

Reconstrucción del ligamento cruzado anterior con plastia mixta de semitendinoso y fibra de Kennedy-Lad

F. MARCO, E. MANZANO, J. C. SANCHEZ BARBERO, A. PEREZ CABALLER, M. NORIEGA, R. OTERO y L. LOPEZ DURAN

Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica. Hospital Universitario «San Carlos». Universidad Complutense. Madrid.

Resumen.—Se han evaluado los resultados de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) con una plastia mixta de tendón del semitendinoso y fibra sintética de Kennedy-LAD en veinticinco pacientes con un mínimo de dos años de seguimiento postoperatorio (media de treinta y ocho meses). Se trataba en todos los casos de lesiones crónicas donde la cirugía consistió en la reconstrucción del LCA y menisectomías parciales cuando fueron necesarias. La evaluación se llevó a cabo mediante pruebas funcionales (Lysholm) y clínicas (Marshall), pruebas de estabilidad manual (Lachman, pivot, cajón neutro anterior), medidas instrumentales de estabilidad con artrómetro (KT-1000), índice de actividad y apreciación subjetiva. Los datos indican que el comportamiento de la plastia es adecuado en el 92% de los casos proporcionando a los pacientes una función articular satisfactoria en su vida diaria incluyendo la actividad deportiva.

REPAIR OF ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT THE KNEE WITH SIMULTANEOUS SEMITENDINOUS TENDON PLASTIA AND KENNEDY-LAD COMPOSITE GRAFT

Summary.—The authors assess the results of the anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction by means of a semitendinous tendon and Kennedy LAD composite graft. Minimum follow-up has been two years (mean of thirty eight months). In every cases the lesion was considered as chronic and surgery consisted of ACL reconstruction and partial meniscectomy if necessary. Studies performed to asses the results included: functional (Lysholm) and clinical (Marshall) tests, manual stability tests (Lachman, pivot-shift, neutral anterior drawer), instrumented stability measurement (KT-1000 arthrometer), activity score and subjective patient self-assessment. The data collected indicate that the performance of the composite graft is adequate in 92% of the cases, allowing the patients a satisfactory knee joint function in their daily life including sporting activities.

INTRODUCCIÓN

La posible evolución de una rodilla con lesión crónica del ligamento cruzado anterior (LCA) hacia un progresivo deterioro en la función con inestabilidad rotatoria, roturas meniscales y degeneración del cartílago articular está suficientemente documentada (1). A pesar de que la indicación quirúrgica está ya delimitada (2), la controversia continúa para el tipo de

técnica, existiendo numerosas posibilidades con una gran variabilidad en los resultados.

El uso de tejido del propio paciente presenta problemas que combinan la resistencia de la plastia creada y la morbilidad sobre la zona dadora (3, 4). De las fibras protésicas no se guarda buen recuerdo por su historial de sinovitis y roturas (5-7). En cuanto a los aloinjertos, aunque es un terreno sugerente, todavía pesa sobre ellos la amenaza de la posible transmisión de enfermedades virales, la escasez de donantes y la ausencia de resultados sobre su comportamiento a largo plazo (8).

Correspondencia:

Dr. D. FERNANDO MARCO
Manuela Malasaña, 33 - 2.º F
28004 Madrid

Ante el persistente reto de reconstruir las características anatómicas y propiedades mecánicas del LCA, el concepto de «aumento» parece atractivo. Se trata de proteger al injerto biológico durante el periodo en que éste degenera y se debilita antes de revitalizarse (9). Mediante el uso de un refuerzo sintético el injerto elegido puede proceder de una estructura de menor resistencia (semitendinoso) y la plastia combinada puede tensarse adecuadamente en el acto quirúrgico (10).

El Kennedy-LAD (3M Company, St. Paul, Minnesota) (Fig. 1) es una cinta de polipropileno trenzada de 15 mm de espesor y fabricado en dos anchos (6 y 8 mm) y diferentes longitudes. Su resistencia es de 1500 Newtons (para 6 mm), cercana a la carga máxima resistida por el LCA del hombre joven (1730 Newtons) (11). Las características biomecánicas y la biocompatibilidad de esta fibra han sido consideradas como adecuadas por distintos autores (12-15), estando diseñada para compartir cargas con la porción biológica de la plastia.

