

Regeneración meniscal tras extirpación completa del menisco medial y sustitución por una bandeleta de tendón rotuliano. Estudio experimental con conejos.

Meniscal regeneration after complete meniscectomy and meniscal substitution by a patellar tendon plasty. Experimental study in rabbits.

J. LECUMBERRI SAGÜÉS*, A. ARENAS PLANELLES*, J.R. VALENTÍ NIN**, O. DÍAZ DE RADA PARDO***

*SERVICIO DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA. HOSPITAL DE NAVARRA. **DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA. CLÍNICA UNIVERSITARIA. UNIVERSIDAD DE NAVARRA. ***SERVICIO DE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO SANITARIOS. PABELLÓN DE DOCENCIA. HOSPITAL DE NAVARRA. PAMPLONA.

Resumen. Los autores estudian la regeneración meniscal tras meniscectomía total y sustitución del menisco por una plastia de tendón rotuliano. Realizan el estudio en 15 conejos, que fueron sacrificados a las 6 semanas (5 casos), a los 3 meses (5 casos) y a los 6 meses (5 casos). Los estudios macroscópico e histológico de las piezas obtenidas tras el sacrificio demuestran que en el conejo adulto siempre se produce regeneración meniscal tras la extirpación total del menisco medial y sustitución por una plastia, aunque de menor tamaño que el menisco original resecado.

Summary. The authors analyse the meniscal regeneration after complete meniscectomy and posterior meniscal substitution by a patellar tendon plasty. The study is realised in 15 rabbits that were sacrificed after 6 weeks (5 cases), 3 months (5 cases) and 6 months (5 cases). Macroscopic and histologic studies of the pieces obtained have demonstrated that in the adult rabbit meniscal regeneration is always produced after total meniscectomy of the medial meniscus and posterior substitution by patellar tendon plasty, but this meniscal regeneration is smaller than the resected primitive meniscus.

Introducción. El tratamiento quirúrgico de las lesiones meniscales ha sido un tema muy controvertido en la literatura. Entre las técnicas que han sido utilizadas pueden citarse la meniscectomía total o parcial, la sutura meniscal y la extirpación del mismo seguida de sustitución meniscal por un injerto o una prótesis, en aquellos casos en que la lesión meniscal es irreparable (1,2).

El concepto de sustitución meniscal es muy atractivo, pero un menisco es tan complicado que es virtualmente imposible hacerlo artificial. Su forma, movilidad, composición celular y química, su vasculariza-

ción y la disposición de sus fibras no son en ningún modo casuales y responden a las exigencias mecánicas a que está sometido.

Los resultados obtenidos hasta la actualidad, procedentes de los distintos métodos de sustitución meniscal tanto en experimentación animal como en la clínica humana, parecen indicar que estas técnicas son factibles; sin embargo, diversas cuestiones como son la respuesta inmune, la talla adecuada del injerto, la posibilidad de transmisión de enfermedades y los problemas técnicos de implantación hacen que en la actualidad no exista una técnica de susti-

Correspondencia:

Antonio Arenas Planelles.
Servicio de Cirugía Ortopédica y
Traumatología.
Hospital de Navarra.
C/Irunlarrea, 3.
Pamplona-31008 (Navarra).
Tfno: 948-422206.

tución de elección que obvie los problemas anteriormente reseñados.

En el presente trabajo, realizado en conejos, hemos analizado si es factible utilizar una porción de tendón rotuliano como sustituto autólogo del menisco extirpado, efectuando el estudio bajo una perspectiva histológica que nos ha permitido comparar la estructura microscópica del menisco normal con la del posible regenerado meniscal que aparece tras este gesto quirúrgico.

Material y métodos. Para la realización de este estudio hemos escogido el conejo White New Zeland por su fácil manejo y mantenimiento, a lo que hay que añadir que la anatomía de su rodilla es aceptablemente parecida a la rodilla humana para los estudios que nos planteamos. La edad de los animales fue siempre superior a los 5 meses, por ser conocido por otros estudios que el menisco de los conejos más jóvenes no tiene todavía un patrón cartilaginoso (3). Se utilizaron 15 conejos que fueron enumerados de forma correlativa, de tal forma que los 5 primeros se correspondían con aquellos que fueron revisados a los 6 meses; del 6° al 10° fueron revisados a los 3 meses; y los 5 últimos, que fueron estudiados a las 6 semanas.

