruzado anterior y la estrechez de la escotadura intercondílea en mujeres.

Factores de riesgo hormonales

Los factores de riesgo hormonales se refieren a aquellas fluctuaciones de los niveles hormonales propias de las mujeres y relacionados a su ciclo menstrual que han probado una alta relación con la aparición de lesiones ligamentarias. Se ha podido constatar que los niveles de estrógenos y progesterona parecen ejercer una influencia importante con la aparición de lesiones ligamentarias. Varios estudios han evidenciado la presencia de receptores estrogénicos en los ligamentos, lo que ha llevado a pensar que las hormonas sexuales tienen influencia en las propiedades tensiles de los ligamentos. Otros estudios clínicos han demostrado incluso un aumento en la laxitud ligamentaria en determinados períodos del ciclo menstrual y recientemente se ha sugerido que existe evidentemente una asociación entre las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual y la incidencia de lesiones ligamentarias de rodilla en mujeres. Sin embargo, actualmente no existe un consenso sobre los detalles específicos de esta relación y continúa en estudio.

Los factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos

Aquí se hace alusión a patrones de movimiento alterados como respuesta a inadecuadas acciones musculares que producen inestabilidad articular con su posible concomitante lesión ligamentaria. Los patrones de movimiento alterados también están asociados a características anatómicas disfuncionales



fácilmente observables en reposo y que ante el movimiento, proveen un aumento de la carga articular específica facilitando la aparición de lesión, específicamente en el ligamento cruzado anterior.

Especialmente, se han observado durante acciones deportivas que incluyen saltos, cambios de movimiento repentinos y acciones contra gravedad que necesitan la estabilización inmediata articular.

Se ha reportado la existencia de gran número de factores de riesgo neuromusculares entre los que están: menor capacidad para producir fuerza, inadecuado stiffness muscular (rigidez muscular, indicando la capacidad del músculo para oponerse al estiramiento), tiempos de activación muscular lentos, orden de reclutamiento muscular alterado, preactivación del cuádriceps, decrecimiento propioceptivo, fatiga muscular, la dominancia ligamentaria, la dominancia de los cuádriceps y la dominancia del miembro inferior.

Los últimos tres factores de riesgo mencionados, serán objeto de estudio en esta investigación, dada su relevancia debido a la factibilidad de mejoría con el entrenamiento y facilidad de intervención para su modificación, lo que permite ser manejados sin complicaciones, permitiendo mejorar el control neuromuscular articular, llegando a optimizar la capacidad de reacción muscular y estabilización articular para proteger las estructuras estabilizadoras primarias de la rodilla, reduciendo la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior.

Se ha demostrado ampliamente que la intervención de los factores de riesgo neuromusculares disminuye la incidencia de lesiones de rodilla en la mujer. De manera general, estos estudios demuestran que las intervenciones con diversos tipos de entrenamientos neuromusculares tienen tendencia a generar programas motores anticipatorios dirigidos a fomentar la estabilidad articular, el orden y producción de fuerza muscular adecuados, siendo todo esto efectivo para reducir la



incidencia de lesión de rodilla particularmente en el ligamento cruzado anterior y en el síndrome de dolor patelofemoral.

Hewett y sus colaboradores, evaluaron el efecto de un programa pliométrico y observaron la mecánica de aterrizaje y la fuerza presentada en los miembros inferiores de deportistas que practicaban y participaban en deportes de salto. Los autores concluyeron que la mecánica en el aterrizaje y una disminución en la fuerza de miembros inferiores presenciada durante la evaluación están asociadas en el aumento de incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior.

Por su lado, Wojtys y col. examinaron a 32 voluntarios sanos, 16 hombres y 16 mujeres, para evaluar el impacto que podrían tener tres entrenamientos diferentes en la respuesta electromiográfica ante la traslación tibial anterior repentina y, en la fuerza isocinética y resistencia isocinética para la flexión y extensión de rodilla y el tobillo. El primer entrenamiento consistía en un protocolo isocinético que incluía flexión y extensión de rodilla y flexión plantar y dorsiflexión de tobillo en un dinamómetro isocinético. El segundo entrenamiento consistió de un protocolo isotónico en el que se incluía extensión de rodilla, flexión de rodilla, plantiflexión y dorsiflexión del tobillo. El tercer tipo de entrenamiento consistió de un protocolo de ejercicios de agilidad y pliometría como el deslizamiento en tabla, saltos en un pie y cambios de dirección.

Fue así que, dada la naturaleza del mecanismo de lesión de rodilla, la implementación de programas de entrenamiento en los que se incluyan los ejercicios de agilidad y pliometría tendrían la capacidad de mejorar la respuesta neural ante cargas externas haciendo que ésta fuera más rápida.

Posteriormente, Hewett y col. evaluaron el efecto de un entrenamiento neuromuscular a través de un adiestramiento pliométrico, con la finalidad de obtener una disminución en la incidencia de lesión en la rodilla en mujeres atletas. El grupo a intervenir se dividió en 3 grupos, un primer grupo de 366 mujeres sin historia de entrenamiento, un segundo grupo de 463 mujeres entrenadas y un



tercer grupo de 434 varones no entrenados. Las intervenciones incluyeron ejercicios de flexibilidad, ejercicios polimétricos y entrenamiento con pesas, durante 6 semanas.

Los resultados de este estudio indicaron que el entrenamiento de saltos, disminuye la incidencia de lesión de rodilla. Esta reducción se asoció estadísticamente a la disminución en la magnitud de la aducción y abducción de la rodilla, además de una mejora en la relación de fuerza isquiotibial/cuádriceps.

Sin embargo, este estudio planteó la idea de profundizar detalladamente en los movimientos que realiza la rodilla como son la aducción y la abducción, e igualmente en los desequilibrios entre los músculos isquiotibiales y cuádriceps de los miembros inferiores dominantes y no dominantes, ya que pueden servir como indicadores preventivos para la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas.

Además, estos autores en su estudio recomendaron que las mujeres atletas en deportes que impliquen saltar y girar, como el baloncesto, voleibol y el fútbol, se capaciten y entrenen antes de saltar, incluyendo programas de resistencia progresiva en el levantamiento de pesas para los miembros inferiores, dando lugar a una mejoría en la calidad del movimiento y en el equilibrio neuromuscular de los isquiotibiales y de los cuádriceps.

Por su parte, Wilrkerson y colaboradores, desarrollaron un estudio de entrenamiento pliométrico durante 6 semanas a 19 jugadores que practicaban baloncesto para determinar cambios en el funcionamiento de los miembros inferiores durante el salto. Los autores de este estudio informaron que el programa de entrenamiento pliométrico ayudó a mejorar las cualidades neuromusculares, especialmente la activación de los músculos isquiotibiales los cuales son esenciales para mantener la estabilidad articular a nivel de la rodilla. Los resultados indicaron disminuciones significativas dando lugar, a disminuciones significativas de lesión de ligamento cruzado anterior en jugadoras de baloncesto.



Lephart y colaboradores, investigaron los efectos de un programa pliométrico durante 8 semanas sobre las características neuromusculares y biomecánicas en los miembros inferiores de atletas del sexo femenino. Estos autores evaluaron la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiotibiales de la rodilla, durante el aterrizaje y la actividad de estos músculos antes y después de la intervención.

Los resultados del estudio arrojaron mejoras en las características neuromusculares, especialmente en los patrones de activación muscular como la contracción dominante del cuádriceps, la dominancia ligamentaria y la dominancia del miembro inferior, reduciendo potencialmente las posiciones en peligro de lesión como las actividades de salto, cambios de dirección y pivotes a rápida velocidad. Además, se produjeron cambios significativos y favorables a nivel neuromuscular y biomecánico en los miembros inferiores de las atletas femeninas con el entrenamiento pliométrico y de resistencia, dando lugar a disminuciones en la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior en atletas femeninas.

Ahora bien, todos estos programas incluyen desde actividades de aprendizaje simples de movimientos, pasando por entrenamientos en superficies inestables y condiciones reactivas hasta el entrenamiento final de habilidades específicas que mimetizan aquellas circunstancias de riesgo que pueden producir una lesión.

Es así, que la identificación en el campo de los factores de riesgo neuromusculares a través de evaluaciones simples, que apuntan a evaluar estos mismos factores y que después de ser identificados puedan ser intervenidos, van a contribuir a mejorar el control neuromuscular y biomecánico, además de la técnica de los gestos deportivos, contribuyendo a la reducción en la incidencia de lesiones de rodilla. De los factores de riesgo neuromusculares descritos, son de capital importancia aquellos que aportan información valiosa e importante desde su aplicabilidad en el terreno deportivo. Lamentablemente, la aparatología biomecánica asociada a los diferentes estudios que describen los factores de riesgo neuromusculares, ha impedido realizar



intervenciones eficaces para disminuir las tasas de lesión del ligamento cruzado anterior dado el costo y alta especialización de los equipos utilizados para tal fin. Sin embargo, recientemente, diversos autores han propuesto métodos simples y económicos para detectar, si no todos, al menos los más importantes factores de riesgo neuromusculares asociados a lesión del LCA. Es así, que se han propuesto tests simples, aplicables en el terreno deportivo para evaluar la dominancia ligamentaria, la dominancia del miembro inferior y el predominio de fuerza muscular. Esto, finalmente de gran importancia e implicaciones para la estructuración e implementación de programas preventivos de lesión del ligamento cruzado anterior. A continuación se expone la evidencia en la literatura científica que sustenta su existencia y los métodos evaluativos de campo para su uso en el terreno deportivo.

DESEQUILIBRIOS NEUROMUSCULARES

Dominancia ligamentaria

El término dominancia ligamentaria se refiere a la inestabilidad neuromuscular y ligamentaria de la rodilla, dando lugar al aumento en el movimiento medial de la rodilla durante actividades deportivas produciendo un notable valgo de rodilla. Esta inestabilidad ligamentaria se produce cuando el atleta permite que los ligamentos de la rodilla, absorban una parte significativa de la fuerza de reacción que se produce durante las maniobras deportivas, particularmente en los momentos de aducción excesiva de la cadera durante el aterrizaje. Esta manifestación externa, permite entender que los músculos estabilizadores de la rodilla no están cumpliendo su función estabilizadora, provocando que los ligamentos queden como únicos estabilizadores de la rodilla.

De acuerdo con Myer, Ford y Hewett, una mujer identificada como dominante ligamentaria, presenta un movimiento notable de valgo de rodilla que puede ser identificado fácilmente con un test de caída controlada, pidiéndole al sujeto que se ponga de pie apoyado en un solo miembro



inferior realizando un descenso desde un step. Asimismo, la rodilla y el pie están colocados cerca del borde del step. Este valgo de rodilla está caracterizado por una aducción femoral, rotación femoral interna en relación con la cadera, rotación tibial externa en relación con el fémur con o sin pronación del pie.

Cuando se observa un dominio ligamentario en la rodilla, duran el momento valgo, es el ligamento quien en mayor proporción absorbe tensión o impacto en gestos deportivos como aterrizajes, giros, aceleraciones y desaceleraciones.

De acuerdo con Hewett y col. la coactivación de cuádriceps e isquiotibiales es esencial para lograr evitar el valgo dinámico en las acciones de aterrizaje en féminas deportistas. También, Lloyd y Buchanan demostraron que la activación ordenada de músculos como el sartorio, tensor de la fascia lata y, prioritariamente la contracción de cuádriceps e isquiotibiales, son definitivas para el control y soporte de cargas en valgo y varo sobre la articulación de la rodilla.

Por tanto, a un atleta se le debe evaluar y enseñar a controlar los movimientos dinámicos de la rodilla. De igual forma, se le debe mostrar la técnica para utilizar la rodilla de manera adecuada, para realizar una óptimo ángulo de flexión y extensión, evitando un valgo y varo tibial Debido al incremento en la incidencia de lesiones de rodilla en la mujer, producida por la dominancia ligamentaria, se ha propuesto un test de campo que permite evidenciar el valgo dinámico de rodilla asociado a la dominancia ligamentaria de forma simple y económica, llamado test de calidad del movimiento propuesto por Piva y sus colaboradores, el cual se describirá más adelante. Igualmente, examinan los patrones alterados de movimientos y patrones de activación musculares presentes en la población femenina y que son los principales causantes de lesión de ligamento cruzado anterior, como se ha demostrado ampliamente en las investigaciones anteriormente reportadas.

En este test el miembro inferior del sujeto realiza un movimiento normal ejecutando un descenso y un ascenso en un step pretendiendo identificar la dominancia ligamentaria.



La realización de este test específico permite entonces, evidenciar, evaluar y examinar los diferentes patrones alterados de movimientos y patrones de activación muscular, que permitirán posteriormente identificar y prevenir los posibles colapsos ligamentarios en la articulación de la rodilla.

La Dominancia del miembro inferior:

La dominancia del miembro inferior es un desequilibrio entre la fuerza muscular y coordinación entre el miembro inferior dominante y el no dominante. Este tipo de desequilibrio muscular ha sido reportado en la literatura como posible causante de lesiones de rodilla, debido a que las mujeres muestran mejor coordinación y mayores niveles de fuerza en el miembro inferior dominante, quedando en riesgo el miembro inferior no dominante por no poseer suficientes niveles de fuerza y coordinación. La existencia de diferencias de fuerza significativas mayores al 20% en la fuerza dinámica máxima entre el miembro inferior dominante y el no dominante conlleva a un desequilibrio muscular importante que ha sido asociado a un incremento en las tasas de lesión del ligamento cruzado anterior Hewett y sus colaboradores, explicaron que las diferencias en las fuerzas de los miembros inferiores, son de gran importancia en la lesión de ligamento cruzado anterior. Es por esto, que el objetivo del estudio fue identificar desequilibrios musculares y que se pueden realizar en máquinas de extensión de la rodilla, con el objetivo de identificar desequilibrios musculares, los cuales son importantes para observar la capacidad que tiene un atleta para realizar una posición adecuada de sus piernas, buscando siempre el equilibrio entre éstas y evitar lesiones de rodilla.

La evidencia presentada anteriormente, permite dilucidar que el miembro inferior dominante a menudo ha demostrado una mayor fuerza y coordinación en mujeres atletas.



Igualmente, el exceso de dependencia de la parte dominante puede generar un mayor estrés en la rodilla, mientras que la parte más débil está en riesgo debido a la incapacidad de la musculatura de absorber eficazmente las fuerzas asociadas con las actividades deportivas.

Lo anterior, conlleva a desarrollar estrategias preventivas para identificar aquellos sujetos con desequilibrio, evitando el deterioro ligamentario en la rodilla de la mujer, poniendo en marcha una serie de programas encaminados a contrarrestar las lesiones de rodilla. Es así, que los programas están enfocados a establecer un buen sistema propioceptivo para mejorar los parámetros neuromusculares disminuyendo la incidencia de lesión de LCA en mujeres,

permitiendo la estabilidad y protección de la articulación de la rodilla en las deportistas cuando ejecutan desplazamientos, saltos, cambios de dirección y desaceleraciones en el baloncesto.

