

Estudio mecánico de la reparación meniscal en la zona avascular*

I. Guisasola, F. Forriol⁽¹⁾, J. Vaquero⁽²⁾

Hospital Bidasoa-Hondarribia, Guipúzcoa.

⁽¹⁾Clínica Universitaria de Navarra, Pamplona.

⁽²⁾Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid.

Correspondencia:

Prof. J. Vaquero

c/ Ayala, 83. 28006 Madrid.

**Premio de la AEA a la mejor Comunicación en el XVIII Congreso de la Asociación Española de Artroscopia (San Sebastián, mayo 2000).*

Para valorar la calidad de la cicatrización meniscal se realiza un estudio experimental de la resistencia de la cicatriz creada tras la sutura de una rotura longitudinal suturada en el menisco interno de 8 animales de experimentación (ovejas). La mitad de los animales habían tenido una inmovilización rígida de su rodilla (fijador) y los otros cuatro pudieron caminar libremente. Dos animales de cada grupo fueron sacrificados a las 3 semanas y el resto a las 6 semanas. Se procedió a la indentación directa sobre la zona suturada con una máquina de ensayos tipo Instron, obteniendo curvas de fuerza/desplazamiento en los meniscos suturados, así como en un grupo control de 7 meniscos sanos. Los resultados demostraron que la carga máxima soportada por el tejido en fase de reparación no llegó en ningún caso al 50% de la carga soportada por un menisco sano, sin que la inmovilización permitiera mejorar estos datos.

Palabras clave: Menisco, sutura meniscal.

Mechanical study of meniscal repair in the avascular zone. In order to assess the quality of meniscal cicatrization, an experimental study of the resistance of the scar was performed after the suture of a longitudinal tear in the internal meniscus in eight experimental animals (sheep). Rigid immobilisation has been used in four animals, while the other four were allowed to walk unimpeded. Two animals from each group were sacrificed after three weeks, and the remainder after six weeks. Direct indentation of the sutured area was performed with an Instron machine, and force/displacement curves were recorded on the sutured menisci and in a control group of seven healthy ones. The results show that the maximum load tolerated by the reparative tissue was never above 50% of that for the healthy menisci; these results were not improved by immobilisation.

Key words: Meniscus, meniscal suture.



El menisco es una estructura fibrocartilaginosa consistente en fibras de colágeno orientadas de forma distinta, y fibrocondrocitos integrados en esa malla⁽³⁾. El tejido meniscal exhibe un comportamiento mecánico viscoelástico a la tensión. La rigidez al cizalla-

miento del tejido meniscal es mucho menor que la del tejido cartilaginoso hialino, deformándose más fácilmente, y adaptándose a la forma anatómica de las superficies articulares femoral y tibial. La orientación de las fibras de colágeno es principalmente circunferencial, existiendo tam-

bién fibras radiales que actúan como tensores. Cerca de la superficie estas fibras cambian su orientación convirtiéndose en axiales. El comportamiento en tensión de las fibras es anisotrópico, siendo las fibras circunferenciales las que mejor soportan dicha sollicitación. En compresión, las fibras circunferenciales son las que primero ceden, siendo las axiales las que mejor soportan estas fuerzas^(4,5). Cuando analizamos la cuestión de la reparación meniscal, desde el punto de vista clínico, nos planteamos tres preguntas:

1. ¿Es la lesión reparable?
2. ¿Tiene la lesión una vez reparada capacidad de curación?, y
3. ¿Asumirá el menisco una adecuada función mecánica?

Tratando de responder a estas preguntas desarrollamos un modelo experimental de lesión meniscal en la zona avascular del menisco interno de 8 ovejas.

MATERIAL Y MÉTODO

- Artrotomía de la rodilla izquierda
- Incisión longitudinal completa de 0,5 cm en cuerno anterior y posterior de M.I.
- Sutura con punto vertical único a muro meniscal (**Figura 1**).
- 4 animales: inmovilización de la rodilla con fijador externo puenteando la articulación. 4 animales con movilidad y apoyo libre.
- Sacrificio a las 3 y a las 6 semanas.

	3 semanas	6 semanas
Rodilla libre	A	C
Inmovilizac.	B	D

- Agrupación de animales.

