

La reparación del ligamento cruzado anterior: solución de un problema histórico en el siglo XX

Repair of the anterior cruciate ligament: solution to a historical problem in the 20th century

Forriol F¹, Ripoll PL²

¹Facultad de Medicina, Universidad San Pablo CEU, Madrid. ²Hospital USP-San Carlos, Murcia.

Resumen

La cirugía del ligamento cruzado anterior ha supuesto un reto para los cirujanos desde principios del siglo XX. Actualmente es una de las técnicas más frecuentes, aunque quedan muchos aspectos por definir. Sin embargo, al ser artroscópica, se ha facilitado mucho la recuperación de los pacientes y los resultados de larga evolución. Revisando la historia han sido muchos los autores que han participado en su desarrollo, aunque algunos han quedado en el olvido. Conocer los pasos y las opciones de las diferentes escuelas nos puede ayudar a comprender mejor lo que se hace hoy en día.

Palabras clave:

Ligamento cruzado anterior, plastia, injerto, inestabilidad, rodilla.

Abstract

Surgery of the anterior cruciate ligament has been a challenge for surgeons from the beginning of the 20th century. It is currently one of the most common procedures, though many aspects remain to be defined. However, since it is arthroscopic, patient recovery and long-term results has been much improved. A historical review shows that many authors have participated in its development, though some have fallen into oblivion. Knowing the steps and the options of the different schools can help us better understand what is being done today.

Key words:

Anterior cruciate ligament, plasty, graft, instability, knee.

Introducción

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 [1]. Hoy vemos con la mayor naturalidad que la cirugía del LCA es una de las más frecuentes;

sin embargo, no hace tanto, en 1974, cuando Kennedy [2] escribía en la introducción de un artículo: «(...) una atmósfera de incertidumbre invade el quirófano cuando se descubre una lesión del LCA al efectuar una artrotomía. Entre las autoridades de la rodilla hay desacuerdo sobre si se puede producir una lesión aislada del LCA y cuándo se produce y cómo afecta a la función de la articulación».

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 [3] 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 [4-6]. Muy pronto se conoció que el LCA roto se atrofiaba con mucha rapidez. Arnoczky *et al.* [7][8] demostraron que su vascularización era de proximal a distal, mientras que en el ligamento cruzado posterior (LCP) el

Correspondencia

F. Forriol
Depto Facultad de Medicina, CEU
Urbanización Montepríncipe. 28668 Boadilla del Monte, Madrid
fforriol@gmail.com

aporte vascular es de proximal a distal, e incluso llegan vasos a su porción media [9]. 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 [10]. Las técnicas de reparación directa solo se podían considerar con algunos tipos de rotura, pacientes con fisis abiertas o bajas demandas funcionales [10]. 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. En España, Moragas *et al.* [11], siguiendo las recomendaciones publicadas, intervenían las rodillas traumáticas de los futbolistas, aunque resulta llamativo que en su revisión de 26 casos, 21 correspondían a roturas del ligamento lateral interno (LLI) y tan solo cuatro a roturas del LCA.

La discusión entre operar las roturas agudas de los ligamentos o tratarlas de forma conservadora se definió pronto [12-16]. Jonash [17] 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 *et al.* [18] señalaron la conveniencia de acometer un tratamiento quirúrgico. Pero, por aquellos años, cirujanos de reconocido prestigio [19][20] 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 [21].

Inicialmente se utilizaron autoinjertos, aunque se intentaron los tratamientos con aloinjertos, xenoinjertos [22][23] 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 [24-27], obligando al reposo o a cargas mínimas de la rodilla intervenida durante el tiempo de recuperación. Se recomendaba la rehabilitación para aumentar la resistencia muscular y la movilidad articular [28][29].

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 [30-36], aunque la aplicación clínica de los aloinjertos comenzó a finales de los años 80 [37][38] y varios estudios demostraron que el mejor medio para reducir las propiedades antigénicas de los aloinjertos era su con-

gelación profunda a -80°C [35][38-40], aunque también prodigaron los aloinjertos liofilizados [41][42].

Tampoco podemos olvidar 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 [43]. 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 [44], ácido poliglicólico trenzado [45], Dacron [46][47], polietileno Poliflex® [48][49], polietileno tereftalato (ligamento Leeds-Keio®) [50-52], Trevira® [53], politetrafluoretileno (Gore-Tex®) [54][55], poli-propileno (Kennedy-Lad®) [49][56] y fibra de carbono [57][58]. Sin embargo, los implantes sintéticos se deforman plásticamente y se elongan de forma permanente con la mitad de fuerza que el LCA [59][60]. Todavía estamos 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– [61].

I 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 [62]. En un estudio similar llevado a cabo por la Asociación Española de Artroscopia, el porcentaje de injertos rotulianos autólogos usados en nuestro país fue del 71% [63]. Un grupo de cirujanos australianos de rodilla [64] 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 [65] presentaron otra perspectiva: el 73% eligieron ligamento rotuliano, el 23% pata de ganso y un 4% «otros» como los aloinjertos. Bach *et al.* [66] 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 [67]. 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 [68][69].

Se han descrito métodos con injertos autólogos para reconstruir el LCA utilizando el tendón del músculo semitendinoso [70-73] y también del recto interno [71][73], o ambos tendones de la pata de ganso [74-76], así como el tracto iliotibial y la fascia lata [14][15][77][78-85] o el ligamento rotuliano [86-99]. Son técnicas que generalmente ofrecen muy buenos resultados, pero no hay que olvidar que dañan una estructura no lesionada previamente.

Beynon *et al.* [10][101] 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 anterior-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 [28][102][103]. 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 [104][105]. En una revisión bibliográfica de 40 trabajos [106], 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 m. cuádriceps. Asimismo, se ha descrito una disminución significativa en la resistencia del m. 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 [107][108]. También se han señalado roturas del ligamento rotuliano [109] y fracturas rotulianas [110] después de utilizar el tercio central como injerto para la reconstrucción del LCA.

Además, se han señalado como complicaciones la rotura del ligamento rotuliano [109][111], la tendinitis, la calcificación intratendinosa y la contractura infrarrotuliana [108]. 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 [112]. En otro metaanálisis [113], 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 demuestran una regeneración parcial, que conlleva la pérdida de fuerza flexora [114] y que puede traducirse en la vida cotidiana por la dificultad que presentan algunos pacientes para «quitarse las botas».

Desde los inicios hasta los años 60

Historicamente se han desarrollado dos sistemas de reconstrucción del LCA, las técnicas intraarticulares y extraarticulares, y en ocasiones se ha utilizado una combinación de ambas. Las técnicas intraarticulares actúan sobre la tibia intentando simular el LCA, mientras que las técnicas extraarticulares lo hacen a cierta distancia de la inserción del propio LCA. Las técnicas extraarticulares intentan prevenir el *pivot shift*. Sin embargo, no están justificadas en las roturas aisladas del LCA [115-117]. Tampoco se ha encontrado diferencias al añadir un refuerzo extraarticular a una técnica intraarticular [118]. O'Brien *et al.* [119] señalaron que, además de no aportar ninguna ventaja mecánica, estos pacientes presentan un 40% de síntomas residuales como consecuencia de la técnica extraarticular. Para O'Donoghue [14], la cirugía solo estaba indicada cuando los síntomas de la insuficiencia del LCA eran lo suficientemente graves como para interferir en las actividades diarias.

Inicialmente, la reparación del LCA fue una sutura primaria que demostró unos resultados insatisfactorios [21]. Después de que Stark [120] describiese, en 1850, dos casos de rotura del LCA, la primera reparación de una lesión aguda del LCA fue efectuada en 1903 por Mayo Robson, en el General Infirmary de Leeds (Gran Bretaña) [121].

Hey-Groves [77] nunca estuvo de acuerdo con esta técnica, y desde el principio recurrió a la toma de injertos de fascia lata ya que el ligamento roto se encontraba deshilachado y en las reparaciones tardías aparecía como un muñón incapaz de ser reparado. En 1917, Hey-Groves [77] publicó la primera reconstrucción del LCA, utilizando una tira de la cintilla ilio-tibial por el fémur, a través de la articulación, y cruzando la extremidad proximal de la tibia. También recomendó la utilización del tendón del m. semitendinoso para reconstruir el ligamento cruzado posterior. En 1920 [80], modificando su técnica, mostró 14 casos, de los cuales cuatro no habían mejorado (Figura 1).

En 1918, Alwyn Smith, extrayendo una porción rectangular distal de la cintilla iliotibial [122], trataba tanto el

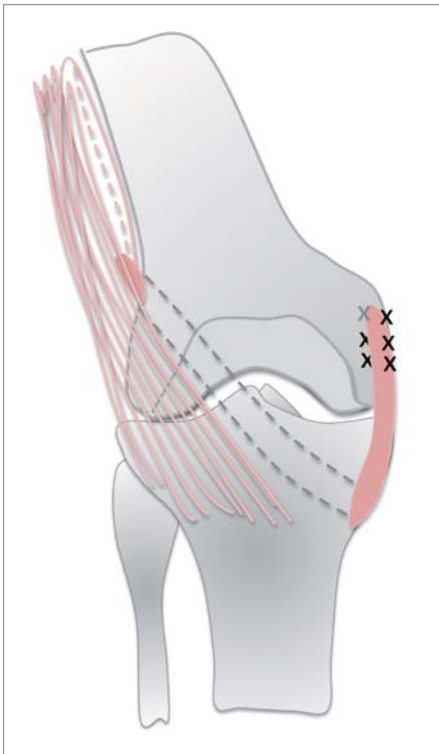


Fig. 1. Técnica de Hey-Groves, 1917.

LLI como el LCA. Como ocurrió con Hey-Groves [77], obtuvo buenos resultados, aunque debemos resaltar su protocolo de rehabilitación y estimulación eléctrica postoperatoria; además, describió la reparación del LCA con múltiples suturas de seda fijadas con grapas metálicas, pero no fueron utilizadas debido a la fuerte sinovitis que producían. En 1920, Putti [123] preconizó la utilización de la fascia lata y poco después recomendó la utilización del tendón del m. semimembranoso, mientras que Holzel [124], también en 1920, para reemplazar el ligamento dañado, introducía la parte libre de un menisco roto en asa de cubo.