Dicho esto, la evaluación de la fuerza dinámica máxima se ejecutará mediante la realización de la 1RM, al valorar unipodalmente la 1RM, se puede detectar el grado de simetría en fuerza dinámica máxima entre el miembro inferior dominante y el no dominante. Dado que esta manifestación de fuerza es determinante en el rendimiento atlético, la identificación de este tipo de desequilibrio puede indicar el grado de riesgo de lesión por déficits de fuerza dinámica que permitan una estabilización articular oportuna.

Contracción Dominante del Cuádriceps:

Se refiere a un desequilibrio entre los músculos isquiotibiales y cuádriceps, tanto, en la fuerza, reclutamiento y coordinación. Este tipo de desequilibrio se presenta de manera más frecuente en mujeres que en hombres. Rutinariamente, la relación de fuerza isquiotibiales cuádriceps se expresa como el cociente i/c y puede ser evaluado en las diferentes manifestaciones de fuerza: isométrica, isocinética e isotónica. Ha sido reportado ampliamente que la relación de fuerza i/c en contracciones isocinéticas es de 50-60%; para contracciones isoinerciales existen pocos datos y, en general, se considera normal un cociente de 54% para este tipo de contracción.



Varias investigaciones han mostrado una notable diferencia en el cociente i/c en mujeres deportistas, comparado con varones deportistas. Los valores del cociente i/c en mujeres se acercan a 55%⁸³ y ha sido altamente correlacionado con la aparición de lesiones del ligamento cruzado anterior.

Todo esto, está relacionado con desequilibrios en el desarrollo neuromusculares asociados a la aparición de lesiones específicamente en LCA. Este desequilibrio muscular se debe en general a que las mujeres tienden a activar preferentemente los cuádriceps que los isquiotibiales para realizar los movimientos deportivos, ésta preferencia conduce a la generación de mayor fuerza sobre la articulación. Esta confianza sobre los cuádriceps, ha sugerido que el desequilibrio se relaciona con la fuerza y coordinación entre los cuádriceps y los isquiotibiales.

Dada la asociación entre el desequilibrio i/c en mujeres con la aparición de lesiones de rodilla, Gregory Myer, Kevin Ford y Timothy Hewett, han propuesto la medición de la tasa de fuerza entre los isquiotibiales y el cuádriceps como un método de detección de desequilibrios de fuerzas entre estos dos grupos musculares, con orientación a disminuir la incidencia de lesión

de ligamento cruzado anterior. Para ellos, una proporción de la fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps correspondiente al 54%, en la manifestación de la fuerza isotónica, podría indicar una dominancia del cuádriceps. Igualmente, proponen que si no se dispone de máquinas isocinéticas para su medición, también es válido realizar estas mediciones en máquinas isotónicas e incluso, un simple test de flexión de rodilla unipodal hasta 90 grados realizado

establemente, puede ser un indicador fiable de la capacidad de los isquiotibiales para estabilizar la rodilla.

Por esta razón, para contrarrestar estos desequilibrios musculares se ha demostrado que la fuerza y la flexibilidad son importantes para la prevención de lesiones. Paralelamente, con un buen control



neuromuscular se puede tener mayor estabilización en la rodilla y ofrecer un mejor potencial para la intervención.

Dicho esto, se recomienda evaluar la fuerza máxima dinámica de los miembros inferiores a través de la 1RM, para saber el equilibrio de la fuerza en la relación (I/C) entre el miembro inferior dominante y no dominante, para ser utilizado como una posible herramienta para reducir la susceptibilidad de lesiones de rodilla.

Ahora bien, para la protección del ligamento cruzado anterior, es importante considerar la evaluación de la fuerza muscular máxima, teniendo en cuenta el papel de los músculos isquiotibiales para equilibrar potencialmente al ligamento cruzado anterior.

Lo anterior, sugiere y se debe entender que existen factores de riesgo que pueden predisponer a las atletas a lesión de ligamento cruzado anterior.

Además, si no se intervienen estos factores de riesgo adecuadamente con el único objetivo de proteger la rodilla, para evitar una posible lesión de ligamento cruzado anterior, esta lesión va a generar una afección degenerativa articular llamada osteoartritis, aumentando el deterioro total de la rodilla. Esta degeneración articular va acompañada por cambios secundarios alrededor de las articulaciones de la rodilla, como debilidad muscular y crecimiento de hueso nuevo resultando en pérdida de la movilidad y función. Teniendo presente estas consideraciones se pasará a discutir y describir esta patología.



EXAMEN FÍSICO

Lesión aguda:

Al evaluar la deportista en la fase post-traumatismo, se observa que:

- no hay cajón anterior rodilla flexionada pero el test de Lachman (cajón en sub-extensión) es positivo.
- hemartrosis a la punción, pequeño flexo, Jerk Test casi imposible
- radiografía negativa salvo en algunos casos con los niños y adolescentes tras un arrancamiento del macizo de las espinas tibiales
- La RMN confirmara el diagnostico clínico así como el Lachman radiológico.

Cuando la lesión es crónica el ligamento cruzado se puede desgarrar parcialmente tras episodios sucesivos, la sintomatología de rotura aguda se repite cada vez.

En pacientes con una rotura antigua es común observar:

- Cajón directo en flexión,
- Jerk-Test positivo,
- Disminución de función en las actividades deportivas y en la vida diaria con respecto a las posibilidades anteriores
- Sensación de inestabilidad debido a la sub luxación anteroexterna de la tibia en hiperflexión (sensación de fallo...)
- La rodilla falla efectivamente en caso de paro brusco, de cambio brusco de dirección, de marcha en terreno irregular



- Regularmente hay episodios de derrame sinovial seguido de dolores residuales
- Desinserción o desgarro meniscal asociado (visible a la RMN).
- Progresivamente se ve en la radiografía estándar alteraciones cartilaginosa y artrósica en un compartimento articular

Lesión asociada de:

- Uno o ambos meniscos: más del 50% de roturas del LCA se acompañan de lesión meniscal.
- La ausencia parcial o total del menisco aumenta el deterioro de la rodilla, por tanto el objetivo es preservar el máximo posible de menisco, por lo que se debe reconstruir el LCA y reparar el menisco el máximo posible (sutura).
- Otro ligamento: puede precisar reconstrucción del ligamento lesionado y del LCA
- El cartílago puede precisar reparación del cartílago dañado y reconstrucción del LCA.

Una buena historia es fundamental en la evaluación de un trauma importante de la rodilla y constituye, posiblemente, el indicador más certero de ruptura del LCA. Un deportista que cae sobre el pie y siente un ruido seco y dolor agudo en la rodilla, lo más probable es que haya hecho una ruptura del LCA, sea incapaz de continuar activo y desarrolle edema articular en las siguientes 12 a 24 horas. Muchos pacientes describen lo que sintieron como que la rodilla “se salió de su lugar”. Con frecuencia la historia en el servicio de urgencias es la de un trauma por rotación de la rodilla, luego un sonido seco, la incapacidad funcional y el edema. Aunque las rupturas del LCA se pueden producir en un contacto directo en la práctica deportiva, los mecanismos más comunes son la rotación sin que haya habido contacto y la desaceleración o hiperextensión súbitas. Es importante en el momento de la consulta preguntar por episodios previos similares de menor o igual sintomatología que pudieron ser diagnosticados como “esguinces” de los cuales el paciente “ya se



había recuperado”. Otros pacientes pueden haber sido intervenidos quirúrgicamente por lesiones de los meniscos, y en dicho procedimiento pasó inadvertida la lesión del LCA, o el cirujano no consideró necesario reconstruirlo en ese momento. En el caso de la insuficiencia crónica del LCA la historia cambia: los pacientes informan episodios repetidos de que la rodilla “se les va” (giving way), o “se les dobla”, o “se les sale”. Los episodios de inestabilidad se relacionan con los saltos, los cambios de dirección y la desaceleración.

Para hacer un examen cabal el paciente debe estar en una posición cómoda. Se debe empezar evaluando la rodilla no traumatizada y supuestamente sana, lo cual ayuda a una buena relajación del paciente. El examen de la rodilla lesionada se debe iniciar con la observación del arco de movimiento activo realizado por el paciente sin intervención del examinador. Si se encuentran un derrame doloroso y la rodilla tensa se puede puncionar para aspirar la hemartrosis, bajo estrictas medidas de asepsia e introduciendo lidocaína en la articulación para atenuar el dolor; la sangre extraída se inspecciona para detectar gotas de grasa que pueden ser el indicio de una fractura osteocondral.

El hallazgo de hiperextensión de la rodilla traumatizada puede sugerir una ruptura del LCA con posible lesión del complejo ligamentoso posterolateral; si se encuentra bloqueo de la extensión completa se puede pensar en una lesión meniscal asociada. Se debe palpar en busca de sensibilidad en la patela y en el retináculo medial, porque puede ser un signo de luxación rotuliana. Los ligamentos colaterales interno y externo se palpan en todo su trayecto para averiguar si están lesionados. Un indicador de posible lesión del LCA es la detección de dolor en ambos lados de la rodilla, aunque también puede ser de origen capsular o meniscal. Las lesiones a ambos lados de la rodilla aumentan la probabilidad de que haya una lesión del LCA.



El examen se continúa evaluando la laxitud en varo y en valgo tanto en extensión como en 30º y 60º de flexión. Cuando se detecta una gran laxitud en valgo (ligamento colateral interno) con la rodilla en extensión completa, se debe sospechar la presencia de una lesión concomitante del LCA. En lo posible hay que hacer, además, las pruebas de evaluación de los meniscos (signo de McMurray, Apley). Hay dos pruebas clínicas de lesión del LCA que evalúan la traslación anterior de la tibia: el cajón anterior con la rodilla en 90º de flexión y el test de Lachman. Otra parte importante del examen clínico en los casos crónicos de lesión del LCA son las pruebas que demuestran laxitud rotatoria anterolateral como el Pivot Shift, el test de Losse, la prueba del cajón en flexión y rotación y el test de Slocum. Metaanálisis recientes concluyen que en caso de sospechar lesión del LCA el test de Lachman tiene el mejor valor predictivo negativo y el Pivot Shift, el mejor valor predictivo positivo.

EVALUACIONES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN ARTROMÉTRICA

Aunque el test de Lachman es la mejor prueba clínica para evaluar la integridad del LCA, la diferencia entre uno y otro lado en algunos individuos puede ser muy sutil y hacer equivocar al mejor clínico. Actualmente se usa el KT-1000 para medir la traslación tibial anterior. Durante el seguimiento posoperatorio o después del tratamiento conservador.

ESTUDIOS IMAGINOLÓGICOS

Radiografía simple

Se debe evaluar mediante radiografía simple cada rodilla en la que se sospeche una lesión del LCA. El examen radiológico de rutina de la rodilla debe incluir las siguientes proyecciones: anteroposterior (AP) con soporte de peso, lateral y de la articulación patelofemoral, descrita por Merchant en 45º de flexión. La cuarta proyección, que puede ser muy útil en casos crónicos, es la del surco o túnel. Las fracturas osteocondrales o avulsiones cerca de la inserción ligamentosa se



pueden ver en las radiografías simples. La fractura de Segond o signo capsular lateral, que se ve en el borde lateral de la tibia en proyección AP, es patognomónica de una lesión del LCA. Las fracturas por avulsión de la cabeza del peroné o del epicóndilo medial pueden indicar una lesión de los ligamentos colaterales.

En los casos de inestabilidad anterior crónica de la rodilla, los hallazgos radiológicos incluyen: osteofitos e hipertrofia de la eminencia intercondílea, formación de osteofitos de la faceta rotuliana inferior, disminución del espacio articular con osteofitos, estrechamiento del surco intercondíleo y formación de osteofitos posteriores en el platillo tibial.

En pacientes con inmadurez esquelética hay que hacer una evaluación radiológica cuidadosa debido a la frecuencia de avulsiones en este grupo etario. Se debe investigar además la presencia de fracturas fisiarias, especialmente de la tibia, que pueden ocurrir en deportistas jóvenes por un mecanismo similar al de la ruptura del LCA.

Resonancia magnética (RM)

Si se ha obtenido una historia sugestiva de insuficiencia del LCA y si el examen físico es compatible con este hallazgo, no se requiere ningún estudio imaginológico fuera de la radiografía simple. Raramente se necesita recurrir a la RM para el diagnóstico de una lesión del LCA, pero en algunos casos, como los de ruptura meniscal o contusión ósea, este examen puede dar información adicional. En diferentes estudios se encontraron los siguientes datos en pacientes con lesiones agudas del LCA: especificidad 98-100% y sensibilidad 94%. En las rupturas crónicas la sensibilidad baja al 80% pero la especificidad se mantiene: 93%; se concluyó que la cicatrización del muñón del LCA uniéndose al ligamento cruzado posterior puede dificultar la distinción entre las rupturas crónicas y el ligamento intacto. La sospecha de una ruptura del LCA observada en la RM solo se confirma con la artroscopia en el 70-90% de los casos.



LESIONES ASOCIADAS

Al atender a un paciente con afección del LCA se debe tener muy presente la posibilidad de que haya lesiones concomitantes. Para diagnosticarlas y tratarlas apropiadamente el médico debe tener un conocimiento cabal de la anatomía y la biomecánica de la rodilla.

Lesiones de los meniscos

Es bien sabido que las lesiones de los meniscos coexisten con las lesiones agudas y crónicas del LCA. Noyes estudió pacientes con hemartrosis aguda subdivididos según que tuvieran o no ruptura del LCA: en el 62% de los primeros y solo en el 25% de los segundos halló lesión meniscal parcial o completa. Otros investigadores han obtenido resultados similares: lesión meniscal en 65% de quienes tienen lesión del LCA frente a 15% de los que tienen intacto este ligamento. En varios estudios se han encontrado las siguientes frecuencias de lesión meniscal en pacientes con ruptura del LCA: 77%, 45% y 64%. La inestabilidad anterior crónica del LCA se asocia con una incidencia más alta de lesiones de los meniscos.

Indelicato y Bittar reportaron un 91% de incidencia de estas lesiones en pacientes con dicha inestabilidad. En una población de pacientes con inestabilidad anterior crónica sintomática del LCA, se reportó un 73% de rupturas meniscales después de 5,8 años, en promedio, de ocurrida la lesión del LCA.

Lesiones ligamentosas

La información disponible parece mostrar que en las lesiones agudas son más comunes las rupturas aisladas del LCA que las rupturas ligamentosas combinadas. Así, se han encontrado las siguientes frecuencias de lesiones ligamentosas agudas de la rodilla: 48% de rupturas aisladas del LCA; 29% de rupturas del ligamento colateral medial (LCM), 13-18% de lesiones combinadas del LCA y el



LCM, 1% de lesiones combinadas del LCA y las estructuras laterales y solo 4% de lesiones aisladas del LCP. Antes de iniciar el plan de tratamiento se debe hacer el diagnóstico de las lesiones ligamentosas asociadas.