Debido a las múltiples opciones quirúrgicas existentes para la reconstrucción del LCA, el cirujano ortopédico debe poder elegir basándose en datos clínicos extraídos de grupos de estudio que hayan sido evaluados correctamente tras un seguimiento adecuado. Este es el propósito de la revisión que presentamos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Revisamos los resultados utilizando el Kennedy-LAD en los primeros 25 pacientes que han alcanzado un seguimiento mínimo de dos años. Se trata de un estudio retrospectivo en el que se han incluido únicamente lesiones consideradas ya como crónicas y donde la cirugía se limitó a la reconstrucción intraarticular del LCA pudiéndose añadir gestos como la menisectomía parcial o la

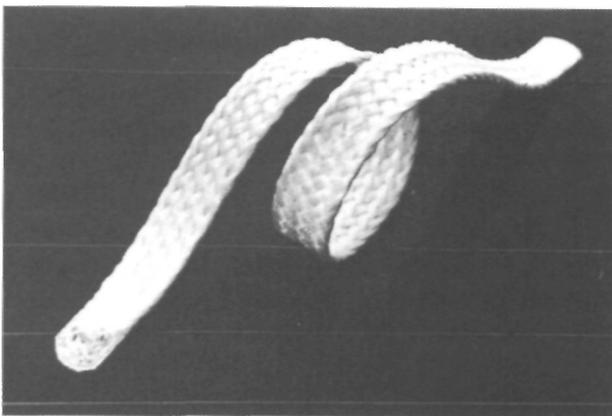


Figura 1. Fibra de polipropileno trenzado Kennedy-LAD (3M Company, St. Paul., Minnesota).

regularización de lesiones condrales cuando ello fue necesario. No se incluyen pacientes en los cuales cirugías previas u otro tipo de gestos quirúrgicos pudiera afectar el curso postoperatorio.

Técnica Quirúrgica

La técnica quirúrgica sigue los pasos descritos por Roth et al. (16) y Gómez-Castresana et al. (17). Se inicia con una artroscopia con el fin de evaluar y tratar las lesiones asociadas y verificar la existencia de la lesión de LCA. Se prepara la escotadura intercondilea convenientemente, retirando parte del muñón del LCA para visualizar el paso por detrás y alrededor del cóndilo lateral («over-the-top»).

Mediante una incisión sobre la inserción de la pata de ganso se identifica el tendón del semitendinoso y se extrae con un tenotomo manteniendo su inserción distal. En los casos en que éste no presenta una consistencia suficiente se hace lo mismo con el del recto interno. Una fibra de Kennedy de 6 mm y longitud adecuada se embute dentro del tendón con sutura reabsorbible en el centro e irreabsorbible en los extremos (Fig. 2).

A continuación se realiza el túnel tibial con una guía convencional. En esta serie, este paso se ha efectuado mediante una mini-artrotomía medial, pues la técnica totalmente artroscópica la venimos realizando sólo desde hace dos años. Tras efectuar una incisión longitudinal justamente proximal al epicóndilo lateral se levanta el vasto externo, se incide el tabique intermuscular lateral y se palpa la escotadura. Por vía anterior se introduce un pasador curvo que permite recuperar un asa de alambre hasta el inicio del túnel tibial. Mediante éste asa se lleva la plastia alrededor del cóndilo externo para ser fijada a la tensión adecuada con dos grapas barbadas en forma de hebilla de cinturón (Fig. 3). Tras comprobación de la estabilidad y arco de movilidad intraoperatoria, la rodilla se inmovilizó con un yeso inguinopédico en treinta grados de flexión, dejando un drenaje intraarticular durante 48 horas.

CASUÍSTICA

La edad media de los pacientes intervenidos se ha situado en los 26 años (rango 17 a 33 años), manteniéndose una proporción hombre/mujer de casi 3 a 1.

Todos los pacientes mantenían previo a la lesión una actividad deportiva regular. Esta fue mayoritariamente de tipo recreativo, mientras que en seis casos se situaba en una nivel competitivo a nivel aficionado. La mayor parte de las lesiones ocurrieron igualmente durante la práctica del deporte (20 casos), destacando en nuestra serie las causadas practicando fútbol (10 casos).