Las muestras de los cuernos posteriores se separaron para proceder al estudio mecánico. Se conservaron durante unas horas, entre 0 y 4 °C, para realizar los ensayos mecánicos el mismo día de su extracción, indentando sobre la propia lesión meniscal con un indentador cilíndrico de 1 mm de diámetro de acero inoxidable. Los ensayos mecánicos se llevaron a cabo con una máquina de ensayos universal INSTRON[®] (serie 4.400, mini 44, Reino Unido) con célula de carga pequeña de 500 N, a una velocidad de 4 mm 7 min y una penetración máxima de 3 mm (**Figura 2**).

Los datos obtenidos nos permiten diseñar unos gráficos (fuerza/desplazamiento) en las

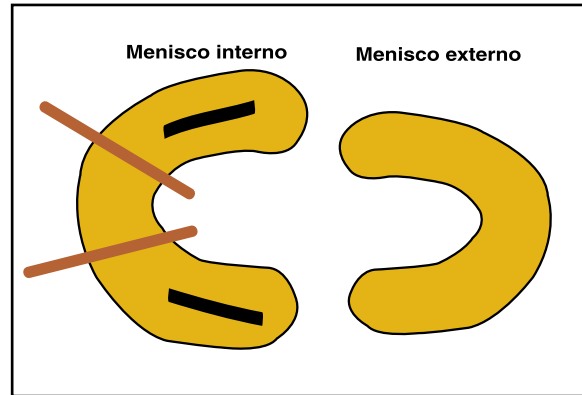


Figura 1.

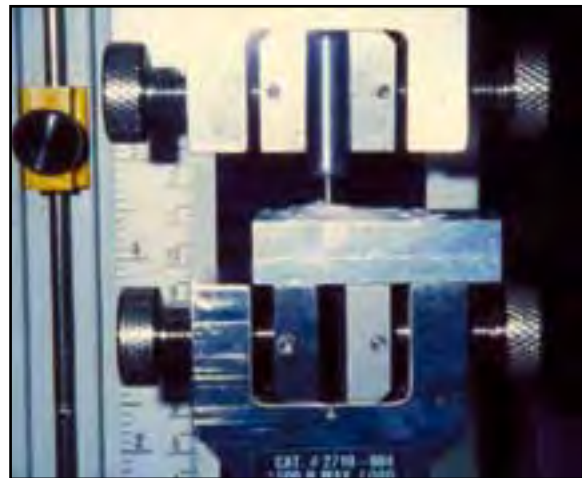


Figura 2.

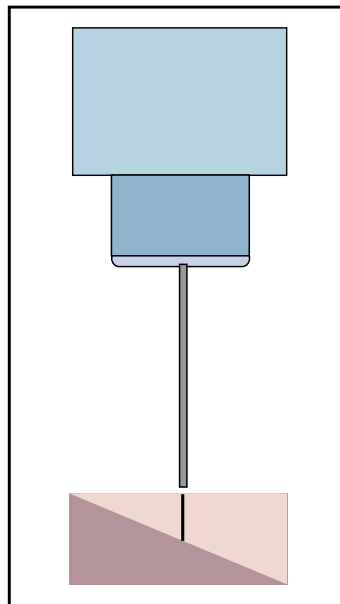


Figura 3.

