

Reparación de las insuficiencias crónicas del ligamento cruzado anterior mediante plastia autóloga con hueso-tendón patelar-hueso y malla de poliéster en doble fascículo. Estudio preliminar

E. GASTALDI ORQUIN, V. SANCHIS ALFONSO y F. GOMAR SANCHO

Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica. Hospital Clínico Universitario. Universidad de Valencia.

Resumen.—Se presenta una nueva técnica de reconstrucción de las lesiones crónicas del ligamento cruzado anterior (LCA) en sus dos fascículos. Se estudian 30 pacientes intervenidos con un promedio de seguimiento de 19 meses. Se utiliza hueso-tendón patelar-hueso (H-T-H) reforzado con una malla de poliéster en doble fascículo. El H-T-H, reforzado con la malla de poliéster, pasa a través de una tunelización isométrica tibial anteromedial y una tunelización isométrica femoral posterosuperior, mientras que el resto de la malla de poliéster pasa over-the-top al interior de la articulación para anclarse en un punto tibial posterolateral. Se han obtenido 26 casos de resultados excelentes y buenos, 3 casos regulares y 1 malo (por rotura de la plastia). Con esta técnica se consiguen unas condiciones mecánicas, biológicas y quirúrgicas que permiten una rehabilitación precoz y un funcionalismo rápido.

Palabras clave: Rodilla. Ligamento cruzado anterior. Técnica quirúrgica.

RECONSTRUCTION OF CHRONIC TEARS OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT WITH AUTOLOGUS GRAFT OF BONE-PATELAR TENDON-BONE AND DOUBLE BUNDLE POLYESTER MESH. PRELIMINARY STUDY.

Summary.—A new technique for the reconstruction of chronic tears of the anterior cruciate ligament (ACL), that attempt to reconstruct the two bundles, is presented. 30 patients underwent surgery with a mean follow-up of 19 months. Bone-patellar tendon-bone is used, augmented with a polyester mesh. Bone-patellar tendon-bone augmented with a polyester mesh is passed through an anteromedial tibial isometric tunnel and a posterosuperior femoral isometric tunnel, while the rest of the polyester mesh passes over-the-top to the interior of the joint in order to attach at a posterolateral tibial point. We have obtained 26 cases of excellent or good results, 3 fair and 1 poor. We think that with this technique we obtain certain mechanical, biological and surgical conditions that allow early rehabilitation and rapid functioning.

Key Words: Knee. Anterior Cruciate Ligament. Surgical technique.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las roturas completas del ligamento cruzado anterior (LCA) es un tema de interés y actualidad debido por un lado, a su frecuencia y por otro, a la polémica en torno a su tratamiento. La frecuencia mayor de lesiones del LCA se debe en gran parte al auge de la

Correspondencia:

Dr. D. ENRIQUE GASTALDI ORQUIN
Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica
Hospital Clínico Universitario
Blasco Ibañez, 17
46010 Valencia

práctica deportiva. La polémica en torno al tratamiento se centra en la dicotomía entre tratamiento conservador vs tratamiento quirúrgico. Nosotros somos partidarios de la reparación de las lesiones del LCA tanto agudas como crónicas.

Son numerosas las técnicas descritas para la reparación de la insuficiencia crónica del LCA (1). Sin embargo, son escasas aquellas que proponen reconstruir los dos fascículos del mismo (2,3,4,5,6). Hemos utilizado un injerto biológico, hueso-tendón rotuliano-hueso (H-T-H) reforzado con un injerto sintético (malla de poliéster) en doble fascículo.

El objetivo de este trabajo es presentar la técnica y los resultados preliminares.

MATERIAL Y MÉTODO

Se ha realizado un estudio prospectivo en 30 pacientes (28 varones y 2 mujeres), con una edad media de 24.76 años (rango: 16-44 años), que presentaban una lesión crónica del LCA de una antigüedad media de 15 meses (rango: 3 meses a 9 años). Todos eran pacientes activos. En 28 casos la lesión se había producido durante la práctica deportiva y en 2 por accidente de tráfico. En 5 pacientes se había practicado una meniscectomía artroscópica anterior a la rotura del LCA, observándose en 2 casos una rotura parcial del LCA, mientras que en los otros 3, estaba conservado el LCA en aquel momento. En otros 5 casos se había realizado algún procedimiento previo de reparación del LCA (una sutura directa, un injerto de semitendinoso, una fibra de carbono, una prótesis de poliéster y una prótesis de poliéster y carbono).

Todos los pacientes referían dolor inespecífico en la rodilla, con hidrartros de repetición con el esfuerzo, atrofia de cuádriceps, crisis de fallos, pseudobloqueos y "sensación de que la rodilla se va" ("giving away"). Las maniobras de Lachman, cajón anterior y pivot-shift fueron positivas en todos los casos. A todos los pacientes se les practicó estudio con radiografías dinámicas con Telos a 20 Nw y Resonancia Nuclear Magnética (RNM). El estudio dinámico con Telos mostró desplazamientos anteriores de la tibia respecto al fémur entre 0.5 y 2 cm.

A todos los pacientes se les practicó artroscopia previa a la artrotomía durante el mismo acto quirúrgico, poniendo de manifiesto: 14 roturas de menisco medial, 8 de menisco lateral y 17 lesiones condrales: 9 en rótula (6 de grado II y 3 de grado III), 7 en los cóndilos femorales (todas de grado III) y 1 en la meseta tibial medial (de grado III). El LCA se encontraba ausente o había restos en 22 casos y roto y adherido al ligamento cruzado posterior (LCP) en 3. Los 5

casos restantes correspondían a los fracasos de cirugía previa del LCA ya expuestos.