El intervalo desde la lesión a la cirugía ha llegado a alcanzar los trece años, sin embargo la media se situó en los dieciocho meses. Aunque el seguimien-

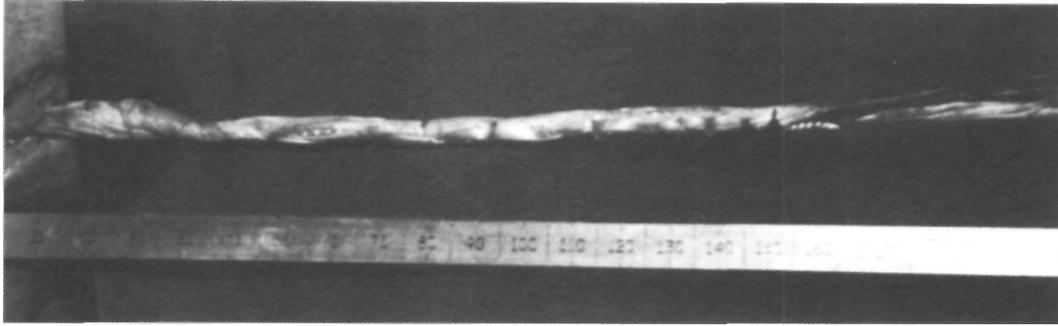


Figura 2. Aspecto de la plastia mixta de tendón del semitendinoso y fibra de Kennedy-LAD. La fibra es envuelta por el tendón que mantiene su inserción tibial.

to mínimo ha sido de dos años se incluyen pacientes que llegan a los cuatro años y medio, siendo el promedio de treinta y ocho meses.

Para evaluar los resultados se ha utilizado la escala funcional de Lysholm (18) que valora con un to-

tal de 100 puntos una rodilla normal. Hemos utilizado la tabla de Marshall (19) para puntuación del examen clínico de la rodilla, realizando una modificación, quedando la puntuación máxima de una rodilla normal en 39 puntos. Nuestra modificación consiste en la inclusión de maniobras meniscales en las pruebas, concediéndose dos puntos si son negativas para ambos meniscos, un punto si son positivas para uno y cero si son positivas para ambos meniscos.

Hemos efectuado medidas asistidas de la estabilidad de las rodillas mediante un artrómetro modelo KT-1000 (Medmetric, San Diego, California). Los resultados los presentamos en relación a la diferencia con la rodilla no intervenida. Para cada paciente se midió el desplazamiento en milímetros al efectuar tracciones de 67 y 89 Newtons (NW) con la rodilla flexionada entre 20 y 30 grados. Se realizó también medida del desplazamiento manual máximo, muy similar al Lachman habitual y un test dinámico de tracción de cuádriceps mediante la elevación del talón.