En 1923, Bertocchi y Bianchetti [125] estudiaron las propiedades mecánicas y la evolución histológica de los autoinjertos de fascia lata y del tendón de Aquiles del cerdo. Es el primer estudio experimental de la relación de un sustitutivo ligamentoso, del canal óseo y de las lesiones osteocondrales. Zanolí [126], en 1926, tras extraer un trozo de la cintilla iliotibial, la mantuvo durante más de un mes de forma subcutánea en el tejido graso del paciente para implantarla posteriormente en sustitución del LCA. Wittek [127][128] describió su técnica de sutura del LCA y mostraba, además, los resultados.

En 1926, Bennett [129] ideó una técnica extraarticular para la reconstrucción del LCA deficiente mediante una

tira de fascia lata a lo largo de la cara interna de la rodilla asociada a un retensado del retináculo extensor medial, pensando que un LCA roto se puede suplir si el resto de los ligamentos articulares están intactos. Los resultados fueron buenos y uno de sus pacientes jugó como capitán del equipo de fútbol *All American* un año después de la cirugía.

Cubbins *et al.* [130], en 1932, tras diversos estudios anatómicos y mecánicos, llegaron a la conclusión de que la técnica propuesta por Smith [122] utilizando la aponeurosis del m. bíceps femoral era óptima. Inmovilizaban con un yeso a 30° de flexión, durante 30 días, y después colocaban otro yeso en extensión completa durante otros tres meses. Cotton y Morrison [131], así como Bosworth y Bosworth [132], seguían manteniendo la idea de que la reconstrucción del LLI transformaba una rodilla deficiente por la rotura del LCA en una rodilla estable. Ambos estudios utilizaban una tira libre de la cintilla iliotibial perforando los cóndilos internos del fémur y de la tibia.

En 1936, Campbell [99] describió su técnica intraarticular, mediante túneles en la tibia y el fémur, empleando el ligamento rotuliano (Figura 2). Destacó la frecuencia de las lesiones combinadas de menisco interno y LLI en las rodillas con rotura del LCA. Ese mismo año, Mauck [133] re-

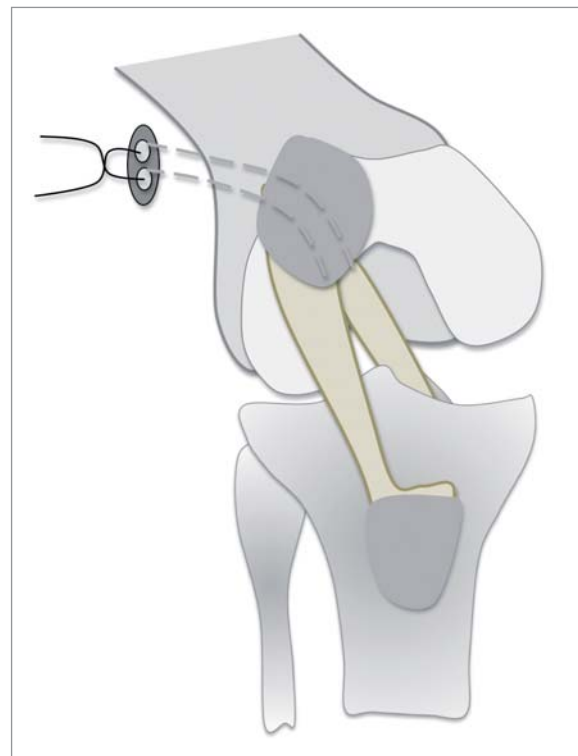


Fig. 2. Técnica de Campbell, 1936.

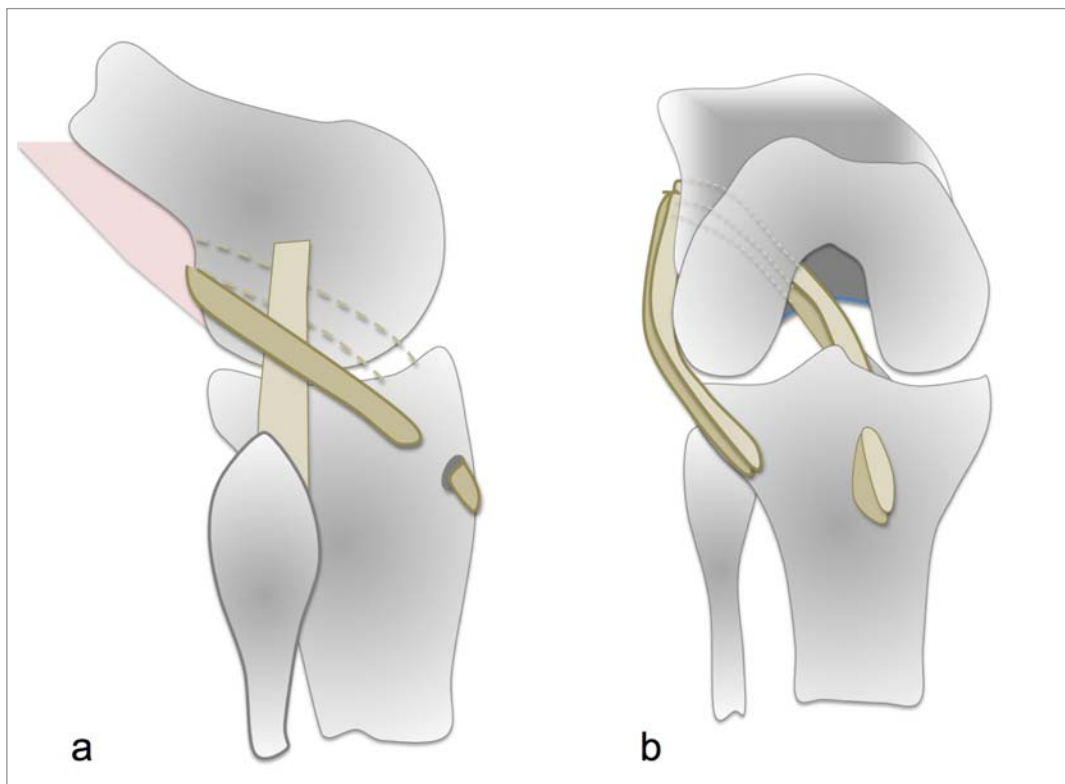


Fig. 3. Técnica de Zarins y Rowe, un MacIntosh 2 con refuerzo extraarticular con tendón libre del m. semitendinoso. a. visión lateral, b. visión frontal.

comendaba el avance distal de la inserción del LLI, lo cual exigía la resección del menisco interno para estabilizar una rodilla con el LCA roto. Pero, sin embargo, lo más interesante de su técnica fue la colocación de una ortesis móvil durante seis-ocho semanas.

El trabajo de Palmer [3], publicado en 1938, fue la base de los conocimientos básicos de las lesiones ligamentosas de la rodilla, pues describe su anatomía, biomecánica y la indicación del tratamiento. Discutió el «signo del cajón», por primera vez en la literatura, y dio cuenta de los hallazgos radiográficos e histológicos. Palmer [x3] utilizó la técnica de Hey-Groves [77][80] y mencionó la necesidad de efectuar los orificios de los túneles adecuadamente, por lo que desarrolló una guía semejante a las actuales.

En 1939, Macey [134] también había propuesto los tendones isquiotibiales como injerto para sustituir un LCA roto, pero fue mucho más tarde cuando Zarins y Rowe [85] popularizaron la técnica al publicar sus resultados con tendones de la pata de ganso (Figura 3).

Hauser [135], en 1947, presentó una nueva reconstrucción extraarticular utilizando una porción distal del ligamento rotuliano. Lo fijaba, mediante grapas o agujas, en el punto de inserción femoral del LLI, pensando que así dupli-

caba la función del LCA y reforzaba las estructuras mediales, tan frecuentemente debilitadas. Por su parte, en el mismo año, Helfet [136], para reforzar el complejo interno de la rodilla, desplazaba la tuberosidad tibial medial, controlando así la rotación externa de la tibia. Además, pasaba el tendón del m. semitendinoso por un canal longitudinal medial, en línea con el LLI, para provocar la rotación interna del fémur con la flexión. Los resultados eran buenos, únicamente, si el paciente era capaz de contraer los isquiotibiales; la inestabilidad pasiva permanecía.

En 1950, Lindemann [71] 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 (Figura 4). 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 30° a 40°. A las ocho semanas, la flexión y extensión debían ser completas o, al menos, llegar hasta los 90° [137]. Por su parte, Ficat [138] sistematizó esta técnica conservando el fundamento «dinámico» de la estabilización articular con la contracción muscular refleja ante las tensiones ejercidas por el

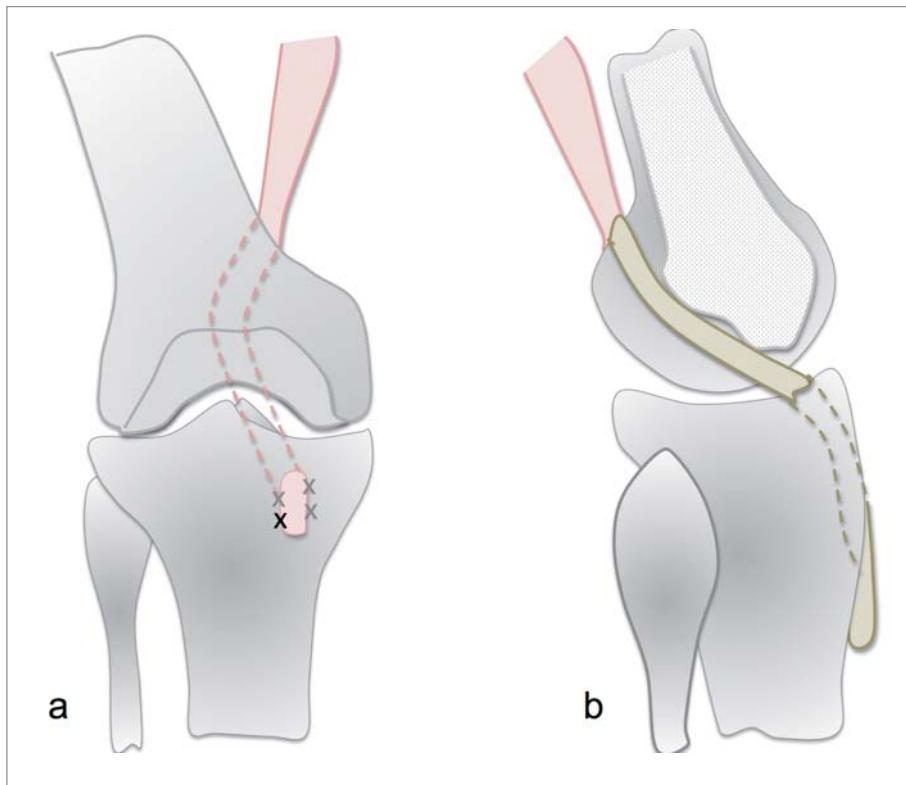


Fig. 4. Técnica de Lindemann, 1950, a. visión frontal, b. visión lateral.