La deficiencia crónica de la rodilla por lesión del LCA de más de seis meses de evolución puede estar asociada con un patrón complejo de laxitud ligamentosa. Puede ser que la lesión inicial no haya curado completamente dando origen a una laxitud patológica, o que una lesión inicial haya alterado la biomecánica de la rodilla causando un deterioro progresivo de los ligamentos, el hueso y la superficie cartilaginosa.

Es muy importante mirar la alineación de la extremidad inferior para detectar una deformidad primaria tibiofemoral en varo o una deformidad secundaria a una lesión cartilaginosa o después de menisectomía, ya que podría ser necesaria una osteotomía tibial para realineación, previa o concomitante a la reconstrucción del LCA.

Se ha descrito una situación conocida como “doble varo en rodillas” en la que hay alineación en varo de la extremidad debida a mala alineación ósea tibiofemoral y a una separación del compartimiento tibiofemoral lateral por deficiencia de los tejidos blandos laterales (ligamento colateral lateral y complejo capsular posterolateral), lo que produce una desviación lateral de la rodilla al apoyarla.

Las fuerzas tensiles crónicas excesivas en las estructuras ligamentosas posterolaterales, o las lesiones traumáticas pueden llevar a una posición de varo y recurvatum con hiperextensión de la rodilla. Esta condición ha sido denominada “triple varo” y se debe a tres factores:

- alineación ósea tibiofemoral en varo
- separación marcada del compartimiento tibiofemoral lateral y
- rotación tibial externa aumentada con hiperextensión y recurvatum



Todas estas lesiones complejas deben recibir tratamientos diferentes de acuerdo con las lesiones y deformidades asociadas.

Lesiones asociadas del cartílago articular

Luego del trauma agudo que produce la lesión del LCA se han reportado lesiones del cartílago articular en 6-22% de los casos, frecuencia que es aún mayor en los casos crónicos. Con la RM se han detectado contusiones óseas subcondrales en 48-90% de los pacientes con lesiones del LCA.

Fracturas osteocondrales

Se asocian raramente con la lesión del LCA y pueden ser fuente de fragmentos libres en la articulación.

Luxación patelar

Pese a su rareza (ocurre en menos del 1% de los pacientes con lesiones del LCA), es importante detectarla porque puede resultar en fracturas condrales y osteocondrales.

TRATAMIENTO

La decisión acerca del tratamiento que se va a hacer en un paciente con lesión del LCA depende de varios factores: grado de la lesión, presencia de lesiones asociadas, edad, nivel de actividad, ocupación, participación deportiva (expectativas del paciente), frecuencia y gravedad de los episodios de inestabilidad y compromiso con la rehabilitación posoperatoria.

Solo mediante la artroscopia se logra identificar las lesiones parciales del LCA y aun con este recurso es muy difícil graduar la magnitud del daño. La apariencia macroscópica de una ruptura parcial puede no representar acertadamente el grado real de las lesiones microscópicas e intrasustancial o de la pérdida funcional.



También la deformación plástica del ligamento lesionado o su cobertura por tejido sinovial pueden no ser evidentes al examen artroscópico y llevar a un error de evaluación. Noyes reportó que el porcentaje de ruptura del ligamento se puede usar para predecir cuáles pacientes con ruptura parcial podrán desarrollar una lesión completa; en su serie, los pacientes con ruptura parcial del ligamento (25% o menos) raramente progresaron a lesión completa; la mitad de los que tenían rupturas del 50% progresaron a insuficiencia del LCA y el 75% presentaron una nueva lesión.

El método de tratamiento de los pacientes con rupturas parciales del LCA depende del porcentaje de afectación y del grado de laxitud patológica. Si en el examen artroscópico, una ruptura parcial parece afectar menos de la mitad del ligamento y el test Pivot-Shift es negativo, se recomienda el tratamiento conservador; pero si el Pivot-Shift es fuertemente positivo o si la ruptura implica más del 50% del ligamento, se debe tratar al paciente como si tuviera una ruptura completa.

Los factores de riesgo más importantes para los pacientes con ruptura completa del LCA son la participación en actividades de alto riesgo y la inestabilidad recurrente.

En la mayoría de los casos, cuando están presentes estos factores de riesgo, no está indicado el tratamiento conservador. Los candidatos para el tratamiento quirúrgico con reconstrucción del ligamento son los siguientes: pacientes que experimentan inestabilidad en las actividades de la vida diaria; pacientes que desean seguir participando en actividades deportivas que dependen del LCA tales como el fútbol, baloncesto, voleibol; pacientes con lesiones reparables asociadas de los meniscos, aun siendo menos activos (la tasa de curación meniscal es más alta en rodillas a las que se les hacen simultáneamente la sutura meniscal y la reconstrucción del LCA); y pacientes con una ruptura ligamentosa asociada tal como la lesión de las estructuras posterolaterales. Todo paciente seleccionado para una reconstrucción quirúrgica del LCA debe estar comprometido con el programa extenso de rehabilitación para obtener un resultado exitoso.



Con respecto a la edad del paciente cabe hacer varias consideraciones: la historia natural del adolescente con una ruptura intrasustancial del LCA parece ser similar a la del adulto, y se ha observado que los jóvenes tienen mayor riesgo de sufrir síntomas incapacitantes cuando no se los trata quirúrgicamente. En los jóvenes, al igual que en los adultos, los episodios repetidos de inestabilidad (giving-way) pueden producir daño secundario del cartílago articular y de los meniscos, y predisponerlos a una artrosis temprana. En un estudio de 27 niños con lesión completa del LCA, documentada mediante artroscopia y tratada conservadoramente, se halló, en el seguimiento a 5 años, que 15 (55%) sufrían de episodios de dolor e inestabilidad; en otro estudio se evaluó a 12 adolescentes con ruptura del LCA y se comprobó por artroscopia que la mitad tenían una lesión meniscal.

Debido a la evolución desfavorable de los adolescentes con lesiones del LCA tratados conservadoramente, se ha recomendado para ellos el tratamiento quirúrgico, especialmente a partir de los 13 años, evaluando previamente su madurez esquelética y usando técnicas quirúrgicas que no violen la línea fisiaria de crecimiento, o a través de ella con una perforación central, que, como está demostrado, no altera el crecimiento. Los pacientes menores de 25 años generalmente son reacios a aceptar un estilo sedentario de vida y, por lo tanto, muy pocas veces se plantea para ellos el tratamiento conservador.

Para los pacientes entre 25 y 40 años sin demandas atléticas altas ni inestabilidad en las actividades de la vida diaria, sí se plantea dicho tratamiento. En los pacientes mayores de 40 años que no sean deportistas activos exigentes se puede intentar inicialmente el tratamiento conservador. La mayoría de los adultos con episodios de inestabilidad en las actividades de la vida diaria, lesiones recurrentes o molestias durante el trabajo son candidatos para el tratamiento quirúrgico.

Tratamiento conservador



El tratamiento conservador de los pacientes con insuficiencia del LCA incluye la modificación de las actividades, la rehabilitación y ocasionalmente la utilización de ortesis. Probablemente el factor más importante en el éxito del tratamiento conservador es el nivel de actividad del paciente. Este debe entender el riesgo de las actividades que le imponen demandas funcionales altas a la rodilla y estar dispuesto a modificar su estilo de vida y las actividades deportivas. Algunos metaanálisis y revisiones recientes concluyen que las evidencias para recomendar uno u otro programa de ejercicios para la rehabilitación de los pacientes con lesión del LCA son insuficientes. Los programas de rehabilitación para las rodillas con insuficiencia del LCA se deben diseñar para compensar el déficit de propiocepción y fuerza. La pérdida de propiocepción causada por una ruptura del LCA altera la respuesta neuromuscular a la traslación tibial anterior y afecta a la musculatura periarticular. En varios estudios se ha informado la disminución de la respuesta neuromuscular debida en parte a la pérdida de los impulsos neurales aferentes intraligamentosos. Se ha reportado que en los pacientes con insuficiencia crónica del LCA se encuentra una atrofia importante del cuádriceps (especialmente del vasto medial oblicuo), con menor atrofia de los flexores de la rodilla.

Los siguientes son los principios de tratamiento de las lesiones agudas del LCA:

- reducir al mínimo posible el edema y el dolor,
- restablecer el arco de movimiento,
- recuperar el control y la resistencia musculares,
- proteger la rodilla de una nueva lesión.

Se debe iniciar precozmente la recuperación del arco de movimiento, procurando no aumentar el dolor y el edema. La persistencia de estos últimos y la incapacidad para mejorar el arco de movimiento deben hacer sospechar una ruptura meniscal desplazada que amerita tratamiento quirúrgico. Para minimizar la atrofia muscular y la pérdida de fuerza se deben hacer ejercicios



isométricos tempranos del cuádriceps, los flexores de la rodilla y el músculo gastrosóleo; se debe tratar de lograr la extensión activa completa y la marcha normal en los primeros 7 a 10 días.

La fase inflamatoria se resuelve gradualmente en el curso de una a tres semanas. Una vez resuelta y cuando se ha logrado un arco de movimiento completo, se inicia un programa de rehabilitación más intensivo para mejorar la resistencia muscular. Se deben evitar los ejercicios que causen traslación tibial anterior, como los de cadena abierta del cuádriceps, para prevenir una carga excesiva sobre los restrictores secundarios y para evitar síntomas patelofemorales. Se inician los ejercicios de cadena cerrada para el cuádriceps y los flexores de la rodilla, tales como agacharse, utilizar peldaños, intentar sentarse presionando un balón entre muslos, bicicleta. Todos estos ejercicios minimizan la traslación tibial anterior y las cargas patelofemorales. Se deben fortalecer, y no hay restricción para ello, los músculos flexores de la rodilla, porque son un grupo estabilizador dinámico que evita el desplazamiento tibial anterior.

También se deben estimular los ejercicios para fortalecer los músculos de la cadera y la pierna (gastrosóleo) y los de resistencia tales como nadar y el trote en banda.

En las fases de fortalecimiento y de resistencia durante la rehabilitación se debe iniciar el desarrollo del control neuromuscular para aumentar la estabilidad dinámica.

Los pacientes deben aprender a reclutar músculos (especialmente los flexores de rodilla) con una fuerza apropiada, durante el tiempo adecuado y secuencialmente para estabilizar la rodilla. Esto se logra mediante esfuerzo y práctica conscientes para lograr la activación repetitiva de los flexores de la rodilla y la coactivación del cuádriceps, y evitar así el movimiento articular anormal. Una vez que la fuerza y la resistencia han alcanzado al menos el 70% de las del lado sano, se empiezan las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva; las actividades progresan de velocidad lenta, fuerza baja y movimientos controlados a movimientos súbitos no controlados, de fuerza y velocidad altas. Los pacientes progresan luego a movimientos de parar y arrancar, movimientos cortantes,



saltos, esquivar o driblar y giros. Si se desarrollan síntomas de inestabilidad, el paciente debe evitar esas actividades. Hay controversia sobre la utilidad de las órtesis funcionales de rodilla. Los estudios científicos demuestran que dan poca estabilidad mecánica a la articulación pero muchos pacientes las solicitan, porque parecen mejorar la confianza y aumentar “el sentir” la rodilla, lo cual ayuda a protegerla de una nueva lesión. El componente final y quizás más importante en el tratamiento no operatorio de los pacientes con lesión del LCA es determinar cuáles actividades causan inestabilidad, dolor y edema, y modificar en consecuencia el estilo de vida. Es controversial el retorno a los niveles previos de participación deportiva pero se ha documentado que en pacientes tratados conservadoramente es generalmente menor del 50% y se deteriora con el tiempo.

TRATAMIENTO QUIRÚRGICO DE LA LESIÓN

Se ha descrito una gran variedad de técnicas quirúrgicas para estabilizar la rodilla con insuficiencia del LCA. Se utilizan procedimientos extraarticulares, intraarticulares y la combinación de ambos. Los primeros tienen un papel limitado. La revisión de la literatura indica que los resultados son más favorables, predecibles y reproducibles con las reconstrucciones intraarticulares. La cirugía se lleva a cabo cuando el tejido esté blando y suave, el arco de movimiento sea normal, y se haya restaurado la coordinación neuromuscular en toda la extremidad. Algunos pacientes logran esto en una semana mientras que otros requieren de 6 a 8 semanas. Intervenir una rodilla rígida es asegurar que así seguirá en el posoperatorio; la historia natural de una rodilla rígida es peor que la de una rodilla con insuficiencia del LCA.

En los últimos 25 años la tendencia ha sido hacia técnicas quirúrgicas menos invasivas para la reconstrucción del LCA con el fin de disminuir el trauma al mecanismo extensor y la cicatrización y evitar la exposición del cartílago articular. Actualmente la mayoría de las reconstrucciones del LCA se hacen mediante la técnica artroscópica, cuyas ventajas incluyen las siguientes: mejoría estética,



menor alteración del mecanismo del cuádriceps, rehabilitación temprana y mantenimiento de la hidratación del cartílago articular. A pesar de estas ventajas, diferentes estudios han mostrado que los resultados, a los dos años del procedimiento, son similares entre el grupo de cirugía artroscópica y el de cirugía por miniincisión. Estos resultados similares se pueden deber al énfasis puesto recientemente en una rehabilitación intensiva después de la reconstrucción. El objetivo de esta tesis es determinar qué técnica es la que mejores resultados obtiene luego de un post-quirúrgico de al menos 12 meses.

Fu y Schulte (1996), recomendaron las siguientes indicaciones de tratamiento quirúrgico:

- deportista activo que desea continuar compitiendo,
- pacientes que presentan lesión del menisco asociado a lesión del LCA
- lesión completa asociada a lesión de otro ligamento
- pacientes que presentan gran inestabilidad en actividades de la vida cotidiana

Durante muchos años las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) se encontraron con la falta de un diagnóstico certero y seguro. Muchas lesiones pasaban desapercibidas o mostraban una evidente inestabilidad tiempo después de producirse, lo que complicaba todavía más la patología. Además, era difícil determinar y clasificar el tipo de lesión y tampoco se disponía de las técnicas adecuadas para repararlas. Prueba de ello fue la discusión establecida, en su momento, entre utilizar técnicas extra o intraarticulares, o la combinación de ambas. Razones biológicas explican la dificultad que tiene el LCA, un ligamento en forma de cordón y rodeado por sinovial, para cicatrizar y recuperar sus propiedades biomecánicas. En 1938, Palmer estableció que «una rotura total de un fascículo del ligamento cruzado anterior es incapaz de curar espontáneamente», lo cual se debe a la falta de vasos. Muy pronto se conoció que el LCA roto se atrofiaba con mucha rapidez. Arnoczky y col. demostraron que su vascularización era de proximal a distal, mientras que en el ligamento



cruzado posterior (LCP) el aporte vascular es de proximal a distal, e incluso llegan vasos a su porción media. Esto explica que al romperse el LCA en su inserción femoral se atrofia de inmediato, pues se corta el aporte vascular.