Técnica quirúrgica

Se realiza una incisión parapatelar medial con artrotomía evitando la desinserción del vasto medial. Se expone el surco intercondíleo utilizando separadores de menisco. Se procede a la limpieza de la escotadura intercondílea practicando condiloplastia (Fig. 1). Se realiza una tunelización tibial, de distal a proximal, en un punto isométrico* anteromedial en la inserción distal del LCA con broca de 7-8 mm (Fig. 1 y 2). Una segunda tunelización tibial se realiza lateral y superior a la primera, de distal a proximal, a un punto tibial posterolateral, con broca de 4.5 mm (Fig. 1 y 2). Se procede posteriormente a un abordaje lateral levantando el vasto externo y exponiendo la zona condilometafisaria lateral. Con un gancho se realiza un pase "over-the-top" que se deja referenciado con una guía fabricada con alambre (Fig. 3,4 y 5). Se realiza una tunelización en cóndilo lateral desde el punto isométrico femoral posterosuperior (Fig. 3). Se procede a tomar un injerto de H-T-H del tercio medio del tendón patelar de unos 7-8 mm de anchura. El injerto H-T-H se envuelve en una malla de poliéster ("Bioligament", Biomet), en la zona distal (Fig. 6). Se pasa el injerto desde el punto tibial anteromedial al túnel femoral, quedando el H-T-H envuelto por la malla en esta posición. El resto de la malla se introduce "over-the-top" en la articulación pasando por el punto tibial posterolateral y saliendo a la cara anteromedial de la tibia (Fig. 7 y 8). Se fija el fascículo anteromedial en flexión de 45° con una grapa en tibia y otra en cóndilo. Se fija el fascículo posterolateral en extensión con una grapa en tibia. Se comprueba la movilidad entre 0 y 100° y la estabilidad del montaje. Tras la fijación de la doble plastia procedemos a suturar la bolsa de Hoffa a la misma (sinovialización). Se cierra por planos tras retirar la isquemia.

Protocolo postoperatorio. Plan de rehabilitación acelerada.

En el postoperatorio inmediato la rodilla se coloca en una ortesis estabilizadora con topes de movilidad a -20° de extensión y 90° de flexión. A partir de las 24 horas se inicia la rehabilitación precoz. Del 2° al 5° día se realiza movilidad continua pasiva sin retirar la ortesis en la amplitud de 20° a 90° de flexión. La carga asistida se permite al tercer día. A partir del 2° día se inician las sesiones de fisioterapia. Inicialmente se realizan isométricos de cuádriceps a -10° de extensión e isquiotibiales a 90° de flexión y electroterapia. Del 5° al 21° días isquiotibiales hasta 110° y MAR libre y con prensa. De la tercera a la quinta semana autotracción (-10° de extensión), bicicleta, natación y prensa de pierna. Todas las sesiones fisioterápicas se realizan sin ortesis. A la sexta semana comienza la musculación en sedestación y se comienza a retirar la ortesis por la noche. Al tercer mes se inicia la carrera y se retira la ortesis en la vida normal. Al 4° mes comienza el salto y al 5° mes la actividad deportiva.



Figura 1. Rodilla derecha. Condiloplastia y tunelizaciones tibiales antero-medial (1) y póstero-lateral (2).

Seguimiento. Evaluación postoperatoria

El tiempo medio de seguimiento ha sido de 19 meses (rango: 6-54 meses). Los pacientes se revisaron al mes, 3,6,12 meses y anualmente. Se realizó estudio dinámico con Telos a 20Nw a los dos meses y RNM a los 3-6 meses y al año.

Se realizó una clasificación de los pacientes en niveles y categorías deportivas (Tabla I) antes del accidente y en la situación pre y postoperatoria.

TABLA I. NIVEL Y CATEGORÍA DEPORTIVA

Nivel deportivo:

- NIVEL C (Deportistas de competición)
- NIVEL L (Deportistas amateurs)
- NIVEL A (Deportista de fin de semana)
- NIVEL S (Sujeto sedentario)

Categoría deportiva:

- 3 (Deportes con pivot y contacto: fútbol, baloncesto, judo, balonmano, rugby, etc.)
- 2 (Deportes con pivot pero sin contacto: esquí, tenis, squash, atletismo, etc.)
- 1 (Deportes sin pivot y sin contacto: atletismo, natación, ciclismo, marcha, etc.)

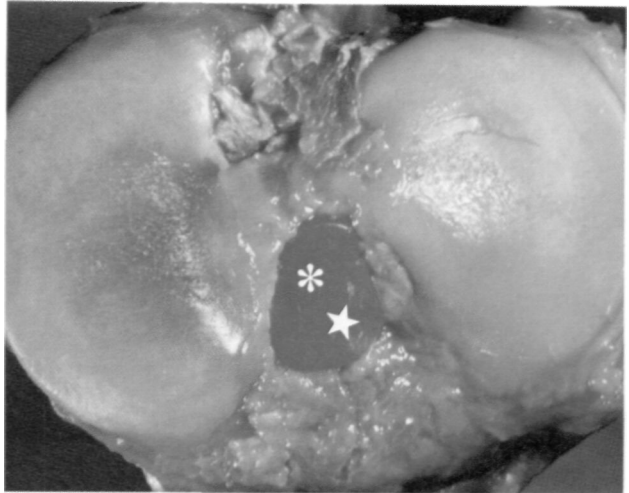


Figura 2. Preparación anatómica de la meseta tibial, señalando el área de inserción distal del LCA y los puntos de salida de los túneles: punto isométrico anteromedial (estrella) y punto posterolateral (asterisco).