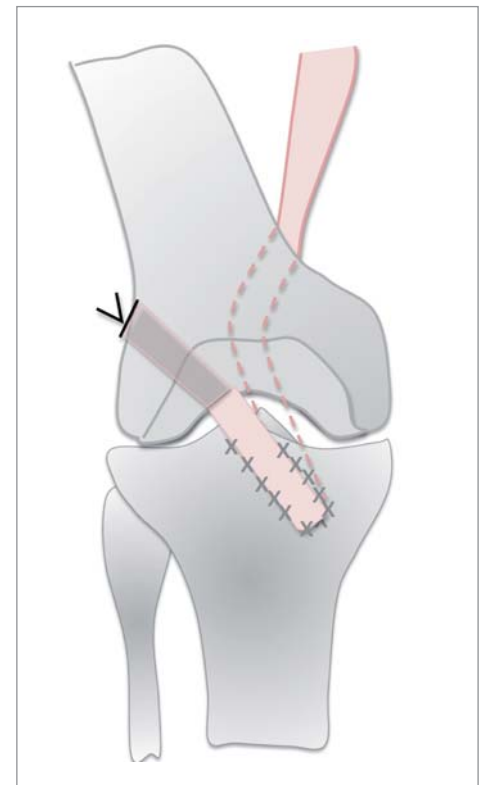


Fig. 5. Técnica de Lindemann modificada por Bousquet.

tendón, fijando este sobre el LLI. Bousquet [139] añadió una función «estática» al reintroducir distal al tendón en la articulación, fijándolo, tras realizar un túnel transóseo, en el condilo externo [140-142] (Figura 5).

En la línea de las reconstrucciones dinámicas, Augustine [90] aportó su técnica. El tendón del m. semitendinoso, después de liberarlo distalmente, se pasaba por la escotadura intercondílea y por un túnel tibial para fijarlo a su salida (Figura 6). Como en el caso de la técnica de Helfet [136], los resultados dependían de una buena rehabilitación.

Para obtener mejores resultados, O'Donoghue [14][15] 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 [77][80] y, a diferencia de Helfet [136] y Augustine [90], pensaba que una reconstrucción dinámica con los tendones de los isquiotibiales no funcionaba (Figura 7).

En 1959, Lindstrom [141] 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 [143], en 1972, desechó esta técnica ante los malos resultados obtenidos.

La década de los 60

Fue en este decenio cuando Jones [97] recomendó el injerto autólogo hueso-tendón-hueso (H-T-H) con el tercio central del ligamento rotuliano (Figura 8), aunque sería Clancy [32] quien lo popularizó. El H-T-H pasó de emplear el tercio medial al injerto del tercio central. Inicialmente, Clancy [143] lo combinaba con técnicas extraarticulares de refuerzo, hasta que O'Brien [119] demostró que no eran necesarias. Sin embargo, la idea original había sido de Campbell [99], quien en 1936 propuso la utilización de tiras de la porción interna del ligamento rotuliano. En 1963, Clancy [32] defendió la técnica propuesta por Jones [97] pero extrayendo el tercio central del ligamento vascularizado, es decir, con el tejido adiposo subyacente para mejorar su integración [139][144-146] (Figura 9). Brückner y Brückner [147], en 1966, utilizaban una porción del ligamento rotuliano, técnica que diez años después, en 1976 (Figura 10), fue mejorada sustancialmente por Eriksson, quien se apoyó en una idea de Broström [148].

En 1968, Lam [91] 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 360° para simular

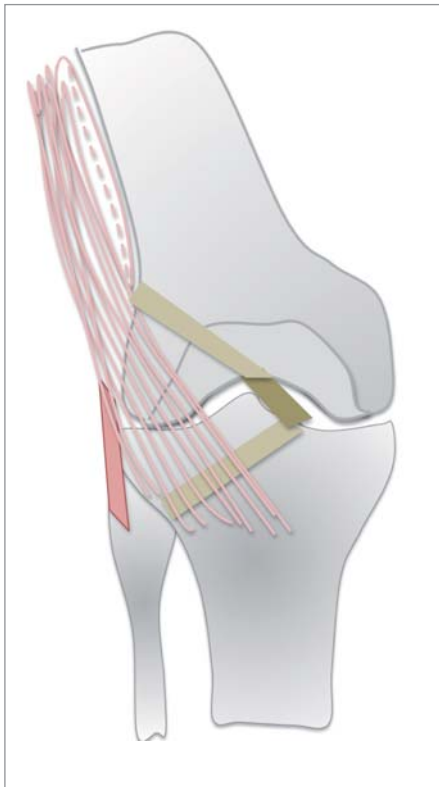


Fig. 6. Técnica de Augustine, 1956. Proyección lateral.

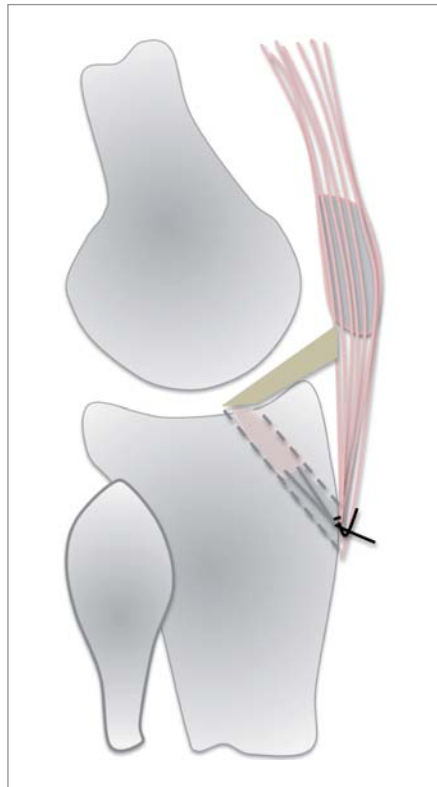


Fig. 7. Técnica de O'Donoghue, 1963.

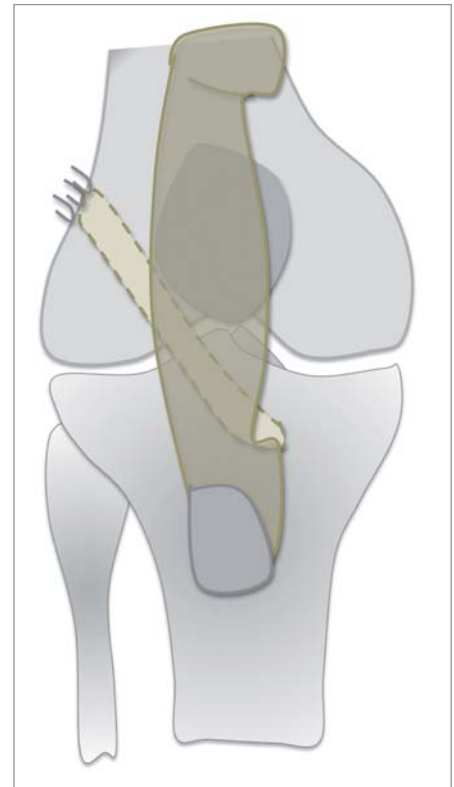


Fig. 8. Técnica de Jones, 1963.

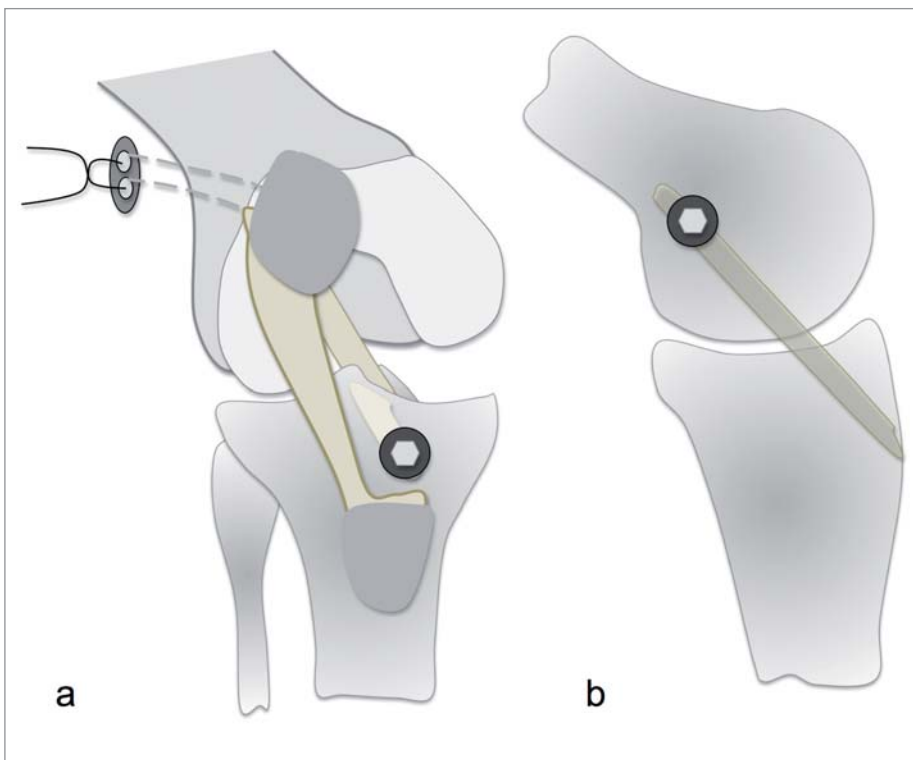


Fig. 9. Técnica de Clancy con tercio rotuliano libre y tendones de la pata de ganso como refuerzo extraarticular. a. proyección frontal, b. proyección lateral.