La experiencia clínica pronto avaló la ineficacia de las suturas y la única diferencia apreciable respecto al tratamiento conservador era la menor incidencia de signos de inestabilidad. Las técnicas de reparación directa solo se podían considerar con algunos tipos de rotura, pacientes con fisas abiertas o bajas demandas funcionales. En pacientes adultos, con altas exigencias, el tratamiento quirúrgico debería estar encaminado a la sustitución del LCA roto por un injerto que lo reemplazara tanto anatómica como biomecánicamente.

La discusión entre operar las roturas agudas de los ligamentos o tratarlas de forma conservadora se definió pronto. Jonash vio que las lesiones tratadas con medios conservadores tenían un 25% de malos resultados, un 50% de regulares y solo un 25% de buenos. Todavía en 1974, Burri y col. señalaron la conveniencia de acometer un tratamiento quirúrgico. Pero, por aquellos años, cirujanos de reconocido prestigio sostenían que el LCA no necesitaba ninguna reparación si el cartílago y los meniscos estaban intactos, fallando en su apreciación del LCA como primer estabilizador de la rodilla.

Inicialmente se utilizaron autoinjertos, aunque se intentaron los tratamientos con aloinjertos y plastias sintéticas. Esto estimuló la realización de estudios experimentales que demostraron que tanto la utilización de autoinjertos como de aloinjertos tendinosos en la reconstrucción del LCA se debilita durante los primeros meses después de la cirugía, aumentando su resistencia, pasado un tiempo, con la remodelación del tejido y la incorporación del injerto, obligando al reposo o a cargas mínimas de la rodilla intervenida durante el tiempo de recuperación. Se recomendaba la



rehabilitación para mejorar la movilidad articular. Desde los años 60, diferentes autores demostraron experimentalmente que la incorporación de un aloinjerto tendinoso sigue la misma secuencia que un autoinjerto pero a menor velocidad, aunque la aplicación clínica de los aloinjertos comenzó a finales de los años 80 y varios estudios demostraron que el mejor medio para reducir las propiedades antigénicas de los aloinjertos era su congelación profunda a -80°C , aunque también prodigaron los aloinjertos liofilizados.

Tampoco debe olvidarse el interés que despertó la utilización de nuevas prótesis sintéticas para la sustitución del LCA, aunque los resultados a corto plazo demostraron su fracaso y no se ha vuelto a intentar en los últimos años. Se utilizaron fibras de polietileno y poliéster de alto rendimiento, adecuados a la anatomía del LCA, por sus propiedades mecánicas. Se han publicado estudios con distintos materiales como nailon, ácido poliglicólico trenzado, polietileno Poliflex®, polipropileno (Kennedy-Lad®) y fibra de carbono. Sin embargo, los implantes sintéticos se deforman plásticamente y se elongan de forma permanente con la mitad de fuerza que el LCA. Todavía se está lejos de una nueva generación de ligamentos sintéticos que combinen las ventajas de los materiales sintéticos –alta resistencia, fácil fabricación y almacenamiento– con la de los injertos biológicos –biocompatibilidad y crecimiento tisular.

Reparaciones primarias y tipos de injerto

Al revisar la literatura se suscita una cuestión de interés: una vez aceptada la técnica intraarticular, qué injerto elegir. Actualmente, el tercio central del tendón rotuliano autólogo sigue siendo el injerto más utilizado para la reparación del LCA y el patrón con el que deben compararse los demás injertos. Efectivamente, este injerto fue el preferido por el 79,1% de los 249 cirujanos que participaron en una encuesta realizada en 2003 sobre el tratamiento de las lesiones del LCA. En un



estudio similar llevado a cabo por la Asociación Española de Artroscopia, el porcentaje de injertos rotulianos autólogos usados en ese país fue del 71%. Un grupo de cirujanos australianos de rodilla revelaron que utilizaban autoinjerto, de ligamento rotuliano o de la pata de ganso, en el 58% de los casos, según las circunstancias. El resto utilizaban o solo ligamento rotuliano o solo pata de ganso. Miembros del Grupo de Estudio del LCA presentaron otra perspectiva: el 73% eligieron ligamento rotuliano, el 23% pata de ganso y un 4% «otros» como los aloinjertos. Bach y col. señalan que su uso de aloinjertos ha aumentado: entre 1986 y 1996, la reconstrucción primaria con aloinjertos era del 2%, creció hasta el 14% entre 1996 y 2001, alcanzando el 36% entre 2002 y 2005. Los aloinjertos en la cirugía primaria del LCA están justificados cuando el paciente presenta problemas para la toma de injertos autólogos (tendinitis, secuelas de Osgood- Slatter, etc.), si se necesita acortar el periodo de baja laboral o por motivos estéticos. Sin embargo, estudios comparativos entre autoinjertos y aloinjertos no han demostrado diferencias entre ambos tipos, lo que ha llevado a algunos autores a utilizarlo de forma rutinaria.

Se han descrito métodos con injertos autólogos para reconstruir el LCA utilizando el tendón del músculo semitendinoso y también del recto interno, o ambos tendones de la pata de ganso, así como el tracto iliotibial y la fascia lata o el ligamento rotuliano. Son técnicas que generalmente ofrecen muy buenos resultados, pero no hay que olvidar que dañan una estructura no lesionada previamente.

Beynnon y col. realizaron un metaanálisis sobre trece trabajos prospectivos y aleatorizados donde compararon los injertos H-T-H con los de la pata de ganso, sin que los resultados puedan inclinar la balanza en uno u otro sentido. Solo destacaron el mayor dolor al arrodillarse en aquellos pacientes que recibieron un injerto de tendón rotuliano. No había diferencias en cuanto a la estabilidad ántero-posterior ni tampoco en la actividad. El dolor anterior de rodilla apareció en ambos grupos.



La utilización del tercio central del ligamento rotuliano se considera el tejido autólogo de elección para los deportistas por su resistencia, durabilidad y elasticidad. Este procedimiento tiene también sus inconvenientes por el compromiso del aparato extensor de la rodilla y se han descrito disminución del perímetro y restricciones de la movilidad. En una revisión bibliográfica de 40 trabajos, se recoge que las tres complicaciones más frecuentes de dicha técnica son la contractura en flexión, el dolor de la articulación fémoro-rotuliana y el debilitamiento del cuádriceps. Asimismo, se ha descrito una disminución significativa en la resistencia del músculo cuádriceps al año de la intervención, comparándolo con pacientes con los que se había utilizado otro tipo de plastia tendinosa. Otra complicación es el síndrome de contractura infrarrotuliana, que se presenta cuando el injerto no se coloca siguiendo los principios de la isometría. También se han señalado roturas del ligamento rotuliano y fracturas rotulianas después de utilizar el tercio central como injerto para la reconstrucción del LCA.

Además, se han señalado como complicaciones la rotura del ligamento rotuliano, la tendinitis, la calcificación intratendinosa y la contractura infrarrotuliana. Sin embargo, lo más frecuente es el dolor anterior de la rodilla, que se relaciona con una pérdida de la movilidad, falta de extensión completa y lesión del nervio infrarrotuliano por el propio abordaje. En otro metaanálisis, incluyendo once trabajos, las diferencias encontradas entre los dos tipos de injerto se limitaron a una mayor probabilidad de tener una rodilla con estabilidad normal usando el ligamento rotuliano a costa de un mayor índice de molestias al arrodillarse. Por otro lado, el sacrificio de los isquiotibiales, sinérgicos del LCA, para impedir la traslación anterior de la tibia no se puede considerar intrascendente, a pesar de que algunos autores demuestren una regeneración parcial, que conlleva la pérdida de fuerza flexora, lo que implica la necesidad de estimular esta capacidad en



forma constante en los isquiotibiales a fin de evitar grandes desbalances respecto a la musculatura extensora.

Reseña histórica sobre la elección del injerto

En 1950, Lindemann propuso la plastia del LCA tomada del m. recto interno, el cual, una vez desinsertado, lo pasaba por la escotadura para introducirlo a través de un túnel tibial, siendo suturado a su salida con el ligamento rotuliano. Posteriormente se mantenía inmovilizado con un yeso pelvi-pédico durante tres semanas y no iniciaba la carga hasta las cinco-seis semanas de la cirugía, siempre que la rodilla flexionara activamente de 30º a 40º. A las ocho semanas, la flexión y extensión debían ser completas o, al menos, llegar hasta los 90º. Por su parte, Ficat sistematizó esta técnica conservando el fundamento «dinámico» de la estabilización articular con la contracción muscular refleja ante las tensiones ejercidas por el tendón, fijando este sobre el LLI. Bousquet añadió una función «estática» al reintroducir distal al tendón en la articulación, fijándolo, tras realizar un túnel transóseo, en el cóndilo externo. En la línea de las reconstrucciones dinámicas, Augustine aportó su técnica. El tendón del músculo semitendinoso, después de liberarlo distalmente, se pasaba por la escotadura intercondílea y por un túnel tibial para fijarlo a su salida. Como en el caso de la técnica de Helfet, los resultados dependían de una buena rehabilitación.

Para obtener mejores resultados, O'Donoghue insistió en la importancia de reparar los ligamentos de la rodilla en las dos primeras semanas después de la lesión. En el caso de las lesiones crónicas con inestabilidad articular recomendaba la técnica de Hey-Groves y, a diferencia de Helfet y Augustine, pensaba que una reconstrucción dinámica con los tendones de los isquiotibiales no funcionaba.



En 1959, Lindstrom publicó el mayor estudio, con 34 casos, de reparación del LCA, utilizando el menisco que era suturado a través de perforaciones en el fémur y en la tibia. Walsh , en 1972, desechó esta técnica ante los malos resultados obtenidos.

Fue en los años '60 cuando Jones recomendó el injerto autólogo hueso-tendón-hueso (H-T-H) con el tercio central del ligamento rotuliano, aunque sería Clancy quien lo popularizó. El H-T-H pasó de emplear el tercio medial al injerto del tercio central. Inicialmente, Clancy lo combinaba con técnicas extraarticulares de refuerzo, hasta que O'Brien demostró que no eran necesarias. Sin embargo, la idea original había sido de Campbell, quien en 1936 propuso la utilización de tiras de la porción interna del ligamento rotuliano. En 1963, Clancy defendió la técnica propuesta por Jones pero extrayendo el tercio central del ligamento vascularizado, es decir, con el tejido adiposo subyacente para mejorar su integración. Brückner y Brückner, en 1966, utilizaban una porción del ligamento rotuliano, técnica que diez años después, en 1976, fue mejorada sustancialmente por Eriksson, quien se apoyó en una idea de Broström .

En 1968, Lam volvió a tomar el tercio interno del ligamento rotuliano, colocando la inserción tibial en una posición más anatómica, con un bloque de hueso y un tornillo interferencial. Además, giraba el injerto 360º para simular la morfología helicoidal del LCA. En 1970, en un intento de efectuar una sola incisión, Jones describió la utilización de un tornillo percutáneo para fijar el hueso rotuliano en el túnel femoral. Ese mismo año, Slocum y col. definieron la «inestabilidad rotatoria» de la rodilla como consecuencia de una lesión de las estructuras mediales y del LCA. Describieron una prueba para ayudar con el diagnóstico y desarrollaron su técnica con la transferencia de la pata de ganso para controlar la inestabilidad. Considerando que la rotación externa de la tibia era la causa principal de la sintomatología de la inestabilidad, pensaron que cambiando la acción de la pata de ganso, de flexora a rotadora interna, controlarían la inestabilidad.



Estos métodos quirúrgicos precisaban de una artrotomía, causando alteraciones de los elementos propioceptores de la cápsula articular hasta que Rosenberg y Rasmussen , en 1984, describieron su técnica endoscópica, hoy perfectamente establecida y utilizada en la mayoría de los centros, que disminuye las complicaciones propias de la técnica y el tiempo de recuperación .

En la década de los '70 Kennedy y Fowler demostraron que el LCA puede estar lesionado sin afectación de las estructuras capsulares internas. En los años siguientes, Galway y MacIntosh dieron a conocer el fenómeno del *pivot shift*, que Hughston y col. pronto incorporaron a su teoría de la inestabilidad rotacional, también denominada «inestabilidad rotacional ántero-externa», atribuyendo el fenómeno a la rotura de la cápsula externa que se ve aumentada con la lesión del LCA. MacIntosh describió la prueba del *pivot shift*, modificada posteriormente por otros autores , como patognómico de la rodilla con insuficiencia por rotura del LCA. Por su parte, Torg y col. describieron la prueba de Lachman y demostraron su superioridad biomecánica frente a la prueba del cajón anterior. Muchos cirujanos tenían claro que la rotura del LCA producía una inestabilidad articular, pero las técnicas disponibles ofrecían garantías suficientes para solucionarlo. No es de extrañar que comenzaran a publicarse trabajos experimentales preocupados por resolver un problema, la rotura del LCA, cada vez más frecuente y que afectaba a una población joven y activa. Por ello, proliferaron las técnicas para reparar la inestabilidad rotacional con procedimientos para prevenir la subluxación de la tibia y mantener la rodilla en una posición reducida de rotación interna, con la transferencia de la pata de ganso, la retracción capsular y el avance del LLI a una posición más proximal y posterior.

McIntosh, en el Toronto General Hospital, describió una reconstrucción intraarticular utilizando una banda de la cintilla iliotibial, conocida como técnica McIntosh 1, que Andrews modificó añadiendo su concepto de isometría y ganando así gran popularidad. La isometría pretendía



mantener el injerto a la misma tensión en flexión y en extensión de la rodilla. Los resultados fueron inicialmente espectaculares, si bien se deterioraban con el tiempo. Todos los esfuerzos se encaminaron a corregir la inestabilidad residual de la rodilla y así, McMaster y col. utilizaron el tendón del músculo recto interno, Cho y col. y Lipscomb y col. publicaron sus técnicas con el tendón del músculo semitendinoso, como ya había hecho Macey en 1939, mientras que Horne y Parsons modificaron el procedimiento con un injerto a través de la cápsula posterior y *over the top* del cóndilo femoral lateral, una ruta más anatómica descrita inicialmente por MacIntosh.

En esta época, en la que todavía no se había abandonado la sutura primaria del LCA roto, Feagin sorprendió con sus prometedores resultados de la sutura del LCA roto en cadetes de la Academia Militar de West Point, presentados en un congreso de la AAOS. Simultáneamente, McIntosh y col. describieron sus buenos resultados de la reparación primaria suturando el ligamento roto por detrás del cóndilo femoral externo, con una técnica que definieron como *over the top* y que, modificada por Marshall, se convirtió en el tratamiento de elección. Pero el propio Marshall la abandonó, pasando a efectuar reconstrucciones con fascia lata. En 1979, siete años después de su presentación, Feagin admitió que la valoración de los cadetes operados demostraba una inestabilidad recurrente de su rodilla y un deterioro progresivo en su función.