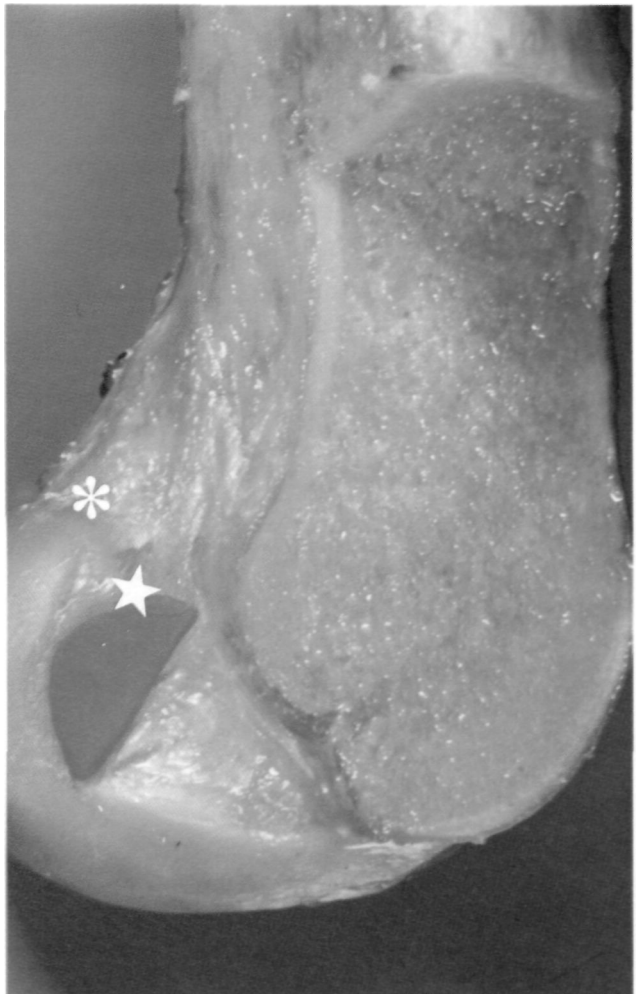


Figura 3. Preparación anatómica del cóndilo femoral lateral, señalando el área de inserción proximal del LCA y el túnel de entrada femoral (estrella) y el paso "over the top" (asterisco).

Consideramos los resultados como: a) *excelentes* (asintomáticos, pivot negativo, movilidad completa, vida deportiva o laboral activa como antes del accidente), b) *buenos* (molestias esporádicas sin inestabilidad subjetiva, pivot negativo, vida deportiva o laboral activa), c) *regulares* (rodilla sintomática, más segura que antes de la operación, pivot negativo, vida sedentaria o escasa actividad) y d) *malos* (pivot positivo, sin mejoría).

RESULTADOS

Evaluación subjetiva

Los pacientes manifestaron mejoría evidente en 27 casos (desaparición de la sensación de inestabilidad, no fallos), 2 no encontraron mejoría evidente (dolor inespecífico e hinchazón con el esfuerzo) aunque encontraban la rodilla más segura y un caso se encontraba igual que antes de la operación. Los 2 casos de resultados regulares tenían un tiempo de evolución preoperatoria de 6 y 7 años con lesiones meniscales y condrales asociadas. El caso de mal resultado correspondía a una rotura precoz de la plastia por un "impingement" secundario a una condiloplastia insuficiente.

Evaluación objetiva

El signo de Lachman fue negativo en 10 casos, discretamente positivos en 15 casos y positivo en 5 casos. La maniobra de pivot fue negativa en 27 casos, discretamente positiva en 2 casos y evidente en 1. El estudio radiográfico dinámico a los tres meses mostraba desplazamientos anteriores entre 0-0.5 cm. El estudio con RNM nos permitió observar la localización y dirección de los túneles, la inclinación y situación de la plastia, su posicionamiento isométrico y la posibilidad de impingement en la escotadura (Fig. 9).

Evaluación final

Resultados excelentes: 17 casos. Resultados buenos: 9 casos. Resultados regulares: 3 casos. Resultados malos: 1 caso.

Los niveles y categorías deportivas antes, después del accidente y tras la intervención, se exponen los gráficos 1 y 2.

DISCUSIÓN

La rotura del LCA supone la pérdida de las funciones del mismo, que se pueden concretar en el freno que supone para el desplazamiento