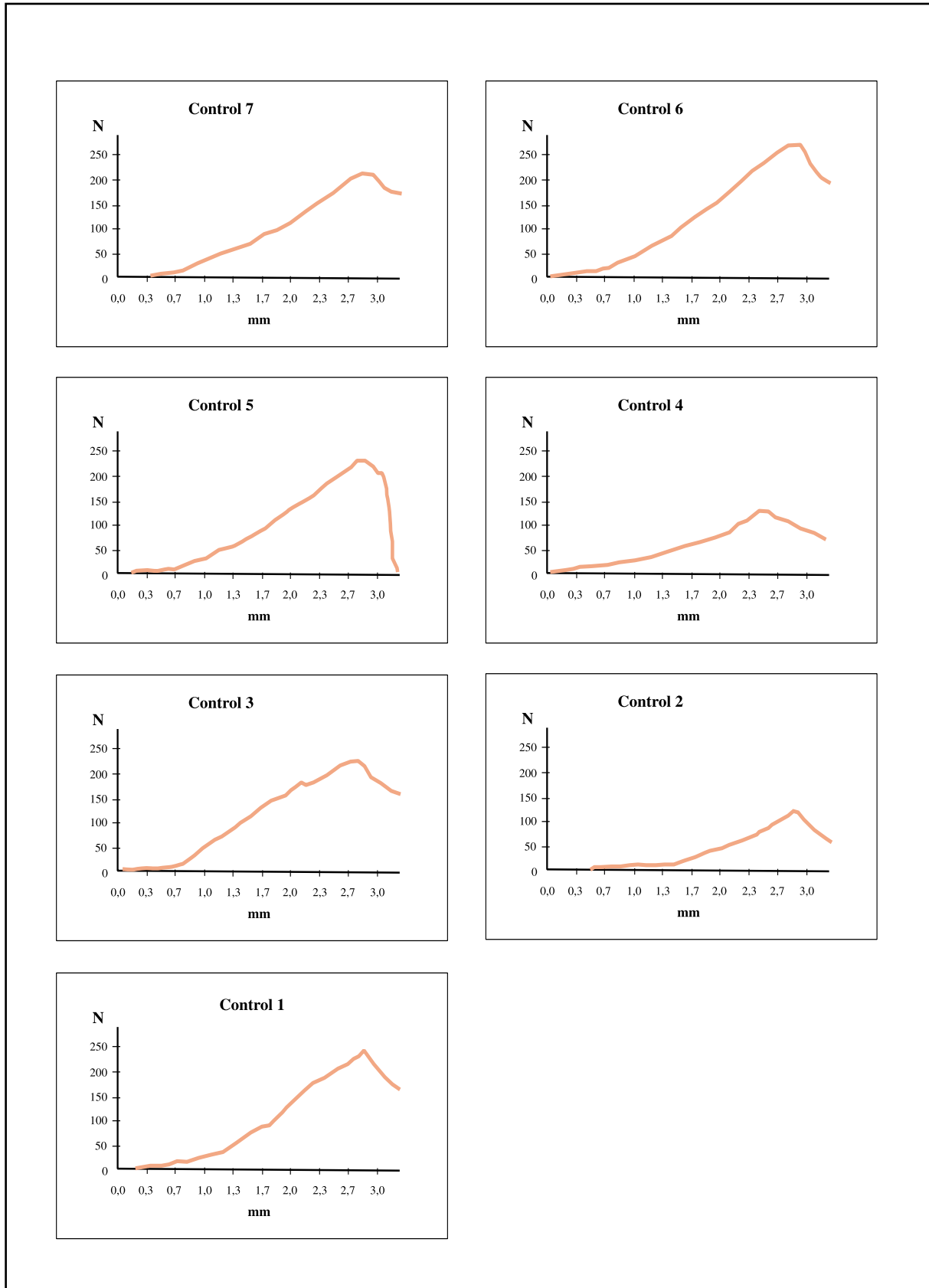


Figura 4.