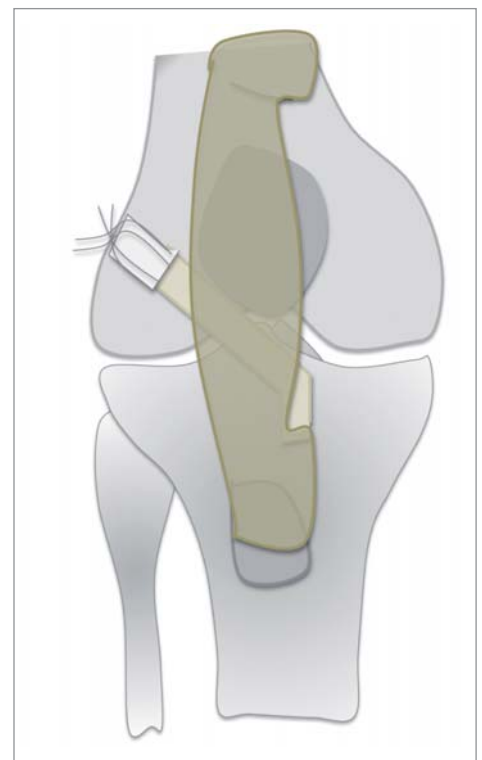


Fig. 10. Técnica de Brückner y Brückner, 1969.

la morfología helicoidal del LCA. En 1970, en un intento de efectuar una sola incisión, Jones [98] describió la utilización de un tornillo percutáneo para fijar el hueso rotuliano en el túnel femoral.

Ese mismo año, Slocum *et al.* [149-151] 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 [152], 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 [153].

Los años 70

Kennedy y Fowler [154] demostraron que el LCA puede estar lesionado sin afectación de las estructuras capsulares internas. En los años siguientes, Galway y MacIntosh [155] dieron a conocer el fenómeno del *pivot shift*, que Hughston *et al.* [156] 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 *et al.* [78][79][157] describieron la prueba del *pivot shift*, modificada posteriormente por otros autores [83][150], como patognómico de la rodilla con insuficiencia por rotura del LCA. Por su parte, Torg *et al.* [158] 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 [78], en el Toronto General Hospital, describió una reconstrucción intraarticular utilizando una banda de la cintilla iliotibial, conocida como técnica McIntosh 1, que Andrews [159][160] 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 *et al.* [161] utilizaron el tendón del m. recto interno, Cho *et al.* [70] y Lipscomb *et al.* [74] publicaron sus técnicas con el tendón del m. semitendinoso, como ya había hecho Macey [134] en 1939, mientras que Horne y Parsons [162] 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 [155]. Collins *et al.* [163] y Tillberg *et al.* [164] volvieron a utilizar el menisco como injerto, demostrando mejores resultados que Walsh [143].

En esta época, en la que todavía no se había abandonado la sutura primaria del LCA roto, Feagin [164] sorprendió con sus entusiásticos 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 *et al.* [79] 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 [92], se convirtió en el tratamiento de elección (Figura 11). Pero el propio Marshall [92][93] la abandonó, pasando a efectuar reconstrucciones con fascia lata. En 1979, siete años después de su presentación, Feagin [165] 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 [82], Insall [83] utilizó una banda de la cintilla iliotibial intraarticular, fijándola en la cara anterior de la tibia (Figura 12). McIntosh [78] cambió su técnica, pasando el injerto intrarticular con un túnel tibial, que fue conocida como McIntosh 2 (Figura 13), 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 (Figura 14). 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 [166]. Curiosamente, a pesar de

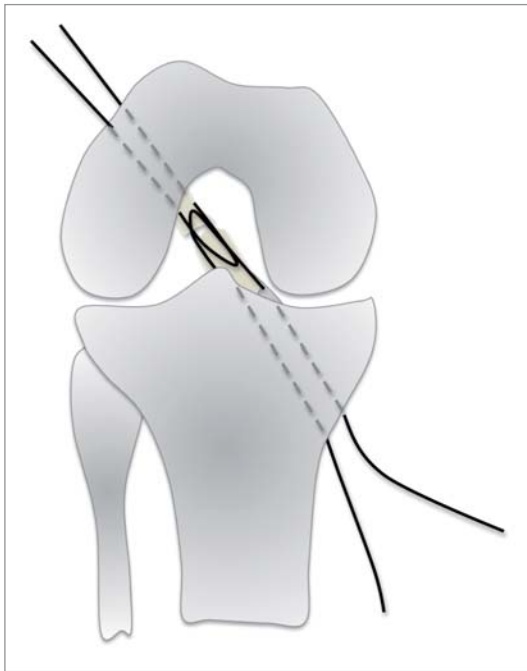


Fig. 11. Técnica de Marshall. Reparación primaria con fijación de la sutura *over the top*.

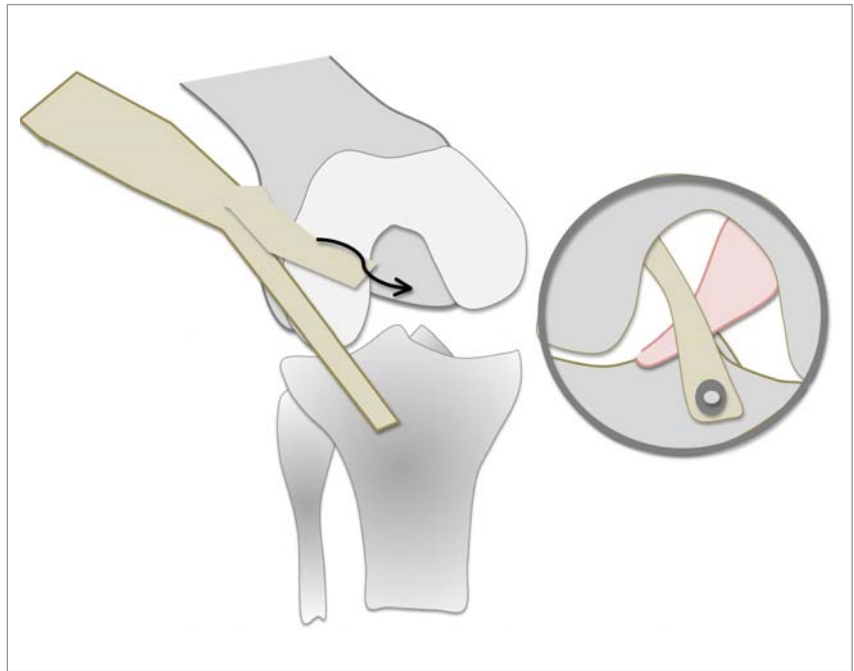


Fig. 12. Técnica dinámica de Insall con cinta ilirotibial, pasando el injerto intraarticular sin desinsertarlo proximalmente.

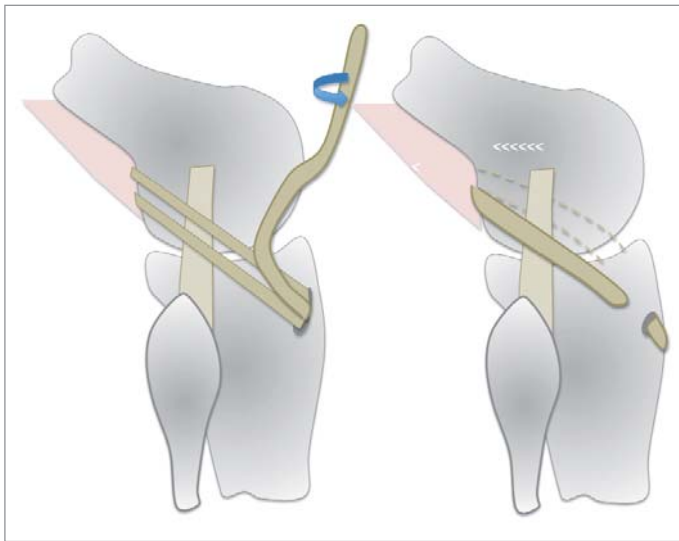


Fig. 13. Técnica de MacIntosh 2, con tira de la cinta ilirotibial que se desinserta proximal y pasa *over the top* por el condilo femoral y por un túnel intraarticular en la tibia.

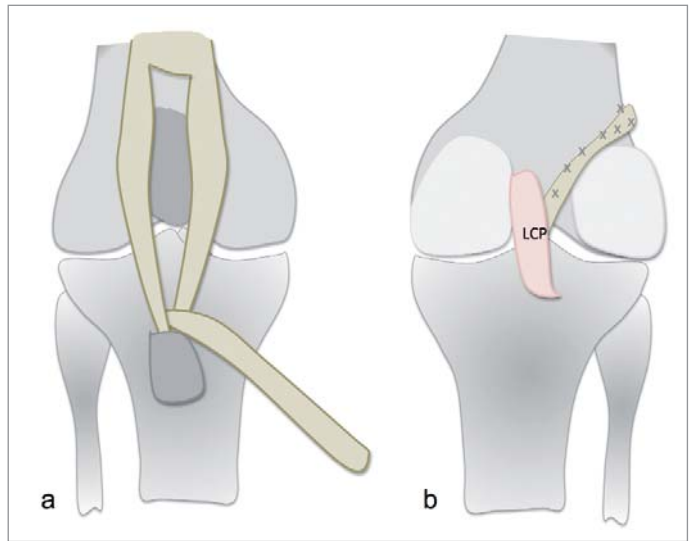


Fig. 14. Técnica de MacIntosh 3. a. vista anterior, b. vista posterior (LCP = ligamento cruzado posterior).