Basado en los trabajos previos de Ellison, Insall utilizó una banda de la cintilla iliotibial intraarticular, fijándola en la cara anterior de la tibia. McIntosh cambió su técnica, pasando el injerto intrarticular con un túnel tibial, que fue conocida como McIntosh 2 y la siguió modificando mediante el empleo del injerto de tendón cuadriceps. El extremo proximal pasaba por la escotadura y lo aseguraba en la cara externa del fémur, conocido como *quadriceps patellar tendon over the top* o McIntosh 3. No era una técnica isométrica y la propia delgadez del injerto provocaba fallos al cabo del tiempo. Para evitarlo, aumentó su grosor con una cinta de tendón cuadriceps



(técnica de Marshall-McIntosh) y también con material sintético. Curiosamente, a pesar de la importancia de las técnicas de MacIntosh, en el General Hospital de Toronto (Canadá) son muy pocos los trabajos originales disponibles de su autor.

La cinta iliotibial se hizo más popular para corregir las inestabilidades ántero-laterales o combinadas. En esa época se describieron técnicas que utilizaban esta cinta. Losee y col. liberaban la cintilla proximalmente, pasando por un túnel extracapsular, por debajo del músculo gemelo externo, a través del cóndilo femoral lateral, de delante atrás, y después, de nuevo, hacia delante, por debajo del ligamento lateral externo, hasta llegar al tubérculo de Gerdy. Tanto MacIntosh como Losee desinsertaban la cinta proximal, pero Ellison describió una reconstrucción «dinámica» desinsertando la cinta distal, rotando el injerto por debajo del LLE, considerando que la tensión provocada por el tensor de la fascia lata estabiliza el compartimento externo de la rodilla. Con esto pretendía controlar la subluxación anterior del platillo tibial externo en la extensión por ausencia del LCA. Sin embargo, los resultados obtenidos por Kennedy demostraron que una gran mayoría de las rodillas operadas no obtenían buenos resultados

Unverferth y Bagenstose combinaron la técnica de Ellison con una cápsulorrafia antero-medial, una transferencia de la pata de ganso y un avance parcial del músculo bíceps femoral. Youmans, además, combinó una reconstrucción extraarticular medial y lateral. Andrews desarrolló su técnica, que se divulgó fácilmente. Reconoció la importancia de la isometría y pensaba en una reconstrucción funcional, tanto en flexión como en extensión. Hacía dos tiras con la cinta iliotibial y las aseguraba, extraarticularmente, en el cóndilo femoral externo. Este procedimiento reducía el *pivot-shift* inicialmente pero no actuaba funcionalmente y, además, perdía consistencia con el tiempo.



Siguiendo en esta línea, Nicholas y Minkoff reorientaron la cintilla iliotibial desinsertada distalmente con un bloque óseo a través de la cápsula posterior y de la articulación a la porción antero-interna de la tibia, por delante de la espina tibial. La técnica, llamada del «cinco en uno» para corregir la inestabilidad rotacional ántero-medial, incluía una meniscectomía total interna, avance posterior e interno de la inserción del LLI, avance distal y anterior de la cápsula pósteromedial, adelantamiento de la parte posterior del músculo vasto medial y transferencia de la pata de ganso. Como se puede ver, al igual que Hughston, consideraron que el ángulo pósteromedial era la llave para obtener buenos resultados. Pasado el tiempo, estas técnicas tampoco obtuvieron los resultados esperados. Ellison y col. modificaron su técnica asociando un adelantamiento del músculo bíceps femoral para dar mayor estabilidad.

En pacientes activos y, sobre todo, en deportistas de alta competición se recomendaba una técnica extraarticular combinada con otra intraarticular. Según Marín y col. desaparecía el pivotshift aunque persistía un cajón neutro o rotatorio externo con la rodilla a 90° de flexión. Bray y col. revisaron con más de seis años de seguimiento la evolución de 47 pacientes, 18 de ellos operados según la técnica de MacIntosh y los 29 restantes asociando una reparación intraarticular del LCA con una plastia sintética de Dracon®. No vieron diferencias entre ambos grupos: un 44% de los pacientes del grupo extraarticular y un 55% de las dos técnicas asociadas se mostraron satisfechos con el resultado, aunque el grupo con la plastia sintética presentó mayor número de complicaciones. Sin embargo, ambos grupos presentaron un deterioro progresivo a partir de los tres años de la cirugía.

Como se ha señalado, el ligamento rotuliano ya había sido utilizado, pero fue en esta época cuando se popularizó su uso, tomando la porción interna para pasarla por los túneles tibiales y femorales. En 1979, Marshall y col. enrollaron la porción central del ligamento rotuliano con la fascia



prerrotuliana y una tira central del tendón del músculo cuádriceps como un injerto largo que pasaba por un túnel tibial y era llevado, cruzando la articulación, hacia el cóndilo femoral pósterolateral *over the top* por un surco preparado previamente.

Woods y col. tomaban también una porción de hueso rotuliano para conseguir un contacto hueso-hueso en el túnel femoral y después obtenían la longitud suficiente para fijarlo en la región supracondílea femoral lateral mediante un hilo guía, aunque fue Franke el primero en describir un trasplante libre de una porción de ligamento rotuliano con hueso, tanto de la rótula como de la tibia. Eriksson y Alm , como Palmer previamente, utilizaron una guía para conseguir un anclaje anatómico. En esta década proliferaron nuevos trabajos experimentales y conceptuales sobre el LCA y su reparación. En 1974, Noyes y col. analizaron en una máquina de ensayos universal la resistencia del LCA en primates (*Macaca mulatta*), un trabajo pionero que sirvió de referencia durante muchos años. Vieron que el complejo H-T-H fallaba con altas cargas y con una elongación importante del ligamento. Además, señalaron que la rotura se producía por una avulsión tibial cuando el ensayo se hacía a baja velocidad y por disrupción del ligamento cuando la velocidad era alta.

Kennedy y col. recomendaron la reparación ante una lesión de LCA aguda con un arrancamiento femoral o tibial. Pero cuando la rotura estaba en la porción media del ligamento los extremos se debían resecar. Si la lesión del LCA se asocia con daños capsulares y de los ligamentos colaterales, consideraba la rotura del LCA como secundaria. Además, cuando en una artrotomía aparecía una inestabilidad rotatoria externa asociada a una rotura del LCA, recomendaban una transposición de los tendones de la pata de ganso, pero con cuidado, pues la transposición podría agravarla.



Por su parte, Hughston y col. propusieron una clasificación de las inestabilidades de los ligamentos de la rodilla correlacionando con la clínica. Afirmaron que el test del cajón anterior no es patognómico de rotura del LCA y es más consistente con una rotura del ligamento menisco-tibial y menos con lesiones del ligamento menisco-femoral. Además, el cajón anterior aumentaba al asociarse la rotura del LCA con una lesión del ligamento oblicuo posterior. El cajón anterior positivo como prueba clara de rotura del LCA estaba asumido desde 1938 con la publicación de Palmer , aunque no faltaron ciertas reticencias con esta prueba. Sin embargo, Hughston y col. escribieron que en «200 artrotomías observando un LCA normal no vimos ni un solo LCA tenso a 90º de flexión con el pie apoyado sobre la mesa de operaciones». Concluyeron así: «según nuestras observaciones clínicas, anatómicas y quirúrgicas del LCA, nuestra impresión es que la función más importante del LCA es la prevención de la hiperextensión o el recurvatum. También podría actuar con una guía en el mecanismo de rotación durante la extensión de la rodilla. No es de extrañar que a partir de las experiencias anteriores el tratamiento de la rotura del LCA se enfocase para resolver la inestabilidad anterior y no tanto los daños estructurales. Se describió la prueba de Lachman y Noyes y col. definieron el LCA como un estabilizador primario de la subluxación anterior de la tibia, haciendo que todos los cirujanos buscasen modelos de reconstrucción cada vez más anatómicos. Todavía en 1985, Bonnel y col. recomendaban como cirugías más apropiadas la cuadricepsplastia tipo McIntosh, la plastia con refuerzo prostésico de Dacron o el trasplante libre vascularizado tipo Clancy.

Noyes y col. habían demostrado la eficacia mecánica del tercio central del ligamento rotuliano como plastia y constataron que una porción de 14-15 mm de ancha era 1,5 veces más resistente que el LCA normal; además, como había demostrado experimentalmente Clancy , se producía una revascularización del injerto y, por entonces, la artroscopia diagnóstica había permitido ver, en



second looks, que la sinovial recubría a la plastia. Por si faltase poco, la integración ósea de los tacos del injerto H-T-H permitía una integración rápida que evitaba los aflojamientos con el tiempo. Sin lugar a dudas, era el injerto ideal.

Paterson y Trickey modificaron la técnica obteniendo el tercio central del ligamento rotuliano libre, lo pasaban por un túnel tibial y lo fijaban *over the top* en el cóndilo femoral externo, evitando perforar el fémur.

Es importante reseñar que a principios de los años 80 aparecieron las primeras evaluaciones de las cirugías utilizando escalas de valoración con parámetros objetivos y subjetivos, que permitieron revisar los resultados con un criterio más homogéneo.

A finales de los años 80 comienza a ponerse en tela de juicio la idoneidad del tercio central del ligamento rotuliano como injerto ideal; se confundieron aspectos técnicos y subjetivos. Sin embargo, esto contribuyó a la mayor utilización de los tendones de la pata de ganso. Burks y col. consideraron que el tercio central del ligamento rotuliano como autoinjerto para la reconstrucción del LCA producía alteraciones de las propiedades mecánicas del ligamento rotuliano restante. También se señaló que no estaba indicado en pacientes que requerían trabajos en flexión. La toma de injerto del ligamento rotuliano puede molestar, especialmente en la zona de la tuberosidad anterior de la tibia, ya sea por el daño de las ramas infrarrotulianas del nervio safeno, de los ramos periósticos en la zona de toma de injerto o por la formación de un neuroma.

Sin embargo, con la experiencia adquirida hasta ese momento, en la Universidad de Pittsburgh, entre 1985 y 1991, dos cirujanos efectuaron 506 reconstrucciones de LCA, con 324 autoinjertos y 45 aloinjertos, utilizando el injerto H-T-H en el 90% de los casos. Pero Cosgarea y col. en 191



reconstrucciones del LCA utilizando injerto autólogo de la parte central del ligamento rotuliano, demostraron un 12% de artrofibrosis que requirieron cirugías posteriores con resultados poco satisfactorios. La cirugía reparadora precisaba de una buena técnica de desbridamiento artroscópico y, en algunos casos, con artrotomías anteriores y posteriores. La artrofibrosis fue una de las complicaciones que más preocupó de la reconstrucción del LCA, con consecuencias directas sobre la evolución y resultados del tratamiento. Una pérdida de la movilidad articular causa mayores problemas e incapacidad que la inestabilidad inicial de la rodilla. A principios de los años 90, la incidencia de este tipo de complicación se estableció en el 4% en tres series con rotura única del LCA, pero aumentaba al 23% en pacientes con rotura del LCA combinada con rotura del LLI o al 35% en un grupo de pacientes con rotura aguda y reparación inmediata.

En su publicación de 1988, Bray y col. plantean cuatro aspectos a considerar en la cirugía del LCA. El primero seguía siendo la indicación de la técnica intra o extraarticular y señala el curioso comentario de Helfet, para quien «las técnicas intraarticulares no tienen una indicación especial o principal». El segundo es el tiempo de evolución en los estudios. Critican aquellos trabajos que no tienen, al menos, un seguimiento de cinco años como recomendaba Noyes. El tercer aspecto era la falta de correlación entre los signos clínicos, la prueba del cajón anterior y un Lachman positivo, con los resultados funcionales. Al respecto, McDaniel y Dameron vieron que el 72% de los pacientes con una inestabilidad anterior de la rodilla demostrable tenían un buen resultado clínico diez años después de la intervención. Por último, aunque era conocida la asociación de la rotura del LCA con otras estructuras articulares, se ignoraba cómo repercutía en la evolución de la reparación.

Otro aspecto que se planteó por aquellos años era conocer la tensión adecuada del injerto al mismo tiempo que se fijaba. Normalmente, cuando se fija el injerto H-T-H en el túnel femoral se aplica tensión en sentido distal, fijándolo posteriormente en la tibia. El grado de flexión articular y la



cantidad de tensión aplicada sobre el injerto son aspectos que se efectúan de forma empírica. Si el injerto se queda «muy suelto», no desaparecerá la laxitud articular anormal en sentido antero-posterior. Conseguir esta estabilidad y eliminar el *pivot shift* son los indicadores de un buen resultado quirúrgico. Si, por el contrario, el injerto queda «muy tenso», se producirán alteraciones en el movimiento articular y la revascularización se verá afectada. Una idea estaba clara: la fijación correcta e isométrica del injerto era el factor técnico más importante para obtener buenos resultados. Además, como también señalaron Hamada y col., la colocación de un injerto H-T-H exigía una perfecta adaptación entre el grosor del túnel y el del hueso para evitar zonas sin contacto entre las estructuras. Todos estos aspectos contribuían no solo a la integración de la plastia, sino también al proceso de transformación de un tendón en un ligamento, lo que se dio en llamar «ligamentización».

Hoy, años después, se dispone de más conocimientos, de mayor experiencia y, sobre todo, de un desarrollo técnico que ha permitido efectuar la cirugía articular de la rodilla por vía artroscópica. Se han unificado criterios y prácticamente las cirugías de la reparación del LCA se pueden dividir, por el tipo de injerto, en autólogos o aloinjertos. Dentro de los autoinjertos existen los que utilizan H-T-H o tendones de la pata de ganso, aunque una gran mayoría se inclina por la técnica monofascicular y otro grupo, menos numeroso, defiende la técnica bifascicular. Pero los cirujanos admiten que quedan muchos aspectos por conocer y demostrar, como son el tiempo necesario para una buena integración de la plastia, la tensión más adecuada, el grosor tanto del túnel como de la plastia, las posiciones e inclinaciones óptimas para cada paciente y, sobre todo, poder distinguir entre los pacientes candidatos a cirugía y aquellos que podrían vivir en su actividad diaria con un LCA roto compensado con las estructuras músculo-tendinosas restantes. Sea como fuere, poco a poco se irán aclarando estos y otros aspectos, pero no se puede olvidar que una técnica quirúrgica hoy tan



frecuente y «sencilla» ha tenido una historia apasionante de ideas y comprobaciones, de ilusiones y decepciones, de suposiciones y evaluaciones que conviene conocer y permanentemente recordar.

Elección de Plastia de LCA

La elección de la plastia en la sustitución del ligamento cruzado anterior de la rodilla

El tratamiento quirúrgico de la inestabilidad de rodilla como consecuencia de la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA), consiste normalmente en la sustitución del ligamento lesionado mediante una plastia de sustitución.

Según su origen de clasifica en:

- **Plastia Autóloga:** proveniente del propio paciente.
- **Aloplastia o Aloinjerto:** proveniente de otra persona, normalmente un donante.
- **Plastia heteróloga:** proveniente de animales.
- **Plastia artificial:** de origen sintético.