La técnica quirúrgica se realizó bajo anestesia, mediante inyección de Ketamina por vía intramuscular y de Uretano disuelto al 20 % en agua destilada y cloruro sódico, aplicado por inyección intraperitoneal. La intervención se realizó siempre en la rodilla derecha de los animales. A través de un abordaje medial, se procedió a desinsertar el menisco interno, desde el cuerno anterior hasta el posterior, llevando el máximo cuidado en no ocasionar lesiones iatrógenas en el cartílago sinovial y en los ligamentos que pudieran modificar los resultados. Seguidamente, se extrajo una bandeleta de tendón rotuliano de la misma rodilla, procurando que la longitud y anchura de la misma se pareciesen en lo posible al menisco extirpado. Tras ello, se procedió a fijar la bandeleta rotuliana con cuatro puntos de material de sutura reabsorbible de 4-0, comenzando

por la parte posterior de la rodilla, primero de fuera a dentro y posteriormente de dentro a fuera, quedando la plastia situada en el lugar que ocupaba primitivamente el menisco medial reseado. Tras la intervención quirúrgica, se procedió a dejar la rodilla inmovilizada. El sacrificio de los animales se realizó una vez finalizado el tiempo de evolución postoperatoria de cada uno de los tres grupos, y fue llevado a cabo mediante inyección intravenosa de una sobredosis de Pentobarbital. Se procedió a la artrotomía de la rodilla derecha de igual forma que en la primera intervención, comprobándose visualmente el grado de regeneración meniscal existente, a lo que siguió la extracción del tejido regenerado para su procesado de cara al estudio histológico. Se abordó también la rodilla izquierda, reseándose de igual forma el menisco interno, que se envió para estudio histológico como grupo control.

Procesado histológico: Los meniscos, una vez extraídos, se incluyeron en parafina. Posteriormente se fijaron en formol al 10 % durante 24 horas. A continuación, las muestras se pasaron por alcohol etílico al 70 % y se deshidrataron mediante pasos sucesivos en alcohol etílico al 96 % y alcohol etílico absoluto. Seguidamente, las piezas fueron aclaradas con baños de 15 minutos en tolueno, e introducidas en baños de parafina líquida antes de hacer los bloques. De los bloques así obtenidos se realizaron cortes seriados de aproximadamente 3 micras de espesor con un microtomo, y se recogieron en portaobjetos impregnados con albúmina de huevo para favorecer la adherencia. Previamente a su tinción, los cortes se desparafinaron en xilol, tras haber sido calentados unos 15 minutos en estufa a 60° C. A continuación, se hidrataron mediante pasos sucesivos por alcoholes de concentración decreciente hasta llegar a agua.

Para el estudio de la estructura histológica, los cortes obtenidos se tiñeron con las técnicas de Hematoxilina-Eosina, Acido Peryódico de Schiff (PAS), Tricrómico de Masson, Azul Alcían, Orceína, Hierro Coloidal y Azul de Toluidina. Finalmente, los

cortes se lavaron bien con agua destilada, se deshidrataron y se montaron permanentemente en DPX.

Resultados. Para la exposición de los resultados, apuntaremos inicialmente los detalles de la descripción macro y microscópica del menisco medial normal (grupo control), y a continuación realizaremos una descripción detallada, tanto macro como microscópica, del neomenisco formado tras la extirpación total del menisco medial y su reemplazamiento por una bandeleta de tendón rotuliano.

Menisco medial normal: Macroscópicamente, considerado en el plano horizontal paralelo a la meseta tibial, el menisco tiene forma de semiluna; presenta un color blanco nacarado y se encuentra en la periferia fuertemente adherido a la cápsula y elementos estabilizadores mediales. Las semilunas meniscales estudiadas presentan un diámetro medio de 8 mm., y su anchura máxima media, medida en la porción central de estas semilunas es de 4 mm.