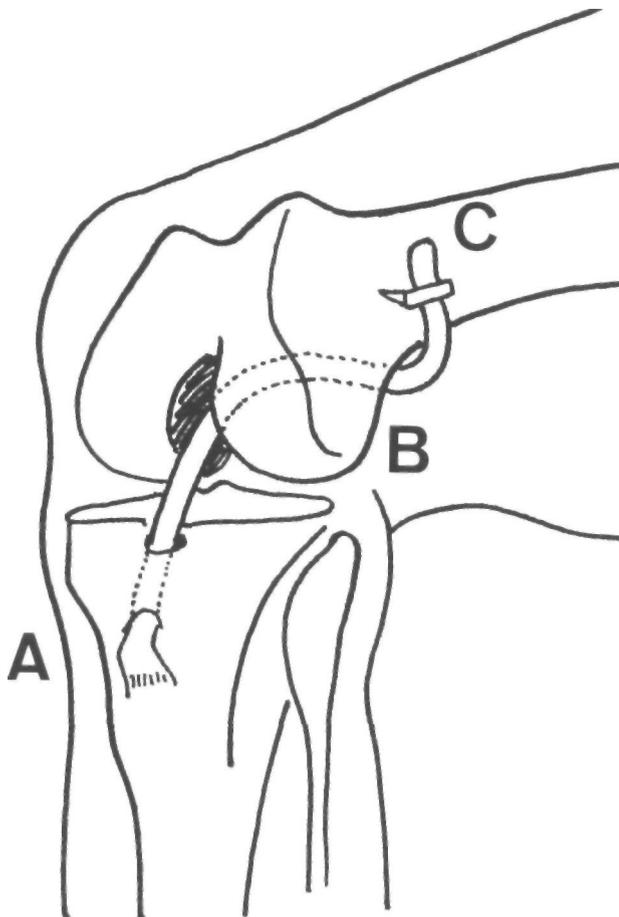


Figura 3. Esquema de la colocación de la plastia donde se señalan los tres aspectos técnicos más significativos. A) Preservación de la inserción distal del tendón del semitendinoso; B) Paso «over-the-top»; C) Anclaje único con grapas en hebilla de cinturón.

RESULTADOS

Como corresponde a las lesiones crónicas de LCA, en la cirugía fue frecuente encontrar lesiones meniscales en una proporción del 68%. El menisco externo apareció lesionado en doce pacientes mientras que el interno sólo en cinco. Diez rodillas presentaban a la exploración un bostezo en valgo a 30° discretamente aumentado respecto a la rodilla contralateral que no fue motivo de tratamiento quirúrgico.

Respecto al postoperatorio, la estancia media fue de 7 días (rango 2 a 14 días), con 48 horas de antibioterapia y drenaje intraarticular. Se extendió en dos casos (3%) que presentaron infecciones superficiales, ambos en la incisión femoral sin compromiso articular y que se resolvieron favorablemente con tratamiento médico.

La inmovilización se mantuvo entre 4 y 6 semanas (media de 5 semanas), permitiéndose el apoyo parcial a partir de las 6 semanas y la carga total sin bastones a los 3 meses. La rehabilitación asistida comenzó en la séptima semana durando un promedio de 3 meses. El promedio de comienzo de la práctica de deportes de contacto se sitúa en los 11 meses (rango 7 a 24 meses) aunque lo aconsejado era el año. Por otra parte, el inicio del trabajo se retrasó en numerosas ocasiones hasta situarse en una media de seis meses (rango 4 a 12 meses).

Los resultados de la evaluación funcional con la prueba de Lysholm ofrecen una media en la última revisión de 92,8 puntos con un mínimo de 79 en un caso y un máximo de 95. Para el examen clínico de Marshall modificado, la media en esta serie ha estado en los 36,4 puntos con un mínimo de 32 y un máximo de 39.

En los test de estabilidad manual hemos utilizado la escala habitual de 0 a 3+. Ha sido frecuente encontrar test ligeramente positivos (1+) de Lachman y cajón neutro anterior (CNA), en el 92% de los pacientes. En ningún caso ha llegado a ser de dos cruces. En 8 pacientes se podía provocar con dificultad un pequeño «pivot shift» también en el primer nivel de la escala (1+).

La movilidad ha sido comparada con la contralateral no lesionada. En 5 rodillas no se alcanzaba el mismo grado de flexión aunque siempre se situó por encima de los 120°. Una de ellas, correspondiente a una paciente que requirió una movilización bajo anestesia, también presentaba un pequeño déficit de extensión de 5 grados. En conjunto, en el 80% de casos la movilidad era normal. Sólo 3 pacientes (12%) no presentaban diferencia de masa muscular respecto al miembro contralateral. En 19 casos (76%) la diferencia de diámetro del muslo era menor de 1 cm. y en 3 (12%) se encontraba entre 1 y 2 cm.

Las medidas de estabilidad realizadas con el artrómetro KT-1000 dan el mismo resultado promedio de 3,1 mm para los desplazamientos a 67 y 89 NW, siendo el rango de 0,5 a 5 mm a 67 NW y de 0,5 a 5,5 a 89 NW de tracción. El desplazamiento manual máximo y el test de elevación alcanzan valores medios de 3,8 mm (rango 0,5 a 7 mm) y 3,5 mm (0,5 a 7 mm) respectivamente.