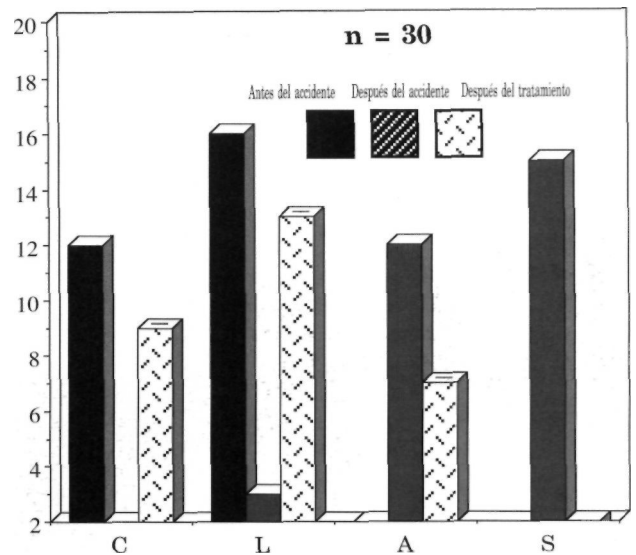


Gráfico 1. Niveles deportivos. Ver equivalencia Tabla I

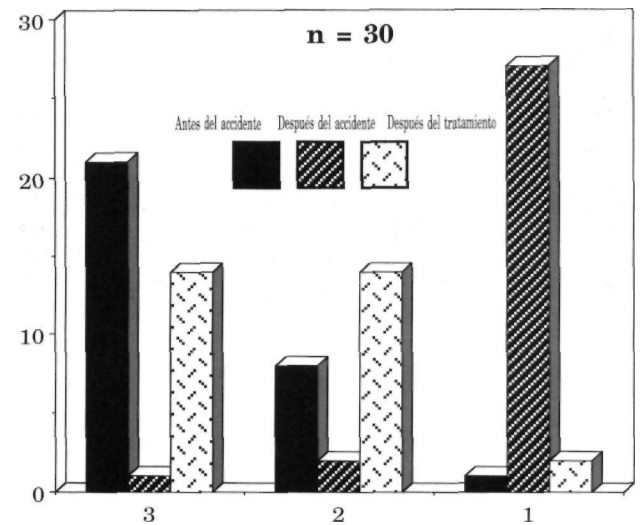


Gráfico 2. Categoría deportiva. Ver equivalencia Tabla I

anterior de la tibia bajo el fémur (7,8,9, 10,11,12,13), la cual previene la hiperextensión y actúa como guía en la rotación de la tibia (10,11,14,15). También actúa previniendo el exceso de rotación interna y externa (8,9,13). Debido a esto se ha dicho que la ausencia de LCA es el "principio del fin de la rodilla". Un principio que tiene peor pronóstico cuando se asocia a lesión de los meniscos, que para Hughston y Barret (16) sería más importante que la propia lesión del LCA. Por otro lado hay que tener en cuenta que el pronóstico es peor en las lesiones de larga evolución, cosa que se pone de manifiesto en nuestros 2 casos de resultados regulares. Por ello, si bien creemos que se debe individualizar el tratamiento de estas lesiones, somos partidarios de la reparación quirúrgica tanto en las situaciones agudas como

crónicas. Otro dato a destacar en nuestra serie es el alto porcentaje (16.6%) de rodillas con meniscectomía previa a la rotura del LCA. Debemos tener presente la gran importancia, demostrada tanto a nivel clínico como experimental (17,18,19,20,21), que tienen los meniscos como repartidores de carga y por lo tanto presentadores de la vitalidad del cartílago articular así como grandes estabilizadores en la flexoextensión y rotaciones femorotibiales, por lo que su pérdida puede facilitar la rotura del LCA tras un mecanismo lesional típico. La serie que presentamos corresponde a individuos activos (deportistas o con profesiones que suponen esfuerzo -albañiles, descargadores-), con una deficiencia crónica del LCA.

Pensamos que una técnica que intente reconstruir los dos fascículos del LCA, es la mejor forma de aproximarse a la realidad anatómica cuando nos planteamos el reemplazo del LCA lesionado (22). Sin embargo, frente a las numerosas técnicas de reconstrucción del LCA en un fascículo, son escasas las técnicas descritas que tratan de reparar ambos fascículos (2,3,4,5,6). Zaricznyj (3) describe en 1987 una técnica de doble fascículo con semitendinoso con un anclaje femoral transóseo único. Radford y Amis (4) utilizan una doble malla de poliéster combinando el anclaje femoral transóseo con el over-the-top. McCarthy y cols. (5) en 1990 combinan el injerto autólogo de H-T-H con un injerto sintético de Gore-tex con un anclaje femoral over-the-top y uno tibial posterior y medial respecto al anclaje del H-T-H. Grana y Hines (6) describen en 1992, una reconstrucción del LCA con un doble fascículo de semitendinoso con un anclaje femoral transóseo y over-the-top y un anclaje tibial doble, anteromedial y posterolateral.

La técnica ICATME de Vilarrubias (2), nos fue doblemente sugerente porque utilizaba un injerto biológico (H-T-H) sobre un soporte sintético, una malla de poliéster puro (ligamento de Leeds-Keio) y en segundo lugar porque trataba de reconstruir los dos fascículos del LCA mediante doble tunelización femoral y tibial.

La técnica que presentamos combina el anclaje femoral transóseo o anatómico con un anclaje "over-the-top". De esta forma tratamos de conseguir un fascículo anteromedial y un fascículo posterolateral. El fascículo anteromedial se dirige desde un punto anteromedial en la inserción tibial del LCA (punto isométrico tibial)

hasta un punto femoral posterosuperior (punto isométrico femoral) y contiene un injerto biológico (H-T-H) dentro de una malla de poliéster (Biologament). El fascículo posterolateral está formado por el resto de la malla de poliéster que se introduce en la rodilla mediante pase "over-the-top" y se dirige a un punto de la inserción tibial del LCA más posterior y lateral que el anteromedial.

Creemos que con la plastia que presentamos se consiguen unos requisitos mecánicos (resistencia y elasticidad del implante) unas condiciones biológicas (posicionamiento isométrico, estabilidad y revascularización) y unas condiciones quirúrgicas (disminución de la morbilidad secundaria), en línea con los postulados de Viala (23) en la búsqueda de una plastia ideal del LCA.

Son requisitos mecánicos el que la plastia tenga una resistencia y elasticidad similar al LCA, lo que permitirá una rehabilitación precoz y evitará la rotura secundaria. Ahora bien, ¿Qué tipo de plastia debemos utilizar?. Desde 1986 hemos utilizado el injerto H-T-H como plastia de sustitución en las inestabilidades crónicas del LCA basándonos en los trabajos de Noyes y cols. (24) sobre las propiedades mecánicas de los diversos tejidos biológicos usados en la reconstrucción del LCA, pues se trata de la plastia más resistente. Clancy (25) observa que la resistencia inicial del H-T-H injertado disminuye a un 53% a los 3 meses, a un 51% a los 6 meses y entre los 9 y 12 meses tiene un 81% de su resistencia inicial. Ahora bien, la anchura de tendón rotuliano que utilizamos nosotros es de 7 mm y no de 14 mm como en el trabajo de Noyes y cols (24). Por ello, y para "proteger" al injerto en su fase de degeneración inicial, hemos utilizado una malla de poliéster como soporte o refuerzo, la cual tiene una resistencia de 2000 Nw y una elasticidad de un 35%. Este tipo de montaje se justifica por el hecho de que la mayoría de nuestros pacientes eran jóvenes deportistas que necesitaban de un soporte rígido para las sollicitaciones mecánicas de sus rodillas.