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 ilirotibial se hizo más popular para corregir las inestabilidades ántero-laterales o combinadas. En esa época se describieron técnicas que utilizaban esta cinta. Losee *et al.* [84] liberaban la cinta proximalmente, pasando por

un túnel extracapsular, por debajo del m. gemelo externo, a través del condilo femoral lateral, de delante atrás, y después, de nuevo, hacia delante, por debajo del ligamento lateral externo, hasta llegar al tubérculo de Gerdy (Figura 15). Tanto MacIntosh [78] como Losee [84] desinsertaban la cinta proximal, pero Ellison [82] describió una reconstrucción «dinámica» desinsertando la cinta distal, rotando

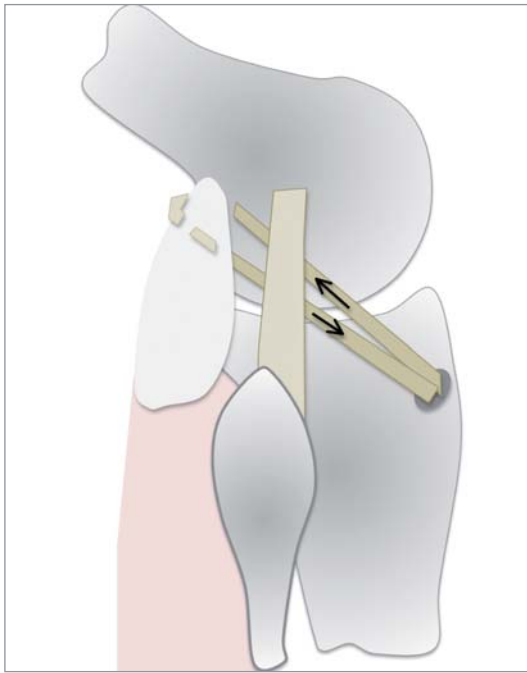


Fig. 15. Técnica de Losse, semejante al MacIntosh 1 pero pasando el injerto por un túnel extraarticular por debajo del m. gemelo externo.

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 [21]. 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 *et al.* [167] demostraron que una gran mayoría de las rodillas operadas no obtenían buenos resultados.

Unverferth y Bagenstose [168] combinaron la técnica de Ellison [81] con una cápsulorrafia antero-medial, una transferencia de la pata de ganso y un avance parcial del m. bíceps femoral. Youmans [169], además, combinó una reconstrucción extraarticular medial y lateral. Andrews [159][160] 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 (Figura 16).

Siguiendo en esta línea, Nicholas y Minkoff [170] 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 póstero-medial, adelantamiento de la parte posterior del m. vasto medial y transferencia de la pata de ganso. Como se puede ver, al igual que Hughston [156], consideraron que el ángulo póstero-interno era la llave para obtener buenos resultados. Pasado el tiempo, estas técnicas tampoco obtuvieron los resultados esperados. Ellison *et al.* [82] modificaron su técnica asociando un adelantamiento del m. 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 [83][110][139][144][145][171-174]. Según Marín *et al.* [171], desaparecía el *pivot-shift* aunque persistía un cajón neutro o rotatorio externo con la rodilla a 90° de flexión. Bray *et al.* [47] 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 complica-

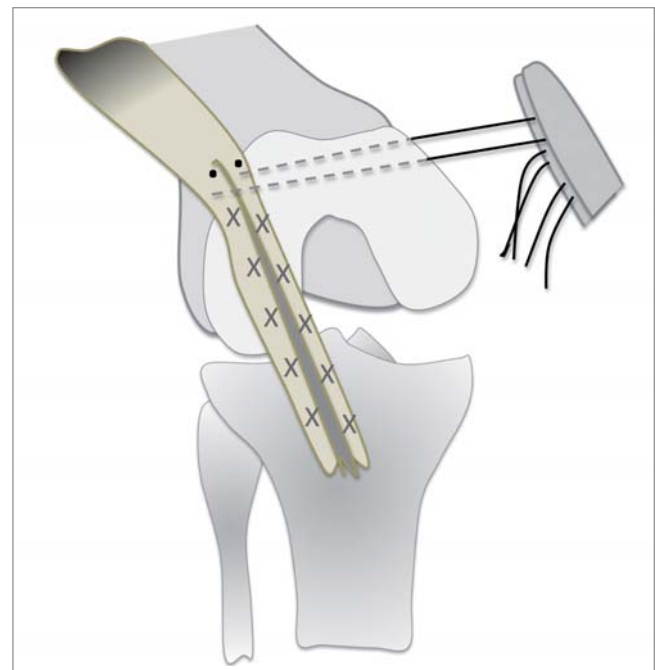


Fig. 16. La llamada técnica «mini» de Andrews, con dos tira de la cinta iliotibial fijadas al cóndilo femoral de manera que la tira anterior se tensa en flexión y la posterior en extensión.

ciones. Sin embargo, ambos grupos presentaron un deterioro progresivo a partir de los tres años de la cirugía.

Como hemos señalado, el ligamento rotuliano ya había sido utilizado, pero fue en esta época cuando se popularizó su uso [46][86][95][96], tomando la porción interna para pasarla por los túneles tibiales y femorales. En 1979, Marshall *et al.* [93] enrollaron, como si fuera un cigarrillo, la porción central del ligamento rotuliano con la fascia prerrotuliana y una tira central del tendón del m. 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 *et al.* [175] 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 [176] 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 *et al.* [177], como Palmer [3] 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 *et al.* [102] 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 *et al.* [2] 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 [150], pero con cuidado, pues la transposición podría agravarla.

Por su parte, Hughston *et al.* [156] 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 [3], aunque no faltaron ciertas reticencias con esta prueba [177-180]. Sin embargo, Hughston *et al.* [156] escribieron que en «200 artrotomías observando un LCA normal no vimos ni un solo LCA tenso a 90° 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».

Los últimos años del siglo XX

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 [157] y Noyes *et al.* [28][181] 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 *et al.* [145] recomendaban como cirugías más apropiadas la cuadricepsplastia tipo McIntosh, la plastia con refuerzo protésico de Dacron o el trasplante libre vascularizado tipo Clancy.

Noyes *et al.* [102][182] habían demostrado la eficacia mecánica del tercio central del ligamento rotuliano como plastia y constataron que una porción de 14-15 mm de anchura era 1,5 veces más resistente que el LCA normal; además, como había demostrado experimentalmente Clancy [144], 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 [183] 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 [184-186].

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 *et al.* [105] 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 o juegos con niños pequeños en el suelo [187]. La toma de injerto del ligamento rotuliano puede molestar, especialmente en la zona de la tuberosidad anterior de la tibia [112], 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 [187].

Sin embargo, con la experiencia adquirida hasta ese momento, en la Universidad de Pittsburgh [188], 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 *et al.*, [189], 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 [105][106][189][190], con consecuencias directas sobre la evolución y resultados del tratamiento [108][190]. 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 [191-192], pero aumentaba al 23% en pacientes con rotura del LCA combinada con rotura del LLI [191] o al 35% en un grupo de pacientes con rotura aguda y reparación inmediata [117].

En su publicación de 1988, Bray *et al.* [166] plantean cuatro aspectos a considerar en la cirugía del LCA. El primero seguía siendo la indicación de la técnica intra o extra-articular y señala el curioso comentario de Helfet [193], 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 recomendaban Noyes *et al.* [182]. 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 [194] 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 [195]. Una idea estaba clara: la fijación correcta e isométrica del injerto era el factor técnico más importante para obtener buenos resultados [196-201]. Además, como también señalaron Hamada *et al.* [202], 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» [203].

Hoy, años después, disponemos 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 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 no olvidar. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Burnett QM, Fowler PJ. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: historical overview. *Orthop Clin North Am* 1985; 16:143-57.
2. Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament: as determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg (Am)* 1974; 56-A:223-5.
3. Palmer I. On the injuries to the ligaments of the knee joint; clinical study. *Acta Chir Scand* 1938 (suppl 53).
4. Davies DV. Synovial membrane and synovial fluid of joints. *Lancet* 1946; 2:815-8.
5. Davies DV, Edwards DAW. The blood supply of the synovial membrane and intra-articular structures. *Ann Coll Surg Eng* 1948; 2:142-56.
6. Gardner E. Reflex muscular responses to stimulation of articular nerves in the cat. *Am J Physiol* 1950; 161:133-41.
7. Arnoczky SP, Rubin RM, Marshall JL. Microvasculature of the cruciate ligaments and its response to injury: an experimental study in the dog. *J Bone Joint Surg (Am)* 1979; 61A:1221-9.
8. Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Rel Res* 1983; 172:19-25.
9. Trillat A. Laxités post traumatiques du genou. Symposium XLVI. Reunion Annuelle de la SOFCOT. *Rev Chir Orthop* 1972; 58(suppl 1):111
10. Sandberg R, Balkfors B, Nilsson B, Westlin N. Operative versus non-operative treatment of recent injuries to the ligaments of the knee. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987; 69-A:1120-6.
11. Moragas Badia J. Lesiones ligamentosas recientes de la rodilla. *Acta Ortop Traumatol Ibérica* 1956; 4:204-14.
12. Steadman JR, Cameron-Donaldson ML, Briggs KK, Rodkey WG. A minimally invasive technique («healing response») to treat proximal ACL injuries in skeletal immature athletes. *J Knee Surg* 2006; 19:8-13.
13. Clayton ML, Weir GJ. Experimental investigations of ligamentous healing. *Am J Surg* 1959; 98:373-8.
14. O'Donoghue DH. An analysis of end results of surgical treatment of major injuries to ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 1955; 37-A:1-13.
15. O'Donoghue DH. A method for replacement of the anterior cruciate ligament of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 1963; 45-A:905-24.
16. Laros GS, Tipton CM, Cooper RR. Influence of physical activity on ligament insertions in the knees of dogs. *J Bone Joint Surg (Am)* 1971; 53-A:275-86.
17. Jonash E. *Das Kniegelenk*. Berlin: de Gruyter, 1964.
18. Burri C, Helbing G, Rüter A. Die Behandlung der posttraumatischen Bandinstabilität am Kniegelenk. *Orthopäde* 1974; 3:1984-92.
19. Quigley TB. Injuries to the ligaments of the knee. *Clin Orthop Rel Res* 1954; 3:20-8.
20. Hughston JC, Eilers AF. The role of posterior oblique ligament in repairs of acute medial (collateral) ligament tears of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 1973; 55-A:923-40.
21. McCulloch P, Latterman C, Boland AL, Bach BR. An illustrated history of anterior cruciate ligament surgery. *J Knee Surg* 2007; 20:95-104.
22. Pinkowski JL, Reiman PL, Chen SL. Human lymphocyte reaction to freeze-dried allograft and xenograft ligamentous tissue. *Am j Sports Med* 1989; 17:595-600.
23. McMaster WC. Bovine xenograft collateral ligament replacement in the dog. *J Orthop Res* 1985; 3:492-8.
24. Butler DL, Hulse DA, Kay M. Biomechanics of cranial cruciate ligament reconstruction in the dog. II. Mechanical properties. *Vet Surg* 1983; 12:113-8.
25. Clancy WG, Narechania RG, Rosenberg TD, Gmeiner JG, Wisnefske DD, Lange TA. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys-a histological, microangiographic, and biomechanical analysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1981; 63-A:1270-84.
26. Drez DJ, DeLee J, Holden JP, Arnoczky S, Noyes FR, Robert TS. Anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone allografts-a biological and biomechanical evaluation in goats. *Am J Sports Med* 1991; 19:256-63.
27. McCarthy JA, Steadman JR, Dunlap J, Shively R, Stonebrook S. A nonparallel, nonisometric synthetic graft augmentation of a patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction. A model for assessment of stress shielding. *Am J Sports Med* 1990; 18:43-9.
28. Noyes FR, Butler DL, Paulos LE, Grood ES. Intra-articular cruciate reconstructions. 1: Perspectives on graft strength, vascularization and immediate motion after replacement. *Clin Orthop Rel Res* 1983; 172:71-7.
29. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1990; 18:292-9.
30. Arnoczky SP, Tarvin GB, Marshall JL. ACL replacement using patellar tendons. *J Bone Joint Surg (Am)* 1982; 64-A:217-24.
31. Arnoczky SP, Warren RF, Ashlock MA. Replacement of the anterior cruciate ligament using a patellar tendon allograft. An experimental study. *J Bone Joint Surg (Am)* 1986; 66-A:376-85.
32. Clancy W. Anterior cruciate ligament functional instability. *Clin Orthop Rel Res* 1963; 172:102-6.