La observación de una panorámica microscópica correspondiente a un corte radial permite apreciar que la sección del menisco tiene forma de triángulo isósceles, cuyos dos lados iguales contactan con la tibia y el fémur, y su lado desigual, más pequeño, se une a la cápsula y elementos estabilizadores mediales. El lado de este hipotético triángulo que contacta con el cóndilo femoral presenta una ligera concavidad que se adapta a la convexidad del cóndilo; el lado que está en contacto con la meseta tibial es prácticamente plano. La base, o lado por el que se une a la cápsula, presenta una forma irregular que se continúa con la grasa parameniscal.

El estudio microscópico con mayor detalle del menisco medial de la rodilla del conejo permite observar que está constituido en su mayor parte por un fibrocartílagos. Los distintos elementos que componen el fibrocartílagos meniscal muestran una disposición distinta tanto en cantidad como en grado de madurez y distribución según la porción analizada; las fibras de colágena

presentan, en un corte paralelo a la meseta tibial, una disposición curvilínea y semicircular que ocupa gran extensión de menisco, existiendo así mismo, haces en disposición radial que se entrecruzan con estos haces semicirculares. Los condrocitos aparecen distribuidos en cortas hileras paralelas entre los haces de fibra de colágena semicirculares, de tal manera que alternan las fibras de colágena con los condrocitos alineados. En el borde libre del menisco, se aprecia una pequeña banda donde existe mayor cantidad de sustancia fundamental, menor proporción de colágena, y los condrocitos se disponen al azar, asemejándose más al cartílago hialino que al fibrocartílagos.

La madurez de las fibras de colágena varía según la porción meniscal estudiada; así, en la porción central del menisco existen algunos haces de fibras más inmaduras, las cuales, teñidas con el Tricrómico de Masson aparecen de color fucsia. No se han encontrado fibras elásticas, resultando negativos los cortes histológicos teñidos con la tinción de Orceína.

A diferencia de lo que ocurría en las porciones interna y central del menisco, la porción periférica del mismo, es decir, la porción más próxima a la inserción, está constituida por un tejido conjuntivo fibrilar muy denso y ordenado, con haces de fibras de colágena distribuidas paralelamente, en disposición ligeramente ondulada y con pocos fibroblastos entre ellas.

También la sustancia fundamental tiene una distribución distinta según la porción meniscal analizada, siendo la zona central del menisco la más rica en dicha sustancia. Esta sustancia fundamental del menisco posee gran cantidad de proteoglicanos, sobre todo alrededor de los condrocitos. La tinción con Azul de Toluidina revela la metacromasia de la sustancia fundamental. La técnica PAS aplicada a estos cortes muestra la fuerte reactividad de la sustancia fundamental y la presencia de glucógeno en las células.

Neo-menisco formado tras la resección completa del menisco medial y reemplazamiento por una bandeleta de tendón rotuliano:

A) Seis semanas de evolución: En esta fecha evolutiva, macroscópicamente se puede objetivar que el lugar donde se localizaba primitivamente el menisco, se encuentra ahora ocupado por una estructura semilunar de forma parecida al menisco normal pero de menor tamaño que el menisco original.

Histológicamente, destaca la existencia de restos tendinosos en medio de un tejido neoformado parecido al fibrocartilago. La presencia de este tejido es más patente en la región central del menisco regenerado. Se trata de un tejido de apariencia intermedia entre el tejido fibroso y el cartilaginoso propiamente dicho. En la periferia de este tejido, los condrocitos se van alargando y disponiéndose entre las fibras de colágena, empezando a reorganizarse como un tejido más fibrilar. Ya en este tejido se ve que existen grupos celulares en los cuales cada célula se halla ubicada en una laguna en formación. Estas células se parecen bastante a los condrocitos típicos del fibrocartilago. Sin embargo, en este tejido la densidad celular es mucho mayor y la cantidad de fibras de colágena es más reducida y su disposición más desordenada en relación con los condrocitos, sin presentar ninguna alineación.

En la zona límite del menisco neoformado, es decir, en la zona de inserción del mismo, no es raro observar la presencia de algunos granulomas de cuerpo extraño, con restos de material de sutura, todo ello consecuencia del traumatismo quirúrgico y del material utilizado en esta zona para el anclaje de la plastia tendinosa.