Los requisitos biológicos hacen referencia a la revascularización del injerto y a su posicionamiento isométrico, con lo cual evitaremos su degeneración secundaria y conseguiremos la estabilidad de la articulación. Hemos procurado una rápida revascularización y repoblación celular mediante la sinovialización de la plastia, detalle técnico al que damos gran importancia (26,27).

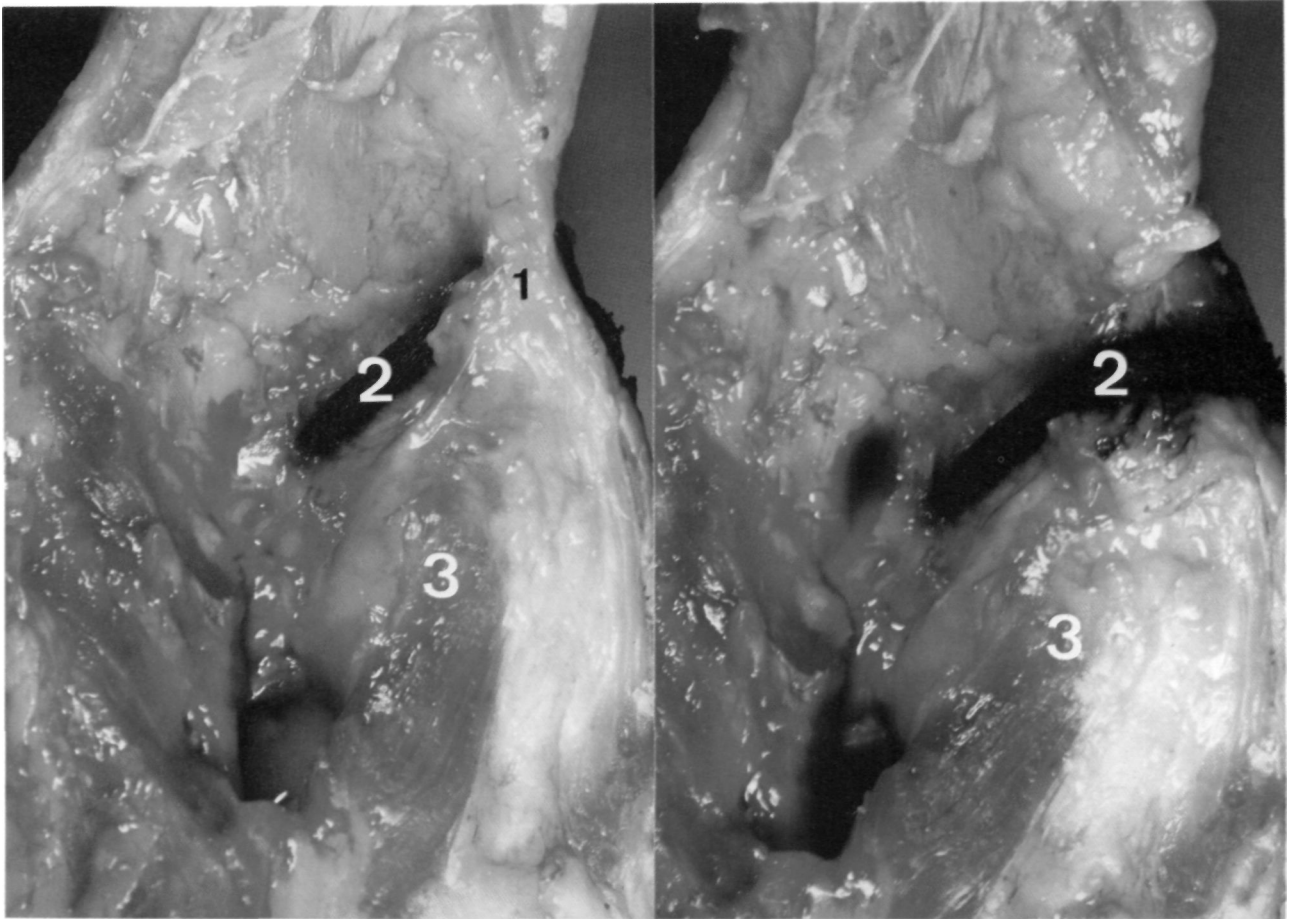


Figura 4. Preparación anatómica. Visión posterior de la rodilla derecha mostrando el paso "over the top" y el efecto "laxada". Septum intermuscular (1) y plastia (2).



Figura 5. Preparación anatómica. Visión lateral de la rodilla. Salida de la plastia (2) por el túnel femoral (1) y paso "over the top" por debajo del septum intermuscular (3).

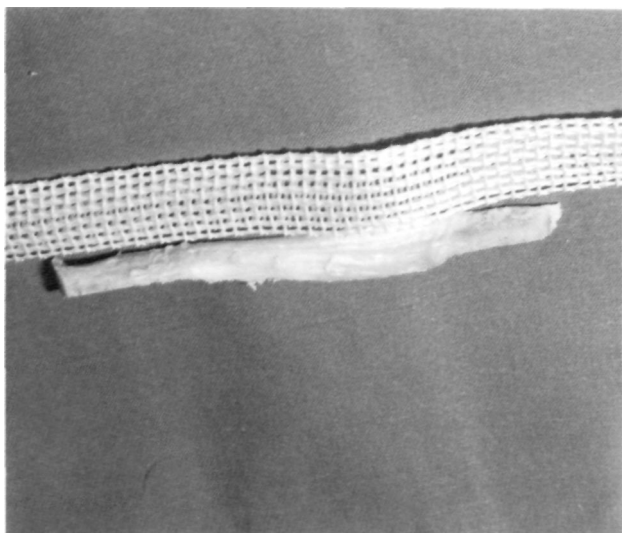


Figura 6. Técnica quirúrgica. Injerto H-T-H preparado para ser envuelto por la malla de poliéster.