33. Cordrey LJ. A comparative study of fresh autogenous and preserved homogenous tendon grafts in rabbits. *J Bone Joint Surg (Br)* 1963; 58-B:182-95.
34. Curtis RJ, De Lee JC, Drez DJ. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with freeze dried fascia lata allografts in dogs. A preliminary report. *Am J Sports Med* 1985; 13:408-14.
35. Czitrom AA, Langer F, McKee N, Gross AE. Bone and cartilage allotransplantation. A review of 14 years of research and clinical studies. *Clin Orthop Rel Res* 1986; 208:141-5.
36. Peacock EE, Madden JW. Human composite flexor tendon allografts. *Am Surg* 1967; 166:62-92.
37. Horibe S, Shino K, Taga I, Inoue M, Ono K. Reconstruction of lateral ligaments of the ankle with allogeneic tendon grafts. *J Bone Joint Surg (Br)* 1991; 73-B:802-5.
38. Shino K, Inoue M, Horibe S, Nagano J, Ono K. Maturation of allograft tendons transplanted into the knee: an arthroscopic and histological study. *J Bone Joint Surg (Br)* 1988; 70-B:556-60.
39. Friedlander GE. Current concepts review: bone banking. *J Bone Joint Surg (Am)* 1982; 64-A:307-11.
40. Jackson DW, Grood ES, Wilcox P, Butler DL, Simon TM, Holden JPL. The effects of processing techniques on the mechanical properties of bone-anterior cruciate ligament-bone allografts: an experimental study in goats. *Am J Sports Med* 1988; 16:101-5.
41. Jackson DW, Grood ES, Arnoczky SP, Butler DL, Simon TM. Freeze-dried anterior cruciate ligament allografts. Preliminary studies in a goat model. *Am J Sports Med* 1987; 15 :295-303.
42. Jackson DW, Grood ES, Arnoczky SP, Butler DL, Simon TM. Cruciate reconstruction using freeze dried anterior cruciate ligament allograft and a ligament augmentation device (LAD): an experimental study in a goat model. *Am J Sports Med* 1987; 15:528-38.
43. Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J Anat* 1967; 101:505-32.
44. Cabot JR. Traitement chirurgical des lesions recentes de l'appareil capsuloligamentaire du genou dans le sport. *Medicina Sportiva* 1957; 12:620-36.
45. Cabaud HE, Feagin JA, Rodkey WG. Acute anterior cruciate ligament injury and augmented repair: experimental studies. *Am J Sports Med* 1980; 8:395-401.
46. Gillquist J, Liljedahl SO, Lindvall H. Reconstruction for old rupture of the anterior cruciate ligament. A follow-up study. *Injury* 1971; 2:271-8.
47. Bray RC, Flanagan JP, Dandy DJ. Reconstruction for chronic anterior cruciate instability. A comparison of two methods after six years. *J Bone Joint Surg (Br)* 1988; 70-B:100-5.
48. Blazina MES, Kennedy JC. Surgical technique for prosthetic cruciate ligament replacement. Richards Man Co Inc, Memphis, 1975
49. Kennedy J. Application of prosthetics to anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *Clin Orthop Rel Res* 1983; 172:125-8.
50. Dandy DJ, Gray AJR. Anterior cruciate ligament reconstruction with the Leeds-Keio prosthesis plus extra-articular tenodesis. Results after six years. *J Bone Joint Surg (Br)* 1994; 76-B:193-7.
51. Fujikawa K, Iseki F, Seddhom BB. Arthroscopy after anterior cruciate ligament reconstruction with Leeds-Keio ligament. *J Bone Joint Surg (Br)* 1989; 71-B:566-70.
52. Fujikawa K, Seedhom BB, Matsumoto H. Anterior cruciate reconstruction with the Leeds-Keio artificial ligament. *Orthopaedics (Int Ed)* 1995; 3:53-64.
53. Mockwitz J, Contzen H. Alloplastic correction of chronic knee ligament instability with polyaethyleneterephthalate. *Akt Probl Chir Orthop* 1983; 26:110-5.
54. Paavolainen P, Makisalo S, Skutnabb K, Holmstrom T. Biologic anchorage of cruciate ligament prosthesis. Bone ingrowth and fixation of Gore-Tex ligament in sheep. *Acta orthop scand* 1993; 64:323-8.
55. Bolton CW, Bruchman WC. The GORE-TEX expanded poly-tetra-fluoro-ethylene prosthetic ligament: an in vitro and in vivo evaluation. *Clin Orthop Rel Res* 1985; 196:202-13.
56. McPherson GK, Mendenhall HV, Gibbons DF, Plenk H, Rottmann W, Sandford JB, *et al.* Experimental mechanical and histologic evaluation of the Kennedy ligament augmentation device. *Clin Orthop Rel Res* 1985; 196:186-95.
57. Bejui J, Drouin G. Carbon fiber ligaments. *CRC Critical Reviews in Biocompatibility* 1988; 4:79-108.
58. Jimeno E, Ginebreda I, Ribas M, Vilarrubias JM. Tratamiento con plastias artificiales de los ligamentos cruzados de la rodilla en los deportistas. *Rev Ortop Traumatol* 1985; 29IB:351-63.
59. Jenkins DHR. The repair of cruciate ligaments with flexible carbon fibre. A longer term study of the induction of new ligaments and of the fate of the implanted carbon. *J Bone Joint Surg (Br)* 1978; 60-B:520-2.
60. Grood ES, Noyes FR. Cruciate ligament prosthesis: strength, creep, and fatigue properties. *J Bone Joint Surg (Am)* 1976; 58-A:1083-8.
61. Dunn MG, Tria AJ, Kato YP, Bechler JR, Ochner RS, Zawadzky JP, *et al.* Anterior cruciate ligament reconstruction using a composite collagenous prosthesis. A biomechanical and histologic study in rabbits. *Am J Sports Med* 1992; 20:507-15.