Respecto a la apreciación subjetiva de los pacientes, éstos consideraron que su rodilla se comportaba de manera satisfactoria en el 92% de los casos. Los que no lo pensaban (2 pacientes) efectivamente mostraban mayor laxitud en los tests de estabilidad. El

nivel de actividad postoperatoria respecto a la prelesional disminuyó un escalón en el índice de Tegner y Lysholm (20) en siete casos. Este índice, sitúa el 10 en deportistas de élite nacional e internacional y el 0 en la baja o invalidez por la rodilla. Nuestros pacientes se sitúan en los escalones intermedios de la escala. Hemos comprobado que el descenso de actividad es más frecuente en los que antes de la lesión se situaban ya en niveles más bajos.

Como complicaciones en esta serie sólo hemos reintervenido un caso en que la plastia se rompió por fricción ya durante el periodo de rehabilitación posiblemente por una mala cobertura biológica de la cinta de polipropileno y deficiente preparación de la escotadura intercondilea. No hemos observado cuadros de sinovitis ni siquiera en este caso de abrasión de la fibra. Una paciente, ya mencionada, requirió una manipulación bajo anestesia para mejorar su arco de movilidad.

DISCUSIÓN

La técnica quirúrgica que presentamos ofrece ventajas considerables en relación a otras en uso actualmente. La utilización del tendón del semitendinoso no parece crear ningún déficit en la potencia postoperatoria de los isquiotibiales (21) y el mantenimiento de su inserción distal evita la colocación en ese punto tan superficial de grapas o tornillos. La utilización del tendón rotuliano no está exenta de problemas como demuestra un estudio experimental reciente (22) comprobando una disminución de la fuerza del tendón donante de hasta el 30% a los 6 meses y una disminución en longitud de un 10%.

La sencillez técnica del procedimiento también debe señalarse. Esta viene dada por la facilidad en la obtención del tendón del semitendinoso y por la ausencia de errores en la posición del paso femoral de la plastia. Las variaciones sobre la posición ideal del túnel son más críticas que las del túnel tibial para la isometría de la plastia (23). La posición alrededor del cóndilo o «over-the-top» propuesta por Macintosh (24) desde luego produce variación en la longitud de la plastia a lo largo del arco de movimiento de la rodilla, sin embargo, mediante la creación de un surco de 5 mm de profundidad podemos llegar a reducir ésta variación a 1,4 mm entre los 0° y 90° (25). Para nosotros, la reproducibilidad de esta posición es mucho mayor que la del túnel femoral, especialmente para la técnica artroscópica y para los cirujanos que se inician en la reconstrucción del LCA.

La sutura de fibra y tendón debe ser meticulosa

pues ahí reside la resistencia inicial de la plastia. Bien hecha, la resistencia de la sutura alcanza los 400 NW, más que suficiente para la misión de reparto de cargas entre ambos componentes en el postoperatorio inmediato (12).

Respecto a la inmovilización, descarga y rehabilitación postoperatorias, los pacientes tuvieron dificultad para alcanzar una movilidad completa y adquirir una musculatura similar a la extremidad no intervenida. Por ello, en la actualidad hemos ido modificando las pautas iniciales del programa de recuperación funcional. El paciente sale de quirófano con una ortesis articulada bloqueada en extensión completa. La descarga de la extremidad se prolonga durante tres semanas al igual que el bloqueo, pero los ejercicios isométricos y la movilización pasiva comienza desde el segundo día postoperatorio. Noyes et al. (26) han demostrado que no se producen efectos perjudiciales por la movilización precoz pasiva en un arco de 0° a 90°. La carga parcial se permite a las 3 semanas, llegándose a la carga completa a las 6 semanas. También a los 21 días se comienza el aumento gradual del arco activo de movilidad mediante el desbloqueo de la ortesis, alcanzándose el final al mes y medio del postoperatorio. A los tres meses se permite la carrera y bicicleta, siendo el objetivo una rehabilitación completa a los seis meses. Con este protocolo pretendemos evitar los déficits de movilidad y las diferencias en masa muscular acelerando también la recuperación laboral.