B) Tres meses de evolución. El tejido condroide ha invadido la mayor parte de la plastia tendinosa, quedando todavía en esta fecha evolutiva, restos del tendón rotuliano englobados en el tejido condroide. Este tejido tiene ya un gran parecido con el fibrocartilago auténtico, con las células ubicadas en sus lagunas y las fibras de colágena ahora ya más ordenadas. En esta fecha evolutiva se aprecia además, la metacromasia de la sustancia fundamental, puesta en evidencia con la tinción de Azul de Toluidina.

C) Seis meses de evolución. En esa fase,

las células se asemejan más a los condrocitos, las lagunas en las que aparecen centradas son evidentes, y el contenido en glucógeno de estas células es abundante. El tejido, denominado condroide, aparece también más evolucionado, con una distribución más regular de sus elementos, y una proporción y relación entre los mismos que recuerda al menisco normal. Esta configuración, semejante al fibrocartilago del menisco normal, se puede apreciar en toda la extensión del menisco neoformado a partir de la plastia con tendón rotuliano. En la periferia o zona de inserción existe, a semejanza del menisco normal, un tejido conjuntivo denso y ordenado que sirve como puente de unión entre el menisco neoformado y las estructuras estabilizadoras mediales.

Discusión. Según la bibliografía consultada (1,4,5) y la experiencia diaria en la clínica, cuando por el tipo de rotura no es posible reparar el menisco lesionado, o cuando ni siquiera es posible conservar la periferia del mismo, se ha de considerar la posibilidad de proceder al empleo de alguna técnica que implique la sustitución del mismo, para evitar la posterior evolución artrósica de la articulación.

Entre las técnicas ideadas con el objeto de sustituir al menisco lesionado se pueden citar los aloinjertos frescos, crioconservados, desecados o esterilizados (6-8), los autoinjertos (9-12), las mallas reabsorbibles (13,14), los xenoinjertos (5) y las prótesis meniscales (2,15,16).

La mayoría de estos métodos están en fase experimental. La aparición del virus de la inmunodeficiencia humana (V.I.H.) y la posibilidad de transmisión del mismo a la hora de plantear la utilización de un sustitutivo meniscal alogénico, han hecho que se cuestionen muchas de estas técnicas.

Otro inconveniente a tener en cuenta, es que tanto los métodos de esterilización como de conservación, tienen un efecto perjudicial sobre la viabilidad y vitalidad del injerto. Aunque existe controversia al respecto, en general se acepta que tanto la

criopreservación, como la liofilización y la irradiación, matan en mayor o menor grado a los condrocitos (4,7).

Las prótesis tendrían el inconveniente de su diseño en cuanto a la forma y tamaño, su integración y la posibilidad de que ocasionen sinovitis; así, se han descrito sinovitis reactivas al utilizar prótesis de Teflon (16) o de carbono (17) entre otras sustancias.

Las reacciones inmunológicas adversas son hoy en día el más pequeño de los problemas que pueden presentarse al utilizar un sustitutivo meniscal alógeno, dado que por la abundante matriz extracelular que rodea a las células meniscales, éstas se encuentran aisladas del sistema inmunológico, siendo considerado por ello el menisco como un tejido "inmunológicamente privilegiado" (10,18). En el hombre, sin embargo, no están absolutamente superados los problemas inmunológicos derivados de la utilización de aloinjertos, de tal manera que la reacción inmunológica adversa es siempre posible (19).

Tratando de salvar algunos de los problemas que los anteriores procedimientos (aloinjertos, xenoinjertos y prótesis) pueden acarrear, es por lo que ideamos un método de sustitución meniscal consistente en la utilización, como sustituto meniscal, del tendón rotuliano de la rodilla del propio conejo en el que se desarrolló la técnica quirúrgica experimental. La elección de esta técnica ha sido tomada, para el presente estudio, en base a los siguientes supuestos:

- La utilización de este método evita la aparición de reacciones inmunológicas adversas y la transmisión de enfermedades infecciosas.

- El tendón rotuliano, histológicamente tiene un parecido aceptable con el fibrocartílagos meniscal.

- El comportamiento del tejido tendinoso en un medio sinovial está suficientemente testado.

- Por tratarse de un tejido conjuntivo, el tejido tendinoso posiblemente pudiera diferenciarse y ser capaz de transformarse en fibrocartílagos al ser requerido para el

desempeño de una nueva función. Esta propiedad es compartida por los distintos tejidos de origen conjuntivo.