62. Marx RB, Jones EC, Angel M, Wickiewicz TL, Warren RF. Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. *Arthroscopy* 2003; 19:762-70.
63. Asociación Española de Artroscopia (AEA). Informe sobre el perfil de la cirugía artroscópica en España. *Cuadernos de Artroscopia* 2001; 8:10-21.
64. Serpell BG, Scarvell JM, Ball NB, Smith PN. Mechanisms and risk factors for non-contact ACL injury in age mature athletes who engage in field or court sports: a summary of literature since 1980. *J Strength Cond Res* 2011
65. Campbell JD. The evolution and current treatment trends with anterior cruciate, posterior cruciate, and medial collateral ligament injuries. *Am J Knee Surg* 1998; 11:128-35.
66. Bach BR, Adalen KJ, Dennis MG, Carreira DS, Bojchuk J, Heyden JK, Bush-Joseph CA. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using fresh-frozen, nonirradiated patellar tendon allograft. *Am J Sports Med* 2005; 33:284-92.
67. Vaquero J, Calvo JA, Forriol F. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Trauma Fundación MAPFRE* 2008; 19 (supl 1): 22-38
68. Poehling GG, Curl WW, Lee CA, Ginn TA, Rushing JT, Stat M. and cols. Análisis of outcomes of anterior cruciate ligament repair with 5-year follow-up: allograft versus autograft. *Arthroscopy* 2005; 21: 774-85.
69. Valentí JR, Sala D, Schweitzer D. Anterior cruciate ligament reconstruction with fresh-frozen patellar tendon allografts. *Int Orthop* 1994; 18:210-4.
70. Cho KO. Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1975; 57-A:608-12.
71. Lindemann K. Über den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzungen. *Z Orthop* 1950; 79:316.
72. Zaricynj B. Reconstruction of the anterior cruciate ligament using free tendon graft. *Am J Sport Med*, 1983; 11:164-76.
73. Dutoit GT. Knee joint cruciate ligament substitution. The Lindemann (Heidelberg) operation. *S Afr J Surg* 1967; 5:25-30.
74. Lipscomb AB, Johnston RK, Snyder RB. The technique of cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med* 1981; 9:77-81.
75. Viernstein K, Keyl W. Operationen am Kniegelenk. En: B. Breitner (editor) *Chirurgische Operationslehre, T. IV/2, Urban&Schwarzenberg, Munich* 1973
76. Witt AN, Jager M, Refior HJ, Wirth CJ. Das instabile Kniegelenk. *Arch Orthop Unfall-Chir* 1974, 78:362
77. Hey Groves EW. Operation for the repair of the crucial ligaments. *Lancet* 1917, II:674
78. Amirault JD, Cameron JC, MacIntosh DL, Marks P. Chronic anterior cruciate ligament deficiency. Long term results of MacIntosh lateral substitution reconstruction. *J Bone Joint Surg (Br)* 1988, 70-B:622-4.
79. Ostermann K, Kujala UM, Kivimaki J, Ostermann H. The MacIntosh lateral substitution reconstruction for anterior cruciate deficiency *International Orthopaedics (SICOT)* 1993; 17:224-7.
80. Hey Groves EW. The crucial ligaments of the knee joint: their function, rupture, and operative treatment of the same. *Br J Surg* 1920: 7:505-15.
81. Ellison AE. Distal iliotibial band transfer for anterolateral rotatory instability of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 1979; 61-A:330-7.
82. Ellison AE, Wieneke K, Benton LJ, White ES. Preliminary report: results of extra-articular anterior cruciate replacement. *J Bone Joint Surg* 1976; 58-A:736.
83. Insall J, Joseph DM, Aglietti P, Campbell D. Bone blok iliotibial band transfer for anterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg (Am)* 1981; 63-A: 560-9.
84. Losee RE, Johnson TR, Southwick WO. Anterior subluxation of the lateral tibial plateau: a diagnostic test and operative repair. *J Bone Joint Surg (Am)* 1978; 60-A:1015-30.
85. Zarins B, Rowe CR. Combined anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and iliotibial tract. *J Bone Joint Surg (Am)* 1986; 68-A:160-277.
86. Alm A, Gillquist J. Reconstruction of the anterior cruciate ligament by using the medial third of the patellar ligament. *Acta chir scand* 1974; 140:289-96.
87. Alm A, Ekstrom H, Gillquist J. The anterior cruciate ligament. *Acta orthop scand (suppl)* 1974; 445:3-49.
88. Alm A, Stomberg B. Vascular anatomy of the patellar and cruciate ligaments. *Acta Chir Scand (suppl)* 1974; 445:3-49
89. Alm A. Old injuries of the ligaments of the knee joint. *Acta Chir Scand* 1974; 140:283
90. Augustine RW. The unstable knee. *Am J Surg* 1956; 92:380-8.
91. Lam SJS. Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the Jones procedure and its Guy's Hospital modification. *J Bone Joint Surg (Am)* 1968; 50-A:1213-24.
92. Marshall JL, Warren RF, Wickiewicz TL. Primary surgical treatment of anterior cruciate ligament lesions. *Am J Sports Med* 1982; 10:103-7.
93. Marshall JL, Warren RF, Wickiewicz TL, Reider B. The anterior cruciate ligament: a technique of repair and reconstruction. *Clin Orthop Rel Res* 1979; 143:97-106.
94. Bruckner H. Eine neue Methode der Kreuzbandplastik. *Chirurg* 1966, 37:413-4.

95. Eriksson E. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am* 1976; 7:167-79.
96. Eriksson E. Sports injuries of the knee ligaments. their diagnosis, treatment, rehabilitation, and prevention. *Med Sci Sports* 1976; 8:133-44.
97. Jones KG. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. A technique using the central one-third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg (Am)* 1963; 45-A:925-32.
98. Jones KG. Results of use of the central one-third of the patellar ligament to compensate for anterior cruciate ligament deficiency. *Clin Orthop Rel Res* 1980; 147:39-44.
99. Campbell WC. Repair of the ligaments of the knee. *Surg Gynecol Obstet* 1936; 62:964-96
100. Beynon BD, Pope MH, Wertheimer CM, Jonson RJ, Fleming BC, Haugh LD. The effect of functional knee braces on anterior cruciate ligament strain in-vivo. *J Bone Joint Surg (Am)* 1992; 74-A:1298-312.
101. Beynon BD, Fleming BC, Johnson RJ, Nichols CE, Renström PA, Pope MH. Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. *Am J Sports Med* 1995; 23:24-34.
102. Noyes FR, De Lucas JL, Torvik PJ. Biomechanics of anterior cruciate ligament failure: An analysis of strain-rate sensitivity and mechanisms of failure in primates. *J Bone Joint Surg (Am)* 1974; 56-A:236-53.
103. Lambert KL. Vascularized patellar tendon graft with rigid internal fixation for anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Rel Res* 1983; 172:85-9.
104. Graf B, Uhr F. Complications of intra-articular anterior cruciate reconstruction. *Clin Sports Med* 1988; 7:835-48.
105. Burks RT, Haut RD, Lancaster BS. Biomechanical and histological observations on the dog patellar tendon after removal of its central one-third. *Am J Sports Med* 1990; 18:146-53.
106. Sachs RA, Daniel DM, Stone ML, Garfein RF. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1989; 17:760-5.
107. Amis AA, Zavras TD. Isometricity and graft placement during anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 1995; 2:5-17.
108. Paulos L, Frank EP, Rosenberg TD. Comparative material properties of allograft tissues for ligament replacement: effect of type, age, sterilization and preservation. *Trans Orthop Res Soc* 1987, 12:129
109. Bonamo JJ, Krinick RM, Sporn AA. Rupture of the patellar ligament after use of its central third for anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg (Am)* 1984; 66-A:1294-7.
110. Ritter MA, Leaming ES, McCarroll JR. Preliminary report on the Jones, Ellison, Slocum (JES) repair for symptomatic anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* 1983; 11:89-94.
111. Langan P, Fontanetta AP. Rupture of the patellar tendon after use of its central third. *Orthop Rev* 1987; 16:317-21.
112. Mastrokalos DS, Springer J, Siebold R, Paessler HH. Donor site morbidity and return to the preinjury activity level after anterior cruciate ligament reconstruction using ipsilateral and contralateral patellar tendon autograft. A retrospective, nonrandomized study. *Am J Sports Med* 2005; 33:85-93.
113. Golblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: Meta-Analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy* 2005; 21:791-803.
114. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single-versus double-bundle multistranded hamstrings tendons. *J Bone Joint Surg (Br)* 2004; 86-B:515-20.
115. Amis AA, Scammell BE. Biomechanics of intra-articular and extra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg (Br)* 1993; 75-B:812-7.
116. Jensen JE, Slocum DB, Larson RL, James SL, Singer KM. Reconstruction procedures for anterior cruciate ligament insufficiency: a computer analysis of clinical results. *Am J Sports Med* 1983; 11:240-8.
117. Strum GM, Fox JM, Ferkel RD, Dorey FH, Del Pizzo W, Friedman MJ, *et al.* Intraarticular vs intraarticular and extraarticular reconstruction for chronic anterior cruciate ligament instability *Clin Orthop Rel Res* 1989; 245:188-98.
118. Roth JH, Kennedy JC, Lockstadt H, McCallum CL, Cunnning LA. Intraarticular reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without extrarticular supplementation by transfer of the biceps femoris tendon. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987; 69-A:275-8.
119. O'Brien SJ, Warren RF, Paulov H, Panarello R, Wickiewicz T. Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg (Am)* 1991; 73-A:278-86.
120. Stark J. Two cases of rupture of the crucial ligaments of the knee joint. *Edimburg Med Surg J* 1850; 74:267
121. Robson AWM. Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. *Ann Surg* 1903; 37:716
122. Smith A. The diagnosis and treatment of injuries of the crucial ligaments. *Br J Surg* 1918; 6:176-89.
123. Putti V. La riconstruzione dei ligamenti crociati del ginocchio. *Chir Org Mov* 1920; 4:96
124. Holzel P. Fall von Zerressung beider Kreuzbänder des linken Kniegelenks, geheilt durch Ersatz aus dem luxierten ausseren Meniskus. *Munch Med Wochenschr* 1917; 28
125. Bertocchi C, Bianchetti M. Sull evoluzione degli innesti au-