Todas ellas tienen ventajas e inconvenientes. Pero ¿Cuál es la plastia ideal?

Para McGinty y Jackson la plastia ideal tiene estas características:

- 1- **Tensión** suficiente y duradera en el tiempo.
- 2- **Fijación** simple y segura.
- 3- Disponible en diferentes **tamaños**.
- 4- Que no provoque alteraciones **inmunológicas**.



5- **Estéril**. Sin potencial de transmisión infecciosa.

6- La **extracción** de la plastia no debe aumentar la morbilidad del procedimiento.

Plastias Autólogas

Las plastias autólogas son en general las más aceptadas por su excelente biocompatibilidad, la disponibilidad inmediata durante la técnica quirúrgica y su precio sin competencia. Además no puede transmitir enfermedades. Sin embargo existen ciertos riesgos durante la extracción del injerto y pueden producir, al menos potencialmente, daño o debilidad en el tendón usado.

Las plastias autólogas más usadas en la actualidad son:

- La obtenida del **tercio central del tendón rotuliano** con sus correspondientes fragmentos óseos de polo inferior de rótula y tuberosidad tibial. Es lo que se denomina plastia del tipo **hueso-tendón-hueso(HTH)**.
- La obtenida de los **tendones de la pata de ganso**, concretamente de dos de sus componentes: los tendones del semitendinoso y recto interno doblados sobre sí mismo. Todo el conjunto conforma una plastia muy consistente que viene en llamarse **plastia en 4 bandas**, debido a la disposición de los 4 segmentos de tendón obtenidos.
- La obtenida de la **Fascia Lata**: poco usado en la actualidad como plastia intrarticular. Se usa en ocasiones como refuerzo extraarticular.

Los **inconvenientes de la extracción del HTH** son:

1-Rotura del tendón.

2- Síndrome infrapatelar.



3- Tendinitis del rotuliano.

4- Condropatía de rotula.

Los inconvenientes de la extracción de los tendones de la pata de ganso:

1- Lesión del Nervio Sartorio.

2- Rotura del tendón.

3- Alteraciones en la función de la pata de ganso

Evolución histológica de las plastias autólogas en el organismo.

Los diferentes estudios muestran que las fibras colágenas del tendón tienen una orientación ligeramente distinta de la de los ligamentos aunque ambas plastias (HTH y STRI) son suficientemente resistentes para sustituir al LCA. Pocos o ningún fibroblasto sobreviven al trasplante, de forma que la plastia autóloga, según los estudios de Schaefer y Jackson llega a su nuevo emplazamiento como estructura casi sin células vivas. Los mismos autores confirmaron una rápida invasión celular y vascular en las 4 a 8 semanas siguientes.

Falconiero en 1998, realizó un importante estudio al biopsiar 48 pacientes operados mediante una plastia autóloga de HTH (35 casos) y STRI (13 casos). Las biopsias se prolongaron en los diferentes grupos entre 3 y 120 meses tras la cirugía. De estos estudios y de los realizados también en 1998 por Scranton puede deducirse que rápidamente se inicia la fijación de la plastia al hueso, de forma que a las 6 semanas existe la evidencia de resistentes fibras de Sharpey uniendo la plastia al túnel óseo. La vascularización de la plastia se completa hacia el sexto mes y pueden observarse fibras nerviosas al 6º mes. La plastia está prácticamente formada al 6º mes aunque sigue madurando hasta el año pareciéndose cada vez más a un LCA normal.



Todos estos estudios indican:

- Hasta la 6ª semana la plastia es muy vulnerable no debiendo ser forzada en esta época.
- A las 12 semanas la plastia tiene una vascularización y celularidad prácticamente normal.
- A los seis meses la plastia tiene terminaciones nerviosas, siendo a partir de esta época poco o nada vulnerable.
- A partir de los 12 meses la plastia no sigue madurando.

Todas estas consideraciones tienen como es lógico un papel fundamental a la hora de la planificación de las actividades de rehabilitación.

Aloinjertos o Aoplastias

Como ya se ha dicho son plastias provenientes de un donante y conservados mediante congelación (plastias crioconservadas) o desecación (plastias liofilizadas). La aparición de más bancos de tejidos y en estrecha conexión con la política de trasplantes las ha puesto al alcance de casi todos los cirujanos aunque no siempre están disponibles.

Los tipos más frecuentes son:

- HTH de tendón rotuliano.
- HT de tendón cuadriceps.
- HT de tendón de Aquiles.
- Tibial posterior.
- Otros: tendones flexores, pata de ganso....



Los **problemas** ligados a los aloinjertos son básicamente dos: la potencialidad de alteración inmunológica al comportarse como un antígeno y el riesgo potencial de transmisión de enfermedades infecciosas. Sin embargo numerosos autores y en especial McGinty han señalado que de forma sorprendente tienen el mismo potencial de revascularización que las plastia autólogas.

La **imprescindible conservación** de los aloinjertos tiene problemas especiales. Por un lado su conservación con cualquier método da tiempo para estudiar al donante. En general la criopreservación tiene más ventajas biológicas al disminuir los problemas antigénicos de la plastia y alterar menos las propiedades de la misma. Sin embargo tiene algunos problemas prácticos al ser más difíciles de transportar y almacenar. Los liofilizados se mantienen a temperatura ambiente siendo necesario rehidratarlos durante las horas previas a la cirugía.

La **esterilización de los aloinjertos no es posible**. Por un lado se ha intentado su esterilización en óxido de etileno. Su utilización ha originado quistes óseos en el receptor, derrames e incluso la disolución de la plastia. La esterilización mediante radiación altera profundamente la estructura de la plastia además de no descartar completamente la transmisión del virus VIH. El estudio completo del donante y los cultivos de la plastia han minimizado los riesgos de transmisión y la literatura muestra en la actualidad casuísticas de muchos miles de casos transmisión infecciosa casi nula.

Estudio comparativo aloinjerto vs. plastia autóloga

Los estudios comparativos no son fáciles de realizar y más aún sacar conclusiones precisas. Shelton estudió en 1997 un grupo de 60 pacientes (30 aloinjertos y 30 autoinjertos), intervenidos por el mismo cirujano que utilizó en todos los casos las mismas indicaciones, la misma técnica y el mismo método de fijación. Tras dos años de valoración llegó a las siguientes conclusiones:



- Derrame y dolor: sin diferencias significativas.
- Test de Lachman medido mediante KT1000: sin diferencias significativas.
- Alteraciones fémoro rotulianas: sin diferencias significativas.
- Resalte en rotación interna (Pivot-Shift): 13% mayor en los aloinjertos en los Pívor-Shift tipo I o Pívor abortado. La diferencia fue valorada estadísticamente y fue considerada no significativa.

Al hacer un resumen de las diferencias entre ambos, se encuentra que:

- 1-El potencial de revascularización es similar.
- 2-Los resultados clínicos son similares.
- 3-Hay mayores problemas de extracción en los autólogos.
- 4-Existen problemas de inmunidad en los aloinjertos.
- 6-Mayor transmisión de enfermedades en los aloinjertos.
- 7-Problemas estéticos: autólogos.

Cabría decir que no existen razones consistentes para proscribir ninguno de los dos debiendo decidir el cirujano la plastia más adecuada en función del caso, su experiencia personal, la situación económica y la disponibilidad de injertos en los bancos de tejidos.

Plastias Heterólogas

Aunque en el pasado se utilizaron ocasionalmente ligamentos provenientes de animales (vacuno etc.), la escasez de la casuística, los nefastos resultados obtenidos y la aparición de los aloinjertos han hecho que en la actualidad su utilización sea casi nula.



Plastias artificiales

Existen básicamente tres tipos de plastias artificiales:

1. **Prótesis** : carecen de la posibilidad de transformarse en un tejido vivo al no ser ocupadas sus fibras por tejido celular. El Goretex, el Dacron son buenos ejemplos de este tipo de plastias.
2. **Biológicas**: con posibilidad de transformarse en tejido fibroso mediante colagenización de la plastia.
3. **Mixtas**: mediante la utilización de plastias autólogas apoyadas sobre tejido artificial que mejore sus prestaciones.

En general las plastias artificiales han caído prácticamente en desuso debido por un lado a algunas reacciones indeseables a las mismas así como su elevado precio. Tras hacerse muy populares entre 1985 y 1995 quedan en la actualidad pocos cirujanos que lo utilizan. Sin embargo el desarrollo de nuevos materiales quizás consiga dar en los próximos años con un tejido artificial de características biológicas y mecánicas capaces de mejorar las técnicas actuales.

Consideraciones de la cicatrización de la plastia

Toda plastia implantada sigue el siguiente proceso de maduración: necrosis avascular, revascularización, proliferación celular y remodelado. Estos estadios pueden no tener un desarrollo escalonado y varios concurrir al mismo tiempo. La revascularización parece que alcanza su máximo hacia los 6 meses del implante. Esto nos sugiere que exigir mucho a la plastia entre el 4^º-6^º mes



pueden conllevar un riesgo de estiramiento y ruptura de la plastia. Estos aspectos, extrapolados de estudios con animales, pueden tener una distinta evolución en humanos. Un estudio muy interesante de Rougraff (1993) sugiere la revascularización desde la 3ª semana, el remodelado entre 2 y 10 meses, hablan de una mejor predisposición de la plastia hueso-tendón-hueso para la rehabilitación acelerada, y unos 3 años para que la plastia sea histológicamente como un ligamento. Un trabajo más reciente apunta sobre la posibilidad de que a los 6 meses, las plastias se comporten tanto a nivel de vascularización como de tejido colágeno igual que el ligamento normal. Esto último parece estar favorecido por una rápida participación en la actividad física que estimularía un incremento del metabolismo que aumentaría la síntesis de colágeno y el aumento de fuerza y tamaño de la plastia.

Estabilidad de la Plastia

Estudios biomecánicos e histológicos sugieren que la ligamentización de la plastia se inicia hacia las 24 semanas y tardaría unos 3 años en completarse. Valoraciones objetivas de laxitud anterior de la tibia comparando rehabilitaciones aceleradas con normales, muestran diferencias que no son significativas. Shelburne y Gray (1997) no observan diferencias en su estadística de fracasos de plastias comparando ambos programas (2,6% en rehabilitación acelerada y 4,4% en normal). Una reciente revisión de Graham y Parker (2002) no observa diferencias en la evolución postquirúrgica entre las 2 opciones de plastia mencionadas anteriormente. Estos autores sugieren que la estabilidad de la rodilla y la buena evolución clínica, durante la recuperación, no dependen del tipo de plastia utilizada. Aspectos como el correcto posicionamiento anatómico del injerto, una buena fijación del mismo, la existencia de lesiones ligamentarias y meniscales asociadas y un programa de rehabilitación estructurado, serían los verdaderamente responsables de la evolución clínica y de la estabilidad de la rodilla.



REHABILITACIÓN DE LCA

En términos generales, el LCA es un estabilizador antero-posterior, evitando el traslado y el deslizamiento de la tibia sobre el fémur durante la flexión y la extensión normales. Realiza su función en conjunto con el ligamento cruzado posterior. La configuración retorcida de sus fibras y la forma de los cóndilos femorales permiten el mecanismo de atornillado a fondo de la rodilla durante los últimos 20° de extensión cuando la tibia rota en sentido externo sobre el fémur.

El ligamento está en un cierto grado de tensión en todas las posiciones de movimiento de rodilla, aunque entre los 30 y 90° de flexión la tensión es menor.

El plan ideal de tratamiento rehabilitador intenta recuperar lo más precozmente posible la funcionalidad perdida; se trata de deportistas en muchos casos profesionales, buscando de inmediato un balance articular correcto y siguiendo a continuación con una terapia física destinada a potenciar la musculatura, recuperar la propiocepción y conseguir en el individuo intervenido una correcta readaptación al entrenamiento.

Las técnicas de cirugía artroscópica, aplicadas en principio a la rodilla y luego extendidas a las intervenciones de cualquier otra articulación, han sido motivo de polémica, base para agrias discusiones en foros profesionales y congresos entre los partidarios de las técnicas convencionales por cirugía abierta y los "modernos" artroscopistas. Parece sin embargo que todos estos procesos de debate sufren un proceso parecido de aceptación primero, de consolidación después y, por fin, de establecimiento de unas indicaciones que todo el mundo acepta y que se estandarizan internacionalmente. Así ha ocurrido con las plastias de rodilla, y más específicamente con destinada a corregir la rotura del ligamento cruzado anterior.



Ya no se discute que deben ser operadas mediante artroscopia pero en el camino se ha ido rectificando el rumbo para corregir algunos errores. Por ejemplo, ahora ya no se utilizan plastias artificiales y, en cambio, se recurre cada vez más a los aloinjertos. Los criterios para la decisión quirúrgica en la rotura del ligamento cruzado anterior fueron extensamente debatidos en páginas anteriores. Ahora se hará hincapié en los protocolos de rehabilitación.

Los criterios de actuación son muy similares independientemente del tipo de plastia utilizada para la reparación del ligamento cruzado anterior, pero se menciona la diferencia de opiniones entre los expertos que se han preocupado de publicar conclusiones tras el estudio de resultados entre sus pacientes. Se hace referencia a la posible diferencia entre plastias obtenidas de tendones de la pata de ganso y plastias del tipo "hueso-tendón-hueso" obtenidas de tendón rotuliano. Algunos de los aspectos negativos de la elección de cualquiera de las dos se pueden obviar con la colocación de un aloinjerto, como el liofilizado de cadáver de un rotuliano con pastilla ósea de rótula y tibia. Como no se utilizan tendones del propio paciente, se eliminan los efectos de sangrado e inflamación postquirúrgicos y no es necesario compensar su falta con una potenciación de isquiotibiales. También se evita el dolor en polo inferior de rótula o, lo que es una complicación mucho más importante, la algodistrofia de rótula, que sin ser complicaciones habituales, pueden amargar la evolución postoperatoria y mermar las posibilidades de volver a la competición en los profesionales del deporte. Las pautas de rehabilitación del ligamento cruzado anterior serán las mismas pero sin temer complicaciones tardías derivadas de la falta de un tendón extraído del propio paciente. El objetivo de una recuperación acelerada de la intervención de una plastia de LCA contempla:



- Inicio prematuro de la deambulaci3n para soportar el peso corporal. Esto favorece la compresi3n y movimiento cartilaginoso, facilita la reorganizaci3n del col3geno y proporciona a los tejidos 3seo y dem3s partes blandas de la rodilla la capacidad para responder a las cargas fisiol3gicas normales.
- Recuperar r3pidamente el rango de movimiento de la rodilla. De forma relevante los 3ltimos grados de extensi3n.
- Efectuar un programa de fuerza agresivo, basado en electromiestimulaci3n pasiva y ejercicios activos de cadena cin3tica cerrada que proteger3n el injerto.

Pauta de Rehabilitaci3n del LCA

Se presenta una pauta acelerada de recuperaci3n en lesiones del ligamento cruzado anterior, dirigida principalmente a deportistas de equipo, pero que l3gicamente es trasladable a cualquier deportista e incluso es utilizable por personas no deportistas que requieran un r3pido retorno a la competencia.