La isometría del implante depende de la correcta elección de los puntos de anclaje, lo cual es un tema sujeto a debate (22), existiendo partidarios del over-the-top (29,30,31). A nivel de la inserción distal o tibial hay partidarios de su posicionamiento en el centro de la inserción (32,33,34,35) y a nivel anteromedial (36). Nosotros hemos seguido en nuestros pacientes las ideas de Clancy (36), eligiendo como punto isométrico femoral un punto posterosuperior y como punto isométrico tibial un punto anteromedial. La isometricidad en la inserción supone una isotonicidad del implante y por lo tanto la existencia de un stress de tensión necesario para una correcta maduración de la colágena (27,37,38,39). En este sentido al reconstruir un fascículo anteromedial y otro posterolateral procuramos la estabilidad de la rodilla desde los 90° de flexión a la extensión.

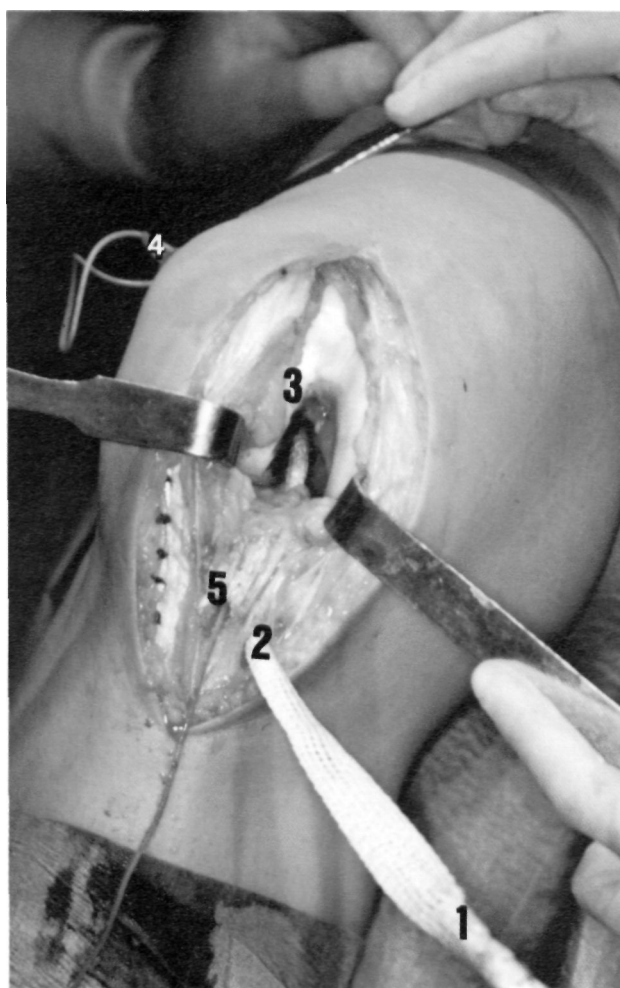


Figura 7. Técnica quirúrgica. Introducción de la plastia (1) a través del túnel tibial anteromedial (2) e introducción por el túnel femoral (3). Se observa la guía de la plastia saliendo por el túnel femoral (4) y una vez pasado "over the top", saliendo por el túnel póstero-lateral (5).



Figura 8. Técnica quirúrgica. Detalle de la plastia. Fascículo anteromedial (1) conteniendo el H-T-H y fascículo postero-lateral (2) destensado para mejor visualización.