Por otra parte, las rodillas se mantienen en unos niveles aceptables de estabilidad y proporcionan una función satisfactoria a los pacientes tras más de dos años de seguimiento. Así lo demuestran las escalas de evaluación funcional como la de Lysholm que alcanza una media postoperatoria de 92,8 puntos sobre un máximo de 100, resultado comparable a los 95,6 puntos de media obtenidos en una serie más amplia realizada con la misma técnica (17).

Respecto a la apreciación objetiva mediante las pruebas de estabilidad manual, observamos una discreta laxitud en la mayoría de las rodillas intervenidas. Creemos que este resultado se corresponde bien con la posición «over-the-top» de la plastia y su fijación en extensión. Esto hace que al aumentar los grados de flexión para evaluar por ejemplo el test de Lachman (efectuado a treinta grados de flexión) disminuya el recorrido intraarticular de la misma. Esta pequeña diferencia respecto a la rodilla no operada,

no es percibida por la mayoría de los pacientes tanto en su vida normal como deportiva, ya que en el 92% de los casos manifestaron encontrarse satisfechos con el resultado de la cirugía.

Las pruebas de estabilidad manual se correlacionan bien con la medición instrumental de la estabilidad realizada por medio del KT-1000. Para Bach y Johnson (27) un Lachman grado 1 se correspondería con una diferencia de 3 mm entre la rodilla sana y la patológica mediante el test de desplazamiento anterior máximo del KT-1000 y un pivot grado 1 correspondería a una diferencia de 4 mm con el mismo test. La media de nuestra serie sitúa la diferencia en 3,8 mm para este mismo test, encontrándose la mayoría de los pacientes con test de estabilidad manual positivos en grado 1.

Para evaluar las medidas con KT-1000, hay que tener en cuenta, que según los investigadores (28), el 95% de los sujetos sanos tiene una diferencia menor de 3 mm entre ambas rodillas para todos los tests. Por el contrario, en pacientes no intervenidos con una lesión crónica de LCA las diferencias superan sobradamente los 5 y los 7,5 mm en el caso de los desplazamientos máximos. Así pues, nuestros resultados en promedio alcanzan niveles que sobrepasan levemente la normalidad. Si bien es verdad, que las medias se ven influidas por dos casos de rodillas con valores de inestabilidad, estando el 48% por debajo de los 3 mm de diferencia en el test de desplazamiento manual máximo, que para Bach y Johnson es el más específico y de mayor sensibilidad (27). Por otra parte, estos resultados son comparables con la serie de Roth et al. (11) utilizando el Kennedy-LAD, que obtiene unas diferencias de $3,0 \pm 3,6$ mm en su serie de 45 rodillas.

Sin embargo, en nuestra serie, la estabilidad no se corresponde con el nivel de actividad del paciente tras la cirugía, pues cinco casos con rodillas objetivamente estables descendieron en el índice de actividad. En conjunto, el 72% de los pacientes realizan su actividad deportiva al nivel pre-lesional tras más de dos años de la intervención, resultado equiparable al 71,4% en la serie de Gómez-Castresana et al. (17). Los pacientes que han bajado de nivel tras la cirugía han sido los menos deportistas.

Tras evaluar los resultados de nuestra serie consideramos que esta reconstrucción del LCA garantiza una función satisfactoria mediante una técnica de escasa morbilidad y fácilmente reproducible.