El tendón rotuliano tiene, con respecto al menisco, unas diferencias y unas similitudes que vamos a analizar. Macroscópicamente, es obvio que el tendón rotuliano y el menisco tienen formas diferentes. Microscópicamente, el menisco presenta una distribución de las fibras de colágena circunferencial y además radial, cruzándose entre ellas en toda la extensión del menisco formando una malla (20,21). No obstante, en la mitad periférica del mismo predomina la distribución circunferencial, disponiéndose curvilíneamente paralelas unas a otras y también a la convexidad de la periferia meniscal. Esto hace que la mitad periférica del menisco se parezca al tendón, ya que en éste se disponen sólo paralelamente (11). Desde el punto de vista histológico, en el tejido tendinoso no existen los fibrocondrocitos típicos del tejido meniscal (22,23).

El comportamiento del tendón rotuliano en el medio sinovial de la rodilla está suficientemente estudiado, por ser utilizado como método habitual de sustitución del ligamento cruzado anterior lesionado (5). Así mismo, se ha experimentado con otros tendones introducidos en el medio sinovial (24).

No todo son ventajas a la hora de utilizar este autoinjerto como sustitutivo meniscal. El tendón rotuliano comparte con otros métodos el inconveniente de la no coincidencia en cuanto a forma y tamaño con el menisco que se extirpó. Este inconveniente debe ser tenido muy en consideración, habida cuenta de la grave alteración mecánica que una simple variación de la forma del menisco original o artificial puede producir (18). Así mismo, el tendón rotuliano carece de fibras de colágeno de disposición radial, que tienen gran importancia sobre todo a la hora de soportar fuerzas de tensión, y de las circunferenciales, que absorben las fuerzas de choque (21).

No hemos hallado excesiva bibliografía relacionada con la utilización de autoinjerto

tos en el tratamiento de las lesiones meniscales, ya que toda la que hemos encontrado se refiere a la reparación del menisco mediante fascia (25), o a su sustitución por almohadilla grasa (26), tendón del sóleo (27) y tendón rotuliano (11). Kohn y cols, publicaron un trabajo en 1992, en el cual utilizaron el tendón rotuliano como sustitutivo meniscal. El estudio difiere respecto al nuestro en el animal utilizado (la oveja), en el tiempo de seguimiento (a los 3, 6 y 12 meses), y en algunos detalles del material y métodos que utilizaron. En conjunto, los hallazgos son similares a los nuestros, de modo que a lo largo del período de seguimiento, el tejido tendinoso era progresivamente sustituido por fibrocartilago, obteniéndose un neomenisco que siempre fue de menor tamaño que el original; sin embargo, existen algunas diferencias con respecto a nuestros resultados. Así, en nuestro trabajo, a las 6 semanas ya existía una estructura similar en su forma al menisco extirpado, hallazgo que estos autores encuentran a los 3 meses de evolución; pero no se puede ignorar que en su caso se trataba de diferente animal (11).

La aparición de fibrocartilago en nuestra experimentación se consiguió en todos los casos, a diferencia de lo ocurrido en el experimento de los autores anteriores, en el que no se alcanzó en la totalidad de los casos. Además, en nuestro estudio, esta transformación fue más rápida y ya se había alcanzado a las 6 semanas de evolución. La reorientación de las fibras de colágena también fue progresiva a partir de las 6 semanas y hasta los 6 meses. Al igual que en el experimento de Kohn y cols., al final predominan las fibras de orientación semicircular (11).

Kohn y cols, desarrollaron técnicas encaminadas a comprobar la resistencia mecánica del neomenisco (11). En sus estudios, el tendón rotuliano fue considerado un buen sustituto meniscal, pero su calidad mecánica resultó menor. Esta deficiencia mecánica podría achacarse a la distinta proporción entre fibras de colágena circunferenciales y radiales, bien porque definitivamente

no se iban a formar, o porque el seguimiento no ofreció tiempo suficiente para que se estableciera una correcta proporción y relación entre las mismas. Metak y cols. (28), en 1995, desarrollaron un trabajo en ovejas con dos innovaciones con respecto al citado de Kohn y cols, y al nuestro propio. Al igual que en nuestro estudio, utilizaron el tendón rotuliano como sustitutivo meniscal, pero lo colocaron con sus anclajes óseos, y además lo envolvieron previamente en fascia lata para, de esta manera, suplir la carencia de fibras colágenas de orientación radial que tiene el tendón. La secuencia de transformación hacia fibrocartilago fue similar a la constatada por Kohn y cols. (11), no quedando por ello totalmente analizado si las innovaciones con respecto a nuestra investigación y a la de estos autores (11), supusieron una mejoría en los resultados finales.