El protocolo de rehabilitaci3n acelerada tiene detractores, los cuales argumentan que con este m3todo se est3n sometiendo a tensiones excesivas a tejidos que est3n en proceso de regeneraci3n, y por tanto son m3s vulnerables. El protocolo acelerado hace hincapi3 en el movimiento inmediato, tratando de lograr la extensi3n completa, soporte de peso inmediato (dentro de la tolerancia del paciente), ejercicios de cadena cin3tica cerrada (CCC) inmediato para el control neuromuscular reincorporaci3n a la actividad a los 3 meses y a la competici3n a los 6-7 meses.



FASES DE LA REHABILITACION

La rehabilitación del LCA debe diseñarse para conseguir:

- Una mayor capacidad de la rodilla para resistir el desplazamiento anterior y rotatorio. Para ello en la fase de potenciación debe hacerse hincapié en el reentrenamiento de los isquiotibiales (bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso).
- Evitar las amplitudes de movimiento donde el LCA está bajo mayor tensión. La mayor parte de las lesiones de este ligamento se deben a una distensión de la rodilla con el pie bien asentado en el suelo. No es necesario chocar contra otro deportista para que se produzca la lesión, ya que la fuerza de rotación del cuerpo girando sobre la articulación fija es suficiente para causar daño en la estructura anatómica.
- Restablecer la cinestesia y la propiocepción perdidas luego del trauma sufrido, logrando estabilidad funcional.

Tras el diagnóstico de la ruptura total o parcial del LCA de un deportista, la comunidad científica ha establecido en líneas generales que la solución es casi siempre quirúrgica, ya sea para evitar la recidiva lesional o los cambios degenerativos que se van a producir en las superficies articulares en forma precoz. El paciente debe saber que el proceso de rehabilitación es largo y requiere por parte de él disciplina y motivación permanentes. La selección del paciente es importante para conseguir resultados positivos y es recomendable el acto quirúrgico cuando:

- Hay lesión del LCA en atleta de rendimiento.
- Inestabilidad en actividades normales
- Derrames recurrentes



- Fracaso de la rehabilitación e inestabilidad tras 6 meses de tratamiento intensivo.

El tratamiento post-operatorio ha de ser inmediato, comenzando a las 24-48 horas del acto quirúrgico. Se divide en tres fases:

a) Post-quirúrgico inmediato: con el deportista recientemente intervenido, se orienta la terapia en íntimo contacto con el equipo quirúrgico y el terapeuta hacia una cinesiterapia de tipo isométrico a nivel del cuádriceps e isquiotibiales; elevación de la extremidad en extensión, buscando contracciones del cuádriceps sobre todo de la porción larga del recto anterior; también se trabaja distalmente a nivel de la articulación tibio-peroneo-astragalina, ejercitándose esta articulación en movimientos activos libres y resistidos de los dedos. A la semana se inicia la deambulación con descarga parcial, buscando una reeducación de la marcha y también la ascensión y descenso de escaleras. Se complementa la terapia con electroestimulación, magnetoterapia y ultrasonidos.

b) En el domicilio del deportista.

En el ingreso se enseña la cinesiterapia que el paciente puede realizar en su domicilio: las contracciones isométricas del cuádriceps; las movilizaciones libres y contrarresistencia del tobillo y de los dedos; elevaciones de la extremidad hasta los 45º de flexión de cadera, primero de forma libre y posteriormente de forma lenta y progresiva, colocando en el tercio medio del área tibial una discreta resistencia, aumentándola progresivamente por semana. Sigue la deambulación con ayuda y la descarga total.



c) En el consultorio del terapeuta.

Aún en las fases prematuras se aconseja la utilización de ejercicios de cadena cinética cerrada. Para ello es esencial que se entiendan las fuerzas que se desarrollan en torno a la articulación de la rodilla: una es la de *cizallamiento*, con dirección posterior, que hace que la tibia se desplace hacia adelante, pero que es contenida por la acción de tejidos blandos, esencialmente el ligamento cruzado anterior (LCA); la segunda es la fuerza de *compresión*, que sigue el eje longitudinal de la tibia. Los ejercicios en los que se soporta peso aumentan la compresión de las articulaciones, lo que mejora la estabilidad de la articulación.

En los ejercicios de cadena cinética abierta para la rodilla, realizados en posición de sentado (camilla de cuádriceps) como se aplica una resistencia en la zona distal de la tibia y el pie no está apoyado, cerrando la cadena cinética, las fuerzas de cizallamiento y de compresión se potencian al máximo.

Los ejercicios de CCC provocan la contracción de los isquiotibiales, creando un momento de flexión tanto en la cadera como en la rodilla, con los isquiotibiales contrayéndose para estabilizar la cadera mientras el cuádriceps estabiliza la rodilla. Gracias a esta acción se disminuye la potente acción del cuádriceps a causar un traslado tibial anterior. Son numerosas las investigaciones que corroboran que esta co-contracción estabiliza la articulación de la rodilla y disminuye las fuerzas de cizallamiento. La acción preventiva de los isquiotibiales se puede potenciar con una leve flexión anterior del tronco. Esta flexión desplaza el centro de gravedad en sentido anterior, disminuyendo el momento de flexión de la rodilla y reduciendo el momento de flexión de la rodilla y disminuyendo de este modo la fuerza de cisión de la rodilla y las de compresión femoropatelar. Los ejercicios de CCC intentan disminuir el momento flexor de la rodilla al tiempo que aumenta el



momento de flexión de la cadera. Los ejercicios de CCC son más tolerados por la articulación femoropatelar debido a que la zona de contacto es mayor y por ende la presión es menor por unidad de superficie.

Otra de las grandes ventajas de los ejercicios de CCC es que son más funcionales y tienen transferencia a los gestos deportivos. Con respecto a los ejercicios que se utilizan, se prefieren aquellos que involucren a un gran número de grupos musculares por sobre aquellos que trabajen la fuerza de forma analítica. Es decir, es mejor realizar una sentadilla o las estocadas con respecto a las extensiones de piernas o a las aducciones de cadera. Esto se debe a que, con los ejercicios que entrenan a un gran número de grupos musculares, se reduce el tiempo total de trabajo y son s entrenados con transferencia a como se van a comportar en la vida diaria, es decir, de forma sinergista, no analítica. Cabe destacar que la elección de unos sobre los otros se hace en función de la etapa en que el atleta se encuentre en la rehabilitación.

Debemos acordar que los ejercicios de cadena cinemática cerrada (C.C.C.), como la sentadilla, no ponen en riesgo alguno a la articulación de la rodilla. Debido a la reducción de la tensión sobre el LCA, los ejercicios de C.C.C. pueden ser incorporados tempranamente en el programa de rehabilitación para fortalecer al cuádriceps. Adicionalmente al desarrollo de la fuerza muscular, los ejercicios de C.C.C. optimizan la capacidad funcional por la reeducación de los propioceptores de una forma tal que estimula la actividad funcional y deportiva. Debido a que los ejercicios de C.C.C. usan los movimientos y planos naturales del cuerpo, todos los propioceptores son estimulados en algún grado. El uso de movimientos en diferentes planos, aceleración, y desaceleración permite una mayor especificidad deportiva en la rehabilitación. Esta forma de ejercitarse fortalece tanto a los músculos agonistas como a los antagonistas, enlazando la coordinación neuromuscular y la propiocepción requerida durante las actividades funcionales.



Entre los más conocidos se encuentran:

- Mini-sentadillas, que debe realizarse en un ángulo de 0 a 40°
- Prensa de pierna, el cual se sugiere realizarlo entre los 0 y 60° de flexión de rodilla
- Subir peldaños en forma frontal y lateral; las alturas no deben superar los 15 cm. para no recargar la articulación femorrotuliana ni la zona dadora de la plastia.

Para la vuelta a la actividad el atleta debe tener una amplitud de movimiento completa y entre el 80 y 90% de la fuerza previa a la lesión antes de reincorporarse a la competencia.

Esta reincorporación debe incluir una progresión de actividades funcionales, que aumenten paulatinamente la tensión sobre el ligamento. Las características de cada deporte determinarán los ejercicios específicos de esta fase funcional. Para ello es fundamental que el terapeuta esté consustanciado con las leyes básicas del entrenamiento para poder aplicar de la mejor manera las cargas de entrenamiento en la fase de readaptación deportiva.

Principios del entrenamiento deportivo

En este apartado el objetivo es destacar la importancia que tiene el conocimiento de las leyes que rigen el entrenamiento y poder aplicarlas en un período de readaptación deportiva. Esto resulta de una importancia crucial para que el proceso llegue a resultados satisfactorios

De las capacidades condicionales (fuerza, resistencia, velocidad) es la primera de ellas la que será fundamental comenzar a estimular con el objetivo de lograr funcionalidad en el deportista lesionado.

Se puede afirmar sin problemas que entrenar la fuerza en muy similar en un paciente que en un deportista, motivo por el cual se debe planificar el entrenamiento de la fuerza del primero de forma



parecida a lo que lo requiere el segundo. Por lo tanto, se debe hacer mención a dos conceptos clave en la teoría del entrenamiento deportivo: la **adaptación** y la **supercompensación**, como producto del ejercicio físico. Cabe la pregunta por qué un sujeto mejora sus cualidades físicas y psíquicas en el proceso del entrenamiento. La explicación a esto, genéricamente, es bastante sencilla. Un individuo se encuentra en un estado de equilibrio llamado *homeostasis*, el cual se rompe como producto de la aplicación de una carga de entrenamiento. Es en estos momentos cuando se encuentra *desequilibrado*, pudiéndose constatar este proceso de fatiga por medio de diversas variables: aumento de la frecuencia cardíaca, hiperventilación, deplección de las reservas energéticas, acumulación de metabolitos de deshecho, etc. El resultado de este proceso es la **adaptación**. Podemos decir que, como el organismo ya no quiere sufrir el mismo stress ante la aplicación de un futuro estímulo, se adapta incrementando las reservas glucogénicas, reclutando a mayor cantidad de fibras musculares para trabajar, etc. Esto trae aparejado que uno se encuentre **supercompensado** y en mejores condiciones para realizar un esfuerzo físico. Es importante recalcar que la curva de la supercompensación sube, luego hace una meseta y finalmente baja; por lo cual, si se quieren obtener los mejores beneficios, se debe siempre en el momento que la curva esté alta.

Entrenamiento de la fuerza

Cuando se entrena la fuerza muscular se aumen sus índices debido a:

- El reclutamiento de mayor cantidad de fibras musculares al trabajo.
- La mejor coordinación intra e inter muscular.
- El aumento de la sección transversal del músculo.

Los aumentos iniciales de la fuerza se deben, al comienzo, al mejoramiento de los dos primeros factores. Los cambios plásticos que se producen en el interior de las miofibrillas ocurren más tarde.



También se debe observar que existen tres tipos de fibras musculares, y que entrenaremos a una u otra en función de la **duración e intensidad** de la carga de trabajo

Los ejercicios de carrera deben iniciarse tan pronto como el atleta sea capaz realizar ejercicios de coordinación (skipping, multisaltos de baja altura) sin cojear. La ausencia de dolor en los saltos monopodales es también una buena pauta para comenzar a correr sin riesgos de recidivas.

Un método muy utilizado para iniciar al atleta en la carrera es hacer el movimiento en el agua, con ayuda de elementos de flotación, como un chaleco, para reeducar la biomecánica de este gesto sin dolor ni peligro. Luego se continuará con la carrera en cinta de trote y posteriormente se introducirán variaciones de dirección y velocidad, hasta diseñar ejercicios que sean lo más similar al gesto técnico específico sin dolor y con precisión. Esto lleva a aceptar que se debe llegar a trabajar con *cargas muy intensas* si se pretende entrenar a las fibras rápidas o blancas tipo 1, las cuales son las más fuertes y explosivas y, por lo tanto, las que más condicionan el rendimiento en los deportes de equipo y de velocidad. Por otro lado, recién se podrán estimular luego de un largo período de acondicionamiento, el cual tiene por objetivo adaptar a la articulación, y fundamentalmente al injerto, al futuro stress al cual se los someterá.

Si bien las fibras blancas tipo 1 son las que proporcionan los mayores niveles de fuerza y de potencia, en el paciente operado cualquier esfuerzo muscular que realice, aún de baja o mediana intensidad, le va a resultar beneficioso para incrementar su fuerza muscular. Al respecto, los estudios histológicos han demostrado una reducción uniforme en las fibras tipo 1 y tipo 2, indicando que el entrenamiento de la fuerza a diversos niveles de contracción es igualmente importante.



Al organizar una sesión de entrenamiento hay que tener en cuenta los niveles hormonales de la testosterona. Estos niveles aumentan a medida que transcurre el tiempo de trabajo para alcanzar un pico a los 45' aproximadamente y luego decrecer hasta llegar a los 90' a valores similares a los que se tenía al comienzo de la sesión. Esto indica que se deben realizar los ejercicios considerados más importantes en la mitad de la sesión de trabajo, y que la misma no se debe extender más allá de los 90'.

Con respecto a la organización semanal (microciclo), la testosterona también presenta variaciones ondulatorias, predisponiendo al individuo a soportar mayores volúmenes de trabajo los días lunes, miércoles y viernes.

Por último, y con relación a la organización de los mesociclos, es recomendable utilizar en el proceso de readaptación deportiva mesociclos de tres semanas cada uno, y que a partir del mesociclo de Adaptación Anatómica se reduce el volumen de trabajo (número de repeticiones) y se aumenta la intensidad (% de la fuerza máxima) de la primera a la tercera semana. Es decir que en la primera semana se busca aumentar el volumen y de menor intensidad, y la tercera, la de menor volumen y de mayor intensidad.



Diferencias estadísticas y resultados comparativos entre la rehabilitación del LCA reconstruido con técnica H-T-H y STRI.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente es una investigación descriptiva, que pretende identificar los factores por los cuales el post-quirúrgico de la reconstrucción del LCA presenta ventajas, si las hubiera, entre las técnicas H-T-H y STRI.

POBLACIÓN Y MUESTRA:

La población corresponde a pacientes que han realizado la rehabilitación y el proceso de readaptación tras la reconstrucción del LCA en la Fundación "Salud y Bienestar" de la provincia de Mendoza. Se evalúan 7 pacientes operados con la técnica H-T-H y 9 con la técnica STRI, de ambos sexos, mayores de 18 años y deportistas (recreacionales y federados).

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Se tendrán en cuenta los siguientes criterios para la inclusión de los pacientes en la toma de los tests:

- Que tengan como mínimo 6 meses de tratamiento post-quirúrgico.
- Que posean experiencia de entrenamiento con sobrecarga.
- Que posean experiencia en evaluaciones de la 1RM.
- Que posean antecedentes en deportes federados.
- Que se encuentren realizando actividades de progresión funcional (circuitos coordinativos, saltos, recepciones de saltos).