Bibliografía

1. **Hirshman HP, Daniel DM, Miyasaka K.** The fate of unoperated knee ligament injuries. En: Daniel DM, Akeson WH, O'Connor JJ editors. *Knee Ligaments: Structure, Function, Injury and Repair*. New York: Raven Press, 1990; 481-503.
2. **Noyes FR, McGinniss GH.** Controversy about treatment of the knee with anterior cruciate laxity. *Clin Orthop* 1985; 198: 61-76.
3. **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* 1984; 66A: 344-52.
4. **Huegel M, Indelicato P.** Trends in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med* 1988; 7: 801-11.
5. **Lopez-Vazquez E, Juan JA, Vila E, Debón J.** Reconstruction of the anterior cruciate ligament with a dacron prosthesis. *J Bone Joint Surg* 1991; 73A: 1294-300.
6. **Larson RL.** Gore-tex anterior cruciate ligament reconstruction. En: Scott WN ed., *Ligament and Extensor Mechanism Injuries of the Knee: Diagnosis and Treatment*. St. Louis: Mosby Year Book 1991; 319-29.
7. **Olson EJ, Kang JD, Fu FH, Georgescu HI, Mason GC, Evans CH.** The biomechanical and histological effects of artificial ligament wear particles: in vitro and in vivo studies. *Am J Sports Med* 1988; 16: 558-70.
8. **Johnson RJ, Beynon BD, Nichols CE, Renstrom PA.** The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1992; 74A: 140-51.
9. **Amiel D, Kleiner JB, Akeson WH.** The natural history of the anterior cruciate ligament autograft of the patellar tendon origin. *Am J Sports Med* 1986; 14: 449-62.
10. **Kennedy JC, Roth JH, Mendenhall HV, Sandford JB.** Intra-articular replacement in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med* 1980; 8: 1-8.
11. **Roth JH, Kennedy JC, Lockstadt H, McCallum CL, Cunning LA.** Polypropylene braid augmented and non-augmented intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1985; 13: 321-36.
12. **McPherson GK, Mendenhall HV, Gibbons DF y cols.** Experimental mechanical and histologic evaluation of the Kennedy ligament augmentation device. *Clin Orthop* 1985; 186-94.
13. **Hanley P, Lew WO, Lewis JL, Hunter RE, Kistukas S, Kowalczyk C.** Load sharing and graft forces in anterior cruciate ligament reconstruction with the ligament augmentation device. *Am J Sports Med* 1989; 17: 414-22.
14. **Mendenhall HV, Roth JH, Kennedy JC, Winter GD, Lumb WV.** Evaluation of the polypropylene braid as a prosthetic anterior cruciate ligament replacement in the dog. *Am J Sports Med* 1987; 15: 543-6.
15. **Fowler JP, Cappra SW.** Anterior cruciate ligament reconstruction with the Kennedy ligament augmentation device. En: Scott WN ed., *Ligament and Extensor Mechanism Injuries of the Knee: Diagnosis and Treatment*. St. Louis: Mosby Year Book 1991; 301-10.
16. **Roth JH, Kennedy JC, Gómez-Castresana F.** La reconstrucción del ligamento cruzado anterior con un trenzado de poli-propileno. *Rev Ortop Traum* 1987; 31B: 601-9.
17. **Gómez-Castresana FB, Noriega M, Sacristán CG.** Semitendinosus Kennedy ligament augmentation device anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Ortop* 1992; 283: 21-33.
18. **Lysholm J, Gilquist J.** Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982; 10: 150-4.
19. **Marshall JL, Fetto JF, Botero PM.** Knee ligament injuries: A standardized evaluation method. *Clin Orthop* 1977; 123: 115-29.
20. **Tegner Y, Lysholm J.** Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop* 1985; 198: 43-9.
21. **Lipscomb B, Johnston R, Snyder R et al.** Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1982; 10: 340-2.
22. **Burks TR, Haut RC, Lancaster RL.** Biomechanical testing of patellar tendon after removal of its central one-third. *Am J Sports Med* 1990; 18: 148-53.
23. **O'Connor J, Shercliff T, Fitzpatrick D y cols.** Geometry of the knee. En: Daniel DM, Akeson WH, O'Connor JJ eds., *Knee Ligaments: Structure, Function, Injury and Repair*. New York: Raven Press 1990; 163-99.
24. **Macintosh DL, Tregonning RJ.** A follow-up study and evaluation of «over-the-top» repair of acute tears of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1977; 59B: 511-5.
25. **Penner DA, Daniel DM, Wood P, Mishra D.** An in vitro study of anterior cruciate ligament graft placement and isometry. *Am J Sports Med* 1988; 16: 238-43.
26. **Noyes FR, Mangine RE, Barber S.** Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med* 1987; 15: 149-54.
27. **Bach BR, Johnson JC.** Ligament testing devices. En: Scott WN ed., *Ligament and Extensor Mechanism Injuries of the Knee: Diagnosis and Treatment*. St. Louis: Mosby Year Book 1991; 135-62.
28. **Daniel DM, Malcom LL, Losee G et al.** Instrumented measurement of anterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg* 1985; 67A: 720-6.