Cabría también discutir por qué el tamaño final del neomenisco resultó menor, tanto en el caso de Kohn y cols. (11), como en el nuestro, y también en el de Metak y cols. (28). Esta diferencia de tamaño también ha quedado constatada en los estudios llevados a cabo sobre regenerados meniscales tras menissectomía (28), o en algunas experiencias en que se utilizó la grasa del paquete de Hoffa como sustitutivo meniscal (26), e incluso en los casos en que se utilizaron distintas prótesis meniscales de Teflon (16), carbono (2) o Dacron (29), se observó esta reducción de tamaño. Algunos autores (30) lo atribuyen a la falta del adecuado estímulo mecánico que actúa sobre el menisco en algunos períodos de este tipo de experimentación; o tal vez sea debido a que el proceso regenerativo y sustitutivo no sea capaz de alcanzar a toda la plastia utilizada. Este hecho, que parece lógico y que nosotros compartimos, es apoyado por el trabajo de Arnoczky y cols, sobre recelularización de los autoinjertos meniscales (31). En dicho estudio, comprobaron que la recelularización no puede alcanzar el centro meniscal, ya sea por incapacidad física de las células para emigrar tan lejos, o bien, porque esta emigración no se acompaña de

la adecuada y necesaria nutrición de origen sinovial y vascular, que satisfaga las demandas metabólicas de proliferación de este proceso de recelularización.

La causa de la transformación del tejido tendinoso en fibrocartílago puede ser debida a la potencialidad de transformación de los tejidos conjuntivos al ser sometidos a estímulos mecánicos, o a la invasión de procedencia extrínseca (sinovial) del autoinjerto,

o a ambas causas actuando simultáneamente (22, 25). Por último, el que en nuestro experimento la transformación en fibrocartílago ocurriese antes y de una forma más completa que en otros trabajos (11), podría achacarse a la utilización del conejo como animal de experimentación, ya que los procesos de cicatrización en este animal son más rápidos que los que tienen lugar en la oveja. ■■■■■