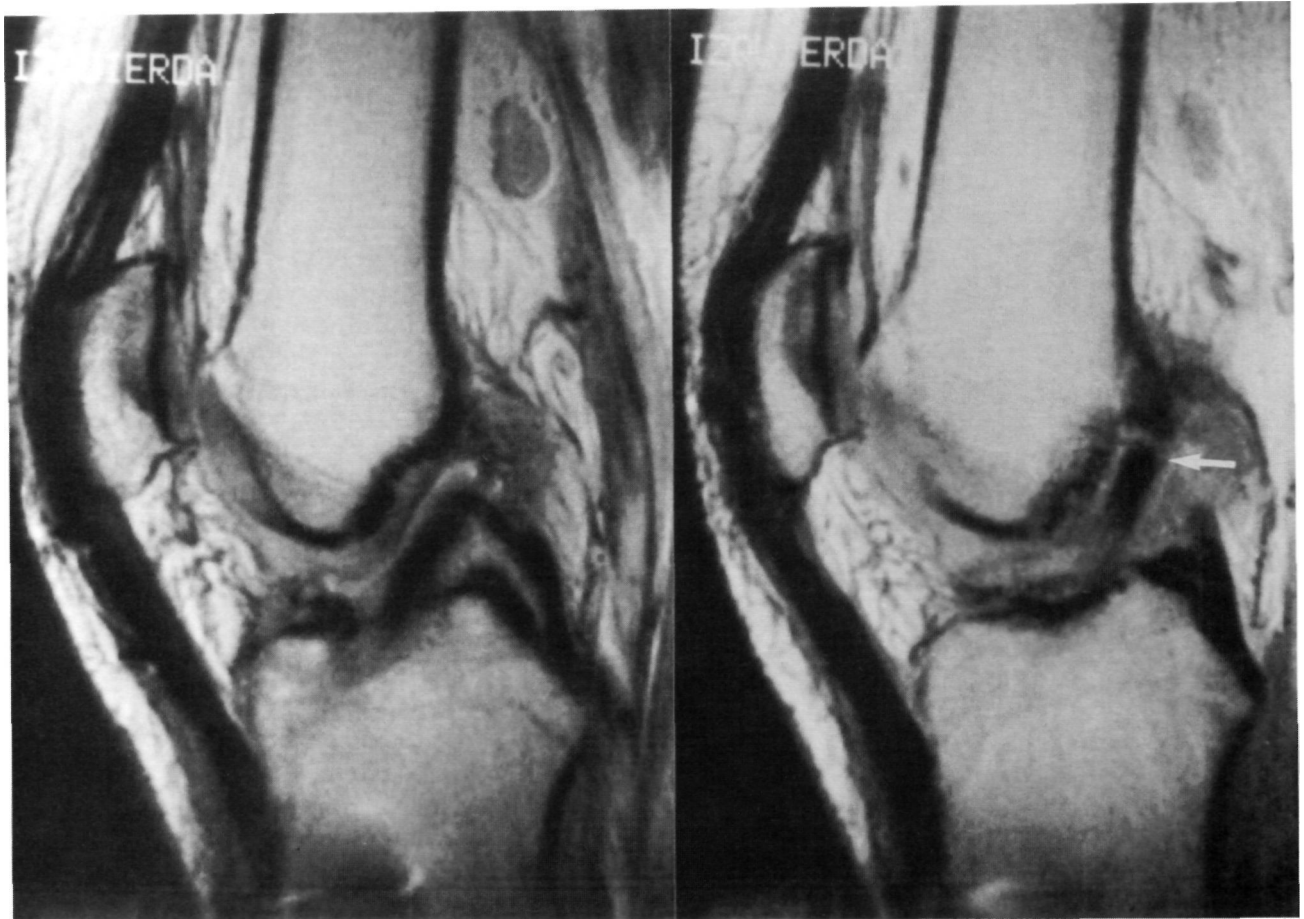


Figura 9. Estudio RNM. Rodilla operada de 6 meses de evolución. Imagen homogénea de la plastia que remeda un LCA sano. Dirección e inclinación correctas. Entrada del fascículo anteromedial en el tunnel femoral (flecha).

Los requisitos quirúrgicos se referirían a evitar la morbilidad secundaria. Por este motivo, y para evitar una mayor morbilidad quirúrgica aparecen los injertos sintéticos buscando una estabilización que permita una funcionalidad inmediata, evitando los efectos perniciosos de la inmovilización. Además se ha demostrado mediante ecografías seriadas y RNM (40), la regeneración del tendón rotuliano. Al utilizar tendón rotuliano no sacrificamos ningún estabilizador importante de la rodilla, lo cual es fundamental, sobre todo, en personas activas como los pacientes de nuestra serie. Por este motivo, nosotros llevamos a cabo un plan de rehabilitación precoz basado en los trabajos de Noyes y Shelbourne (41,42).

CONCLUSIONES

En esta técnica, el soporte de malla en doble fascículo, ofrece teóricamente claras ventajas mecánicas, y es de esperar mayor durabilidad de su efecto estabilizador en los años siguientes

de mayor actividad física. Sin embargo, el objetivo principal no es la durabilidad del efecto estabilizador de la malla sino la mayor resistencia inicial que se consigue, fundamental para una rehabilitación y recuperación funcional de la rodilla, lo que debe repercutir en la mejor y más rápida revitalización de la plastia tendinosa, sobre la que recaerá la estabilidad a largo plazo.

Lo ideal sería la reconstrucción de ambos fascículos con plastia tendinosa y malla de refuerzo, pero no hay espacio material en la rodilla para hacerlo, aparte de la grave agresión que significaría para el aparato extensor de una doble toma hueso-tendón rotuliano-hueso.

La reconstrucción de LCA con doble fascículo de semitendinoso (6) es una técnica sugestiva pero resulta en nuestra experiencia difícil disponer de suficiente longitud de dicho tendón para la reconstrucción en doble fascículo de forma satisfactoria, y en cualquier caso poco propicia

para una rehabilitación precoz como la expuesta, para nosotros fundamental para una buena revitalización de la plastia tendinosa.

Con nuestra técnica tratamos de reconstruir los dos fascículos del LCA. Al utilizar un soporte sintético del injerto biológicos, que además proporciona un "efecto lazada" sobre el cóndilo lateral, solidarizando la tibia y el fémur, damos una estabilidad inmediata que permite una re-

habilitación precoz y una funcionalidad rápida. Con dicha rehabilitación acelerada los objetivos que perseguimos son: recuperar la movilidad, mantener la función muscular y conservar la propiocepción. Ahora bien, se trata de un estudio preliminar, con un seguimiento medio de 19 meses. Hará falta un estudio a largo plazo para valorar realmente la eficacia de esta técnica quirúrgica en la insuficiencia crónica del LCA en gente joven y activa.

Agradecimientos

Al Dr. V. Vila Sanchis, por su colaboración profesional.

A Imfer Médica, S.A. por haber sufragado los gastos de la publicación en color.