- toplastici transossei e transarticolari di fascia e di tendine con particolare riguardo alla ricostruzione dei legamenti crociati. *Chir Org Mov* 1923; 7.
126. Zanoli R. Fratture del ginocchio. *Chir Org Mov* 1928; 12:482.
127. Wittek A. Zur Naht der Kreuzbandverletzung im Kniegelenk. *Zbl Chir* 1927; 54:1538.
128. Wittek A. Über Verletzungen der Kreuzbänder des Kniegelenkes. *Dtsch Z Chir* 1927; 491.
129. Bennett GE. The use of fascia for the reinforcement of relaxed joints. *Arch Surg* 1926; 13:655-66.
130. Cubbins WR, Conley AH, Callahan JJ, *et al.* A new method of operating for the repair of the ruptured crucial ligaments of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet* 1932; 54:299-306.
131. Cotton FJ, Morrison GM. Artificial ligaments at the knee: technique. *New Eng J Med* 1934; 210:1331.
132. Bosworth DM, Bosworth BM. Use of fascia lata to stabilize the knee in cases of ruptured cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg* 1936; 18:178-9.
133. Mauck HP. A new operative procedure for instability of the knee. *J Bone Joint Surg* 1936; 18:984-90.
134. Macey HB. A new operative procedure for repair of ruptured cruciate ligaments of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet* 1939; 69:108-9.
135. Hauser EDW. Extra-articular repair for ruptured collateral and cruciate ligaments. *Surg Gynecol Obstet* 1947; 84:339-45.
136. Helfet AJ. Function of the cruciate ligament of the knee joint. *Lancet* 1948; 1:665-7.
137. Lange M. *Tratado de cirugía ortopédica*. Barcelona: Ed Labor,
138. Ficat P. Reconstruction du ligament croisé antérieur. *Rev Chir Orthop* 1972; 58(suppl 1):85
139. Bousquet G, Millon J, Bascoulegue G, Rhenter JL. Les réflexions du ligament croisé antérieur par la plstie activo-passive du pivot neutral et des points d'angle. *Rev Chir Orthop* 1980; 66(suppl II):91-2.
140. Groulier P, Bonsignour JP, Verola J. traitement des laxités chroniques du pivot central du genou par transplantation dynamique selon Lindemann et Ficat. *Marseille Chir* 1976; 102:41-8.
141. Lindstrom N. Cruciate ligament plastics with meniscus. *Acta Orthop Scand* 1959; 29:150-1.
142. Ramón Soler R, Vilalta Bou C, Cebamanos Celma C, Vilaró Portet L. La intervención de Lindemann en el tratamiento de las laxitudes crónicas de la rodilla. *Rev Ortop Traumatol* 1987; 31IB:41-5.
143. Walsh JJ Jr. Meniscal reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Rel Res* 1972; 89:171-7.
144. Clancy WG, Nelson DA, Reider B, Narechania RG. Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament, augmented by extra-articular tendon transfers. *J Bone Joint Surg (Am)* 1982; 64-A:352-9.
145. Bonnel F, Jaeger JH, Mansat CH. *Les laxités chroniques du genou*. Paris: Ed Masson, 1984.
146. Simank HG, Graf J, Schneider U, Fromm B, Niethard FU. Die Darstellung der Blutgefäßversorgung des menschlichen Kreuzbandes mit der Plastinationsmethode. *Z Orthop* 1995; 133:39-42.
147. Brückner H, Brückner H. Bandplastiken im Kniebereich nach dem «Baukastenprinzip». *Zbl Chir* 1972; 97:65.
148. Broström L, Gillquist J, Liljedahl S-O, Lindvall N. Behandling av inveterad ruptur av främre korsbandet. *Läkartidn* 1968; 64:4479.
149. Slocum DB, Larson RL. Pes anserinus transplantation. A surgical procedure for control of rotatory instability of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 1968; 50-A:226-42.
150. Slocum DB, Larson RL, James SL. Pes anserinus transplant: Impressions after a decade of experience. *J Sports Med* 1974; 2:123-69.
151. Slocum DB, James SL, Larson RL, Singer KM. Clinical test for anterolateral rotatory instability of the knee. *Clin Orthop Rel Res* 1976; 118:63-9.
152. Rosenberg TD, Rasmussen GL. The function of the anterior cruciate ligament during anterior drawer and Lachman's testing. *Am J Sports Med* 1984; 12: 318-22.
153. Passler JM, Fellingner M, Seggl W, Schweighofer F. Arthroskopische Technik zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes mittels freiem Patellasehnentransplantat. *Unfallchirurg* 1992; 95:463-8.
154. Kennedy JC, Fowler PJ. Medial and anterior instability of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 1971; 53-A:1257-70.
155. Galway HR, MacIntosh DL. The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Rel Res* 1980; 147:45-50.
156. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. I. The medial compartment and cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg* 1976; 58 A: 159
157. Ireland J, Trickey EL. MacIntosh tenodesis for anterolateral instability of the knee. *J Bone Joint Surg (Br)* 1980; 62-B:340-5.
158. Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med* 1976; 4:84-93.
159. Andrews JR, Sanders RA, Morin B. Surgical treatment of anterolateral rotatory instability. A follow-up study. *Am J Sports Med* 1985; 13:112-9.

160. Andrews JR, Sanders R. A «mini-reconstruction» technique in treating anterolateral rotatory instability (ALRI). *Clin Orthop Rel Res* 1983; 172:93-6.
161. McMaster HJ, Weinert CR, Scranton P. The diagnosis and management of isolated anterior cruciate tears. A preliminary report on reconstruction with the gracilis tendon. *J Trauma* 1974; 14:230-5.
162. Horne JG, Parsons CJ. The anterior cruciate ligament: its anatomy and a new method of reconstruction. *Can J Surg* 1977; 20:214-20.
163. Collins HR, Hughston JC, DeHaven KE, Bergfeld JA, Evarts CM. The meniscus as a cruciate ligament substitute. *Am J Sports Med* 1974; 2:11-21.
164. Tillberg B. The late repair of torn cruciate ligaments using menisci. *J Bone Joint Surg (Br)* 1977; 59-B:15-9.
165. Feagin JA, Curl WW. Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5-year follow-up study. *Am J Sports Med* 1976; 4:95-100.
166. Feagin JA, Blake WP. Postoperative evaluation and result recording in the anterior cruciate ligament reconstructed knee. *Clin Orthop Rel Res* 1983; 172:143-7.
167. Kennedy JC, Stewart R, Walker DM. Anterolateral rotatory instability of the knee joint. *J Bone Joint Surg (Am)* 1978; 60-A:1031-9.
168. Unverferth LJ, Bagenstose JE. Extra-articular reconstruction surgery for combined anterolateral - anteromedial rotatory instability. *Am J Sports Med* 1979; 7:34-9.
169. Youmans WT. The so-called «isolated» anteriorcruciate ligament tear or anterior cruciate ligament syndrome: a report of 32 cases with some observation on treatment, its effect on results. *Am J Sports Med* 1978; 6:26-30.
170. Nicholas JA. The five-one reconstruction for anteromedial instability of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 1973; 55-A:899-922.
171. Marín Navarro M, Fuster i Obregón S, Jimeno Urban F, Cabot Dalmau J. Laxitud combinada anteromedial anterolateral de la rodilla. Doble plastia extraarticular. *Rev Ortop Traumatol* 1987; 31B: 375-82.
172. Muller W. The knee. Form, function and ligament reconstruction. Springer Verlag, Wurzburg, 1983
173. Naves J, Rubies P. La rodilla. Barcelona: Ed Científico Médica; 1959. pp:314-35.
174. Trillat A, Rainaut JJ. Traitement des laxites ligamentaires du genou. *Rev Chir Orthop* 1959;45:97-117.
175. Woods GW, Homsy CA, Prewitt JM, *et al.* Proplast leader foy use in cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1979; 7:314-20.
176. Franke K. Clinical experience in 130 cruciate ligament reconstructions. *Orthop Clin North Am* 1976; 7:191-3.
177. Alm A, Liljedahl SO, Strömberg B. Clinical and experimental experience in reconstruction of the anteriorcruciate ligament. *Orthop Clin North Am* 1976; 7:181-9.
178. Desplas B. Rupture du ligament croisé antéro-externe du genou gauche, réparation chirurgicale (operation de Hey - Groves). *Bull et mem Soc nat chir* 1928; 54:154-9.
179. Robineau M. Luxation du genou en avant. *Bull et mem Soc nat chir* 1929; 55:637-8.
180. Wittek A. Kreuzbandersatz aus den lig patellae (nach zur Verth). *Schweiz med Wschr* 1935;65:103.
181. Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg (Am)* 1984; 66-A:344-52.
182. Noyes FR, McGuinness GH, Grood ES. The variable functional disability of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Orthop Clin North Am* 1985; 16:47-67.
183. Paterson FWN, Trickey EL. Anterior cruciate ligament reconstruction using part of the patellar tendon as a free graft. *J Bone Joint Surg (Br)* 1986; 68-B:453-7.
184. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982; 10:150-4.
185. Odensten M, Lysholm J, Gillquist J. Long-term follow-up study of a distal iliotibial band transfer (DIT) for anterolateral knee instability. *Clin Orthop Rel Res* 1983; 176:129-35.
186. Tegner Y, Lysholm J. Rating system in the evaluation of knee injuries. *Clin Orthop Rel Res* 1985; 198:43-9.
187. Ejerhed L, Kartus J, Sernert N, Kohler K, Karlsson J. Patellar tendon or semitendinous tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized study with a two-year follow-up. *Am J Sports Med* 2003; 31:19-25.
188. Olson EJ, Harner CD, Fu FH, Silbey MB. Allograft bone and soft tissues. Clinical use of fresh, frozen soft tissue allograft. *Orthopedics* 1992; 15:1225-32.
189. Cosgarea AJ, Sebastianelli WJ, DeHaven KE. Prevention of atrofifibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction using the central third patellar tendon autograft. *Am J Sports Med* 1995; 23:87-92
190. Cosgarea AJ, DeHaven KE, Lovelock JE. The surgical treatment of artrofibrosis of the knee. *Am J Sports Med* 1994; 22:184-91.
191. Fischer SE, Shelbourne KD. Arthroscopic treatment of symptomatic extension block complicating anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993; 21:558-64.
192. Noyes FR, Barber S, Mangine RE. Bone-patellar ligament-bone and fascia lata allografts for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg (Am)* 1990; 72-A:1125-36.

193. Helfet AJ. Disorders of the knee. 2nd ed, Philadelphia: JB Lippincott, 1982.
194. McDaniel WJ, Dameron TB. Untreated ruptures of the anterior cruciate ligament: a follow-up study. *J Bone Joint Surg (Am)* 1980; 62-A:696-705.
195. Gertel TH, Lew WD, Lewis JL, Stewart NJ, Hunter RE. Effect of anterior cruciate ligament graft tensioning direction, magnitude, and flexion angle on knee biomechanics. *Am J Sports Med* 1993; 21:572-81.
196. Fuss FK. Optimal replacement of the cruciate ligaments from the functional anatomical point of view. *Acta Anat* 1991; 140:260-8.
197. Hefzy MS, Grood ES, Noyes FR. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments. Part II: the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1989; 17:208-16.
198. Henning CE, Lynch MA, Glick KR. An in vivo strain gage study of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1985; 13:22-6.
199. Howe JG, Johnson RJ, Kaplan MJ, Fleming B, Jarvinen M. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps patellar tendon graft. Part I. Long-term follow-up. *Am J Sports Med* 1991; 19:447-57.
200. Shajrawi J, Aunallah J, Soudry M, Solomon H, Mendes DG, Boss JH. Quantification of the tissue response to a polyethylene prosthesis of the ACL in the goat: a histomorphometric study. *Orthopaedics (IntEd)* 1993; 1:455-60.
201. Sidles JA, Larson RV, Garbini JL, Downey DJ, Matsen FA. Ligament length relationships in the moving knee. *J Orthop Res* 1988; 6:593-610.
202. Hamada M, Shino K, Mitsuoka T, Abe N, Horibe S. Cross-sectional area measurement of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1998; 14:696-701.
203. Bosch U, Kasperczyk J. Healing of the patellar tendon autograft after posterior cruciate ligament reconstruction-a process of ligamentization. *Am J Sports Med* 1992; 20:558-66.

Conflicto de intereses

Los autores no hemos recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Ninguna entidad comercial ha pagado, ni pagará, a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que estamos afiliados.