Bibliografía

- Sommerlath K, Gillquist J.** The effects of an artificial meniscus substitute in a knee joint with a resected anterior cruciate ligament. An experimental study in rabbits. *Clin Orthop* 1993; 289:276-84.
- Wood DJ, Minns RJ, Strover A.** Replacement of the rabbit medial meniscus with a polyester-carbon fibre bioprosthesis. *Biomaterials* 1990; 11:13-6.
- Arnoczky SP, Warren RF, Spivak JM.** Meniscal repair using an exogenous fibrin clot: an experimental model in dogs. *J Bone Joint Surg* 1988; 70A:1209-17.
- De Boer HH, Koudstaal J.** The fate of meniscus cartilage after transplantation of cryopreserved non tissue-antigen-matched allograft. *Clin Orthop* 1991; 266:145-51.
- Rodkey WG, Diplomate DVM, Steadman JR.** Replacement of the irreparably injured meniscus. *Sports Medicine* 1993; 1:168-76.
- Schmidt MB.** Biomechanical evaluation of cryopreserved meniscal allografts. *Orthop Trans* 1986; 10:320-30.
- Arnoczky SP, Warren RF, McDevitt CA.** Meniscal replacement using a cryopreserved allograft. An experimental study in the dog. *Clin Orthop* 1990; 252:121-8.
- Cameron JC, Saha S.** Meniscal allograft transplantation for unicompartmental arthritis of the knee. *J Bone Joint Surg* 1995; 77B(suppl III):317.
- Milachowski KA, Weismeier K, Wiith CJ.** Homologous meniscus transplantation: experimental and clinical results. *Int Orthop* 1989; 13:1-11.
- Garret JC, Stevenson RN.** Meniscal transplantation in the human knee: A preliminary report. *Arthroscopy* 1991; 7:57-62.
- Kohn D, Wirth CJ, Reiss G, Plitz W, Mascheck H, Erhardt W, Wülker N.** Medial meniscus replacement by a tendon autograft. Experiments in sheep. *J Bone Joint Surg* 1992; 74B:910-7.
- Van Arkel ERA, De Boer HH.** Human meniscal transplantation. *J Bone Joint Surg* 1995; 77B:589-95.
- Toyonaga T, Uezaki N, Chikama H.** Substitute meniscus of Teflon-net for the knee joint of dogs. *Clin Orthop* 1983; 179:291-7.
- Stone KR, Rodkey WG, Webber RJ, McKinney LA, Steadman JR.** Future directions: Collagen-based prosthesis for meniscal regeneration. *Clin Orthop* 1990; 252:129-35.
- Stone KR, Rodkey WG, Steadman JR, Webber R, McKinney L.** Prosthetic meniscal replacement in dogs using resorbable copolymeric collagen prostheses. *Am J Sports Med* 1992; 20:104-11.
- Messner K.** Meniscal substitution with a Teflon-proiosteal composite graft: a rabbit experiment. *Biomaterials* 1994; 15:223-30.
- Veth RPH, Den Heeten GJ, Jansen HWB, Nielsen HKL.** Repair of the meniscus: an experimental investigation in rabbits. *Clin Orthop* 1983; 175:258-62.
- Keene GCR, Paterson RS, Teague DC.** Advances in arthroscopic surgery. *Clin Orthop* 1987; 224:64-70.
- Veltri DM, Warren RF, Wickiewicz TL, O'Brien SJ.** Current status of allograft meniscal transplantation. *Clin Orthop* 1994; 303:44-55.
- Beaupre BA, Choukroun R, Guidouin R.** Les ménisques du genou: Étude en microscopie électronique à balayage et corrélation biomécanique. *Rev Chir Orthop* 1981; 67:713-9.
- Fithian DC, Kelly MA, Mow VC.** Material properties and structure-function relationships in the menisci. *Clin Orthop* 1990; 252:19-31.
- Amiel D, Kleiner JB, Roux RD, Harwood FL, Akeson WH.** The phenomenon of "ligamentization": Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. *J Orthop Res* 1986; 4:162-72.
- McDevitt CA, Webber RJ.** The ultrastructure and biochemistry of meniscal cartilage. *Clin Orthop* 1990; 252:8-18.
- Potenza AD, Malone E.** Evaluation of freeze-dried flexor tendon grafts in the dog. *J Hand Surg* 1978; 3A:157-62.
- Henning C, Yearout K, Vequist S, Stallbaumer R, Decker K.** Use of the fascia sheath coverage and exogenous fibrin clot in the treatment of complex meniscal tears. *Am J Sports Med* 1991; 19:626-31.
- Kohn D, Wirth CJ.** Meniscus replacement using a fat pad autograft. An experimental study in the sheep model. *Am J Sports Med* 1989; 17:724-32.
- Dudeny MS, O'Byrne J, Moran R.** Meniscal reconstruction using tendon autografts. *J Bone Joint Surg* 1995; 77B(suppl III):340.
- Metak G, Nickisch F, Scherer MA.** A new method of replacing the meniscus by autogenous tissue. *J Bone Joint Surg* 1995; 77B (suppl II):186.
- Sommerlath K, Gillquist J.** The effect of anterior cruciate ligament resection and immediate or delayed implantation of a meniscus prosthesis on knee joint. *Biomechanics and cartilage. An experimental study in rabbits. Clin Orthop* 1993; 289:267-75.
- Jun I'Chiro J, Mitsuo O, Yoshikazu I.** Meniscal repair enhanced by an interpositional free synovial autograft: An experimental study in rabbits. *Arthroscopy* 1994; 10:659-66.
- Arnoczky SP, Di Carlo EF, O'Brien SJ, Warren RF.** Cellular repopulation of deep-frozen meniscal autografts: an experimental study in the dog. *Arthroscopy* 1992; 8:428-43.