Bibliografía

1. **Sanchis Alfonso V, Gomar Sancho F.** Elección del implante intraarticular en el tratamiento de las lesiones del ligamento cruzado anterior. *Rev Esp Cir Osteoart* 1992; 27: 75-89.
2. **Vilarrubias Guillamet JM.** Técnica ICATME en las lesiones del ligamento cruzado anterior. Comunicación personal en: I Congreso de Traumatología del Deporte. Oviedo, Octubre 1986.
3. **Zaricznyj B.** Reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee using a double tendon graft. *Clin Orthop* 1987; 220: 162-75.
4. **Radford WJR, Amis AA.** Biomechanical properties of a double prosthetic ligament in the anterior cruciate deficient knee. *J Bone Joint Surg* 1990; 72-B: 1038-43.
5. **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.
6. **Grana WA, Hines R.** Arthroscopic-assisted semitendinosus reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Knee Surg* 1992; 5: 16-22.
7. **Kennedy JC, Fowler PJ.** Medial and anterior instability of knee. *J Bone Joint Surg* 1971; 53-A: 1257-70.
8. **Galway R.** Pivot shift syndrome. *J Bone Joint Surg* 1972; 54-B: 558.
9. **Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS.** The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1974; 56-A: 223-35.
10. **Girgis FG, Marshall JL, Al Monajem ARS.** The Cruciate Ligaments of the Knee Joint. Anatomical, Functional and Experimental Analysis. *Clin Orthop* 1975; 106: 216-31.
11. **Furman W, Marshall JL, Girgis FG.** The Anterior Cruciate Ligament. A Functional Analysis Based on Postmortem Studies. *J Bone Joint Surg* 1976; 58-A: 179-85.
12. **Markolf KL, Graff-Radford A, Amstutz HC.** In vivo knee stability. A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus. *J Bone Joint Surg* 1978; 60-A: 664-74.
13. **Noyes FR, Grood ES, Butler DL, Malek M.** Clinical laxity tests and functional stability of the knee: Biomechanical concepts. *Clin Orthop* 1980; 146: 84-9.
14. **Hughston JC, Andrews JR, Cross MG, Moschi A.** Classification of the knee ligament instabilities. Part I: The medial compartment and cruciate ligaments. Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg* 1976; 58-A: 159-79.
15. **Mains DB, Andrews JG, Stonecipher T.** Medial and anterior-posterior ligament stability of the human knee, measured with a stress apparatus. *Am J Sport Med*, 1977, 5: 144-53.
16. **Hughston JC, Barret GR.** Acute anteromedial rotatory instability. Long-term results of surgical repair. *J Bone Joint Surg* 1983; 65-A: 145-53.
17. **Kettelkamp DB, Jacobs AW.** Tibiofemoral contact area: Determination and implications. *J Bone Joint Surg* 1972; 54-A: 339-56.
18. **Walker PS, Erkman MJ.** The role of menisci in force transmission across the knee. *Clin Orthop* 1974; 109: 184-92.
19. **Krause W, Pope M, Johnson R, Wilder D.** Mechanical changes in the knee after meniscectomy. *J Bone Joint Surg* 1976; 58-A: 599-604.
20. **Seedholm BB, Hargreaves DV.** Transmission of load in the knee joint with special reference to the role of the menisci. Part II: Experimental results, discussion and conclusions. *Eng Med* 1979; 8: 220-8.
21. **Kurosawa H, Fukubayashi T, Nakajima H.** Load-bearing mode of the knee joint: Physical behavior of the knee joint with or without menisci. *Clin Orthop* 1980; 149: 283-90.
22. **Sanchis Alfonso V, Gomar Sancho F.** Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. *Rev Esp Cir Osteoart* 1992; 27: 33-42.
23. **Viala JM.** Technique de la ligamentoplastie du ligament croisé antérieur par greffe libre rotulienne sous arthroscopie. En: F Bonnel, Ch Mansat y JH Jaeger, editors. *Le Genou: Strategies diagnostiques et thérapeutiques*. Paris, Springer-Verlag, 1991; 458-63.

24. **Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS.** Biomechanical analysis of human ligaments grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg* 1984; 66-A: 344-52.
25. **Clancy WG, Narechania RG, Rosenberg TD, Gmainer JG, Wisnefske DD, Lange TA.** Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys. *J Bone Joint Surg* 1981; 63-A: 1270-84.
26. **Arnoczky SP, Tarvin GB, Marshall JL.** Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon (An evaluation of graft revascularization in the dog). *J Bone Joint Surg* 1982; 64-A: 217-24.
27. **Sanchis Alfonso, V.** Sustitución del ligamento cruzado anterior por aloinjertos tendinosos criopreservados. Estudio experimental. Tesis Doctoral. Valencia. 1991.
28. **Fuss FK.** Optimal replacement of the cruciate ligaments from the functional-anatomical point of view. *Acta Anat* 1991; 140: 260-8.
29. **Mac Intosh D.** The anterior cruciate ligament: over the top repair. *J Bone Joint Surg* 1974; 56-B: 591.
30. **Nicholas JA, Minkoff J.** Iliotibial band transfer through the intercondylar notch for combined anterior instability (ITPT procedure). *Am J Sports Med* 1978; 6: 341-53.
31. **Insall J, Joseph DM, Aglietti P, Campbell RD Jr.** Bone-block ileotibial band transfer for anterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg* 1981; 63-A: 352-9.
32. **Macey HB.** A new operative procedure for repair of ruptured cruciate ligaments of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet* 1939; 69: 108
33. **O'Donoghue DH.** A method for replacement of the anterior cruciate ligament of the knee. Report of twenty cases. *J Bone Joint Surg* 1963; 45-A: 905-24.
34. **Cho KO.** Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis. *J Bone Joint Surg* 1975; 57-A: 608-12.
35. **Marshall JL, Warren RF, Wickiewicz TL, Reider B.** The anterior cruciate ligament: A technique of repair and reconstruction. *Clin Orthop* 1979; 143: 97-106.
36. **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* 1982; 64-A: 352-9.
37. **Krippaehne WW, Hunt TK, Jackson DS, Dunphy JE.** Studies on the effect of stress on transplants of autologous and homologous connective tissue. *Am J Surg* 1962; 104: 267-72.
38. **Klein L, Lunseth PA, Aadalen RJ.** Comparison of functional and non-functional tendon grafts. Isotopic measurement of collagen turnover and mass. *J Bone Joint Surg* 1972; 54-A: 1745-53.
39. **Harris AK, Stopak D, Wild P.** Fibroblast traction as a mechanism for collagen morphogenesis. *Nature*, 1981, 290: 249-51.
40. **Coupens SD, Yates CK, Sheldon C, Ward L.** Magnetic resonance imaging evaluation of the patellar tendon after use of its central one-third for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1992; 20: 332-5.
41. **Noyes FR, Mangine RE, Barber S.** Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1987; 15: 149-60.
42. **Shelbourne KD, Nitz P.** Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1990; 18: 292-9.