- Que se encuentren asintomáticos al momento de la evaluación.

Se establecen estos criterios de inclusión con el fin de tomar muestras a pacientes que posean capacidades coordinativas desarrolladas y antecedentes personales que permitan extrapolar datos fiables con calidad en el control neuromuscular.

EVALUACIONES

Se llevará a cabo un test que constará de 5 ítems a cada paciente, a fin de evaluar tanto la fuerza máxima, la potencia, el equilibrio, la coordinación entre miembros superiores e inferiores y la estabilidad al momento de la recepción del salto, comparando el miembro operado con el no operado, el cual será tomado como testigo y cuyos valores representarán el 100%.

Se asignará una puntuación de acuerdo a los valores logrados en cada uno de los ítems, a saber:

- 5 puntos si la diferencia presentada entre ambos miembros es menor al 5%
- 4 puntos si la diferencia presentada entre ambos miembros va del 6 al 10%
- 3 puntos si la diferencia presentada entre ambos miembros va del 11 al 15%
- 2 puntos si la diferencia presentada entre ambos miembros va del 16 al 20%
- 1 punto si la diferencia presentada entre ambos miembros es mayor al 20%.

Luego se sumarán los datos obtenidos y se dividirán por 5: el promedio obtenido será tomado como un índice (llamado "**índice funcional**") que será cotejado en una tabla para poder valorar el resultado. De acuerdo a la puntuación, las conclusiones determinarán la satisfacción o no de los resultados y la menor cantidad de complicaciones que puedan llegarse a encontrar en el proceso de rehabilitación, tanto con una como con la otra técnica quirúrgica.



INDICE FUNCIONAL:

- EXCELENTE entre 4,5 y 5
- MUY BUENO entre 3,5 y 4,49
- BUENO entre 3 y 3,49
- REGULAR entre 2,5 y 2,99
- POBRE entre 2 y 2,49
- MALO menos de 2

A continuación se detallan cada uno de los test:

1. **Test de fuerza máxima isométrica:** consiste en la realización de dos flexiones de rodillas en una camilla, en decúbito ventral, y de dos extensiones de rodillas, a una pierna. Por protocolo se hace primero con el miembro inferior izquierdo, luego con el derecho y se repite la ejecución. Se toma el promedio de las dos ejecuciones de cada miembro y se comparan, estableciendo una diferencia porcentual entre la de menor fuerza respecto a la de mayor fuerza, la cual es tomada como parámetro del 100%. Para la evaluación se utiliza un dinamómetro digital marca "Globus". Cada ejecución dura 5", en los cuales deberá alcanzarse el pico de fuerza máxima isométrica. Terminado, habrá un descanso de 10" antes de pasar al otro miembro inferior; se realizará idéntico protocolo al ejecutar el test la segunda tanda. Los datos se registran en kgf (kilogramos/fuerza) Se estipula una angulación de 110° para la flexión de rodilla y de 135° para la flexión
2. **Test de potencia de salto en extensión:** consiste en la realización de 5 sentadillas consecutivas partiendo desde la posición de parado en una sola pierna. A la orden, el paciente deberá subir y bajar en forma consecutiva durante 5 veces en el lugar, sobre el mismo miembro inferior, tratando de lograr la mayor potencia en cada intento. Las manos



estarán al costado del cuerpo, sin tomarse de la cintura. Luego de 1' de pausa lo hará sobre el otro miembro inferior. Por protocolo, se empezará siempre con en MI izquierdo. Como elemento de valoración se utilizará un encoder marca "Smart Coch". Los datos son registrados en N (newtons).

3. **Test de salto en alto monopodal:** consiste en la realización de un salto en extensión, tratando de despegar el centro de gravedad lo que más se pueda del piso. Se llevarán a cabo cuatro intentos, dos con cada miembro inferior, en forma alterna, empezando con el izquierdo y se promediará la altura alcanzada en los intentos realizados. Entre cada salto habrá una pausa de 30". Los datos se registran en centímetros. Se utiliza una plataforma de saltos marca "Axon Jump" para llevar a cabo este test.
4. **Test de salto en largo monopodal:** desde parado sobre una pierna, el paciente deberá realizar un salto en largo, tratando de lograr la mayor distancia posible con cada miembro inferior. Se tomará un intento para cada miembro inferior y el registro del no operado será considerado el 100%. Los datos se expresarán en centímetros.
5. **Recepción de salto monopodal:** se filmará en cámara lenta la caída monopodal del paciente en el plano frontal desde un step de 20 cm al piso. En la filmación se compararán ambos miembros y se marcarán los máximos ángulos que se forman entre el eje femoral y el tibial. Se tomará al miembro no operado como modelo para determinar si existe dominancia ligamentaria y valgo excesivo en el miembro operado. Los datos se expresarán en grados.



6. **Percepción de estabilidad:** cada paciente deberá dar un puntaje a la sensación de estabilidad que tiene sobre la rodilla operada, siendo 5 el valor máximo (equivalente al 100% de estabilidad de la rodilla no operada) y 1 el valor mínimo de sensación de estabilidad.

No se realizarán pruebas de resistencia aeróbicas debido a las dificultades que se presentan para poder comparar los resultados alcanzados por uno u otro miembro al ejecutar las acciones clásicas, como correr o andar en bicicleta. Sí se recomienda comenzar a tomar estos test luego del quinto mes de post-operatorio para poder tener datos ciertos sobre el estado aeróbico del paciente.



Justificación

La batería de tests está constituida por actividades funcionales (como el salto en largo y en alto), la ejecución de un gesto de fuerza máxima y el análisis de una filmación en cámara lenta en el momento de hacer la recepción del peso del cuerpo en forma monopodal.

Se pretende englobar así a aquellas situaciones que son las que presentan mayor riesgo de lesión (recepción de salto, aceleración/desaceleración, y los cambios de dirección) introduciendo un parámetro de objetivación del gesto como la cuantificación de la angulación del valgo al momento del aterrizaje.

Además se realiza una puntuación en base a la sensación de estabilidad que el paciente tiene sobre su rodilla operada, lo cual es determinante a la hora del alta deportiva.

Los datos son volcados en una planilla para el posterior análisis porcentual.

FICHA DE DATOS PERSONALES

NOMBRE Y APELLIDO:

EDAD:

SEXO:

DEPORTE QUE REALIZA:

EDAD A LA QUE FUE OPERADO DE LCA:

TÉCNICA QUIRÚRGICA:

H-T-H

STRI

ESPECIFICAR SI ADEMÁS DE LA LESIÓN MENCIONADA SUFRIÓ OTRA:



FICHA KINÉSICA:

TEST

MII

MID

DIF

DINAMOMETRÍA Cuádriceps Isquiotibiales			
POTENCIA (5 SALTOS)			
POTENCIA (1 SALTO EN ALTO)			
POTENCIA (1 SALTO EN LARGO)			
RECEPCIÓN DE SALTO MONOPODAL			
SENSACIÓN DE ESTABILIDAD			



CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo de campo es comparar los resultados entre quienes fueron operados con ambas técnicas (H-T-H y la STRI) y sacar conclusiones acerca de cuál de las dos presenta menos complicaciones entre los 6 y 12 meses de realizada la cirugía.

Si bien en principio estaba estipulado que la comparación se realizara entre 10 pacientes de cada una de las técnicas, resultó imposible llegar a ese número por falta de colaboración de los pacientes al no concurrir a las evaluaciones los días pactados, demorando por ello la obtención de los datos y su posterior análisis. Se presentan entonces 7 pacientes operados con la técnica H-T-H y 10 con la técnica STRI.

Con criterio didáctico y a fin de aportar la mayor información y facilidad de interpretación de los resultados, se hará un análisis de cada uno de los ítems evaluados.

1. DINAMOMETRÍA

Los valores de fuerza del muslo anterior se mostraron más uniformes en los H-T-H en contraposición con los STRI, excepto en aquellos pacientes H-T-H que no pudieron ser evaluados en fuerza del muslo anterior por dolor en la zona dadora del injerto.

Los valores de fuerza del muslo posterior se mostraron con poca diferencia entre el miembro inferior no operado y el que sí lo estaba (H-T-H), mientras que en aquellos pacientes que fueron intervenidos con la técnica STRI las diferencias fueron muy notorias entre un muslo posterior y el otro (zona dadora del injertos); se aumenta más aún la brecha en las deportistas.

2. POTENCIA

Al realizar cinco sentadillas consecutivas monopodales, los resultados no arrojan grandes diferencias porcentuales comparando el miembro inferior no operado con el operado (H-T-H 13% y los STRI 9%).

3. TEST ABALAKOV

Al realizar un salto en extensión monopodal con ayuda del impulso de los brazos, las diferencias entre miembro inferior no operado y el operado con técnica H-T-H fue de 17% contra 15% de la técnica STRI.

4. SALTO EN LARGO MONOPODAL

Los operados con la técnica H-T-H presentaron una diferencia entre ambos miembros inferiores del 13%, en contraposición a los operados con técnica STRI, quienes tuvieron una diferencia del 8%

5. RECEPCIÓN DE SALTO

Al filmar en cámara lenta la recepción del salto monopodal en una superficie inestable, los operados con técnica H-T-H presentaron una diferencia poco significativa entre un miembro inferior y el otro (3%), mientras que los operados por la técnica STRI tuvieron una brecha del 8% en promedio

6. SENSACIÓN DE ESTABILIDAD

Este ítem es de difícil cuantificación al ser subjetivo. Sin embargo, al ser consultados los pacientes de una y otra técnica las diferencias de sensación de estabilidad mostraron un ligero índice a favor de la técnica H-T-H.



Como síntesis se puede llegar a concluir que:

1. En las acciones donde hay una demanda de fuerza sobre el aparato extensor (extensiones de rodillas y salto en largo monopodal), aquellos pacientes que fueron operados con la técnica H-T-H con menos de 1 año de evolución presentaron dificultades para la ejecución del test. Sin embargo, quienes llevaban cerca de 1 año o más de operados mostraron menor diferencia entre ambos miembros. Los pacientes operados con técnica STRI demuestran déficits de fuerza en los flexores de rodilla que se mantienen en el tiempo. La tendencia se hace más evidente en las mujeres. La dificultad para aumentar la fuerza será por las diferencias hormonales? Cabe aclarar que 3 pacientes que pertenecen al grupo de los H-T-H y que cumplían con los criterios de inclusión anteriormente detallados no pudieron ser evaluados por presentar dolor en el aparato extensor.
2. El test de sentadillas a una pierna no arrojó mayores diferencias entre una técnica y otra. Similar tendencia se da al pedir al ejecutante que realice un salto en extensión. Parece ser que cuando no hay gran tensión sobre el aparato extensor el dolor que se genera en los tests descritos en el anterior punto no obstaculizan la realización de los ejercicios.
3. Al analizar la caída monopodal en cámara lenta hay grandes diferencias a favor de la técnica H-T-H. A pesar que al ser indagados sobre la sensación de inestabilidad no hallan diferencias significativas, las imágenes muestran un aumento significativo del valgo en situaciones inestables en pacientes operados con STRI; los operados con H-T-H evidencian mayor igualdad entre ambos miembros inferiores.
4. Si bien los datos son insuficientes como para hacer extrapolaciones, los valores que arrojaron los test de campo muestran que la técnica H-T-H, si es que no se ha producido tendinosis del tendón rotuliano donante, presenta menos desequilibrios y diferencias entre el miembro inferior operado y el no operado (9,13% de diferencia y un coeficiente funcional de 3,84, que corresponde en la tabulación a "muy bueno") que aquellos que fueron operados con la técnica STRI (diferencia del 11,69% y coeficiente funcional de 3 que corresponde a "bueno").
5. Los porcentajes de acuerdo al **coeficiente funcional** según la técnica utilizada fueron:

H-T-H	STRI
14,3% excelente	0% excelente
57,2% muy bueno	33,33% muy bueno
14,3% bueno	11,11% bueno
14,3% regular	44,44% regular
0% malo	11,11% malo
6. Queda planteado a futuro develar el enigma de cuál de las dos técnicas muestra menos complicaciones a los dos años de realizada la cirugía reconstructiva.



BIBLIOGRAFÍA

ANDERSEN L, AMIS, A. COMPARACIÓN DE TENSION ENTRE EL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR NATURAL Y EL RECONSTRUIDO. REVISTA DE CIRUGÍA Y TRAUMATOLOGÍA DEL DEPORTE. 1994; 2:192-202.

BAHR, P; MAEHLUM,C ; LESIONES DEPORTIVAS. DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN. EDITORIAL PANAMERICANA. BARCELONA.2010

CANOSA, R.; RODRIGUEZ, L. y Col. MONOGRAFÍA MÉDICO-QUIRÚRGICA DEL APARATO LOCOMOTOR. LA RODILLA. TOMO 1. Editorial MASSON. Barcelona. 2001

PRENTICE, W. TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN EN LA MEDICINA DEPORTIVA. Editorial PAIDOTRIBO. Barcelona. 2001.

MIRALLES MARRERO, R. BIOMECÁNICA CLÍNICA DEL APARATO LOCOMOTOR. Editorial MASSON. Barcelona. 1998

FLURIN, PH y Col. ENCICLOPEDIA MÉDICO-QUIRÚRGICA. E-26.210.A-10. Editorial ELSEVIER. París. 2001

GRIFFIN LY Y COL. LESIÓN SIN CONTACTO DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: FACTORES DE RIESGO Y ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN .J Am Acad Orthop Surg, 2000; May-Jun; 8(3):141-50

GUYTON; HALL. TRATADO DE FISIOLÓGÍA MÉDICA. EDITORIAL MC GRAW HILL.

KOLT, GS; SNIDER, L. FISIOTERAPIA DEL DEPORTE Y EL EJERCICIO. Edit. ELSEVIER. 2004. Madrid

ROMERO, D. APUNTES DEL POST-GRADO DE READAPTACIÓN DEPORTIVA DE INVASA (INSTITUTO VALENCIANO DE LA SALUD). 2011. Valencia.

RUIZ MACARRILLA, LEONARDO. TESIS DOCTORAL "EFECTO DEL PLASMA RICO EN PLAQUETAS EN LA INCORPORACIÓN BIOLÓGICA DE UNA PLASTIA TENDINOSA EN UN TÚNEL ÓSEO". UNIVERSIDAD DE BARCELONA. 2011.

SÁNCHEZ IBÁÑEZ, JOSÉ MANUEL. RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA).FISIOTERAPIA ACELERADA EN SOBRECARGA EXCÉNTRICA. WWW.FISIOTERAPIA.NET

SHELBOURNE KD., NITZ P. REHABILITACIÓN ACELERADA LUEGO DE LA RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR. 1990; May-Jun; 18 (3):292-9

SNELL, R. NEUROANATOMÍA CLÍNICA. EDITORIAL PANAMERICANA. BUENOS AIRES. 2007

TOUS, J; ROMERO, D. PREVENCIÓN DE LESIONES EN EL DEPORTE. EDITORIAL PANAMERICANA. BARCELONA.2011