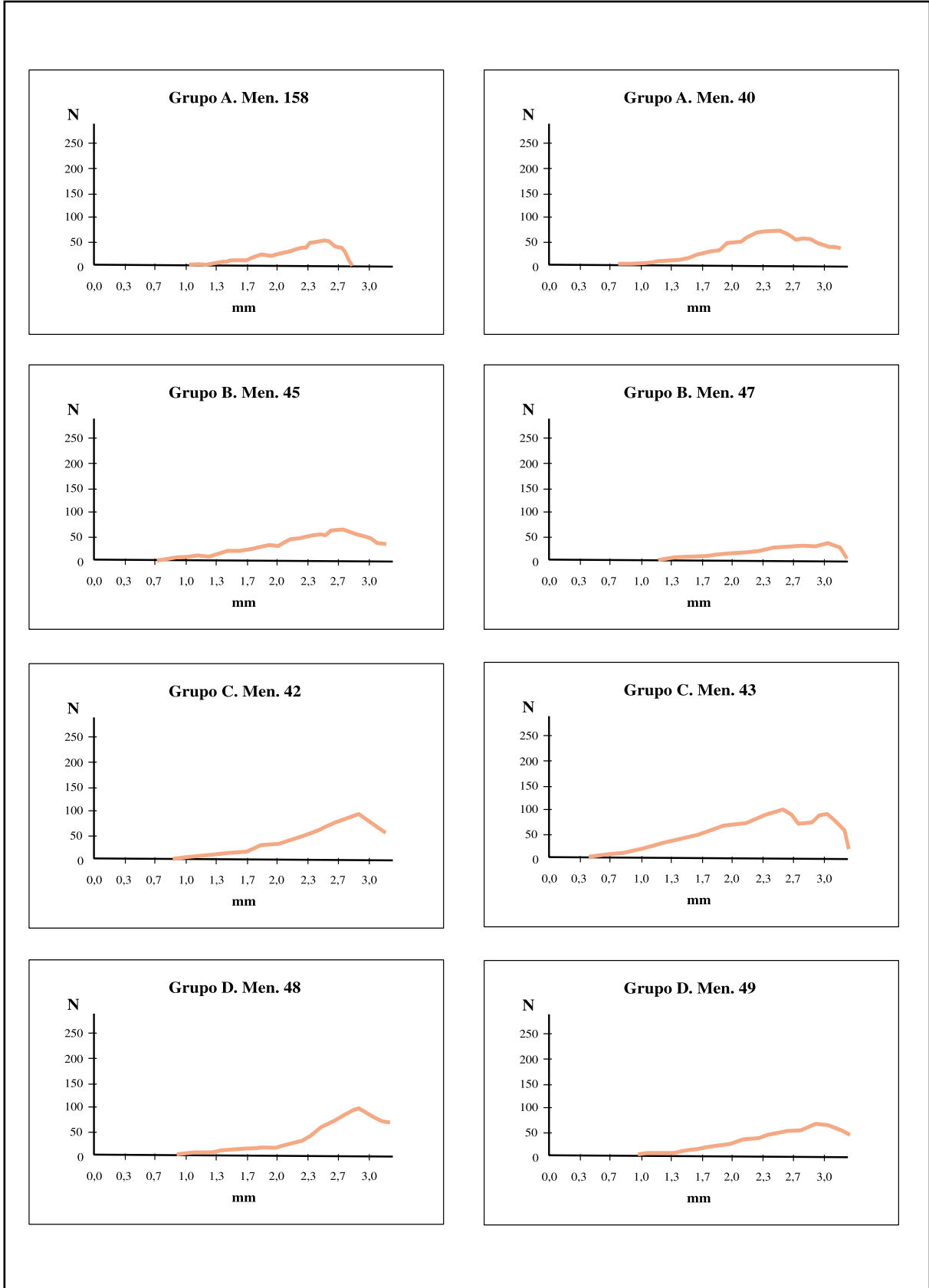


Figura 5.

que se relaciona la resistencia del tejido (N) con el desplazamiento del indentador. La carga máxima nos da una idea de la resistencia del tejido a la compresión y la pendiente de la curva muestra la elasticidad del tejido (**Figura 3**).

RESULTADOS

Para tener un patrón de comportamiento mecánico normal, estudiamos previamente y mediante ensayo en las mismas condiciones (menisco en fresco), siete muestras de la porción posterior del menisco interno de rodillas derechas sanas de los mismos animales. Los ensayos de este grupo control se presentan en el **Figura 4**.

Los ensayos mecánicos de las lesiones meniscales se muestran en la **Figura 5**, estando agrupados según los grupos a estudio.

La carga máxima media en el grupo control fue de 202 N (DS: 16,42 N) y la pendiente media de la curva en su zona lineal 0,7265 N/mm (DS: 0,0371 N/mm).

La carga máxima soportada por el tejido en fase de reparación no llegó en ningún caso al 50% de la carga soportada por un menisco sano. La pendiente de la curva también ofreció unos valores muy inferiores a los del menisco normal.

Efectuamos un estudio estadístico descriptivo y comparativo entre los tres grupos, comparando la carga máxima soportada y la pendiente de la curva, mediante ANOVA y el test de Mann-Whitney (**Figuras 6 y 7**). Todas las comparaciones mostraron diferencias significativas. El nivel de significación se estableció en $p = 0,05$.

DISCUSIÓN

Los meniscos desempeñan una función decisiva en la distribución de las sollicitaciones mecánicas del fémur a la tibia. En el estudio de Baratz se aprecia que la meniscectomía disminuye significativamente el área de contacto entre fémur y tibia, aumentando la presión de contacto en varios puntos. La sutura de una lesión periférica, una vez reparada, no altera las sollicitaciones⁽¹⁾.

Se han utilizado varios modelos mecánicos para la valoración de la resistencia del tejido meniscal en fase de reparación. Casi todos analizan la resistencia del tejido a la tensión y derivan del modelo de Kohn⁽⁷⁾. Es un ensayo a tracción. Nos parece de difícil ejecución al ser el menisco bovino de pequeño tamaño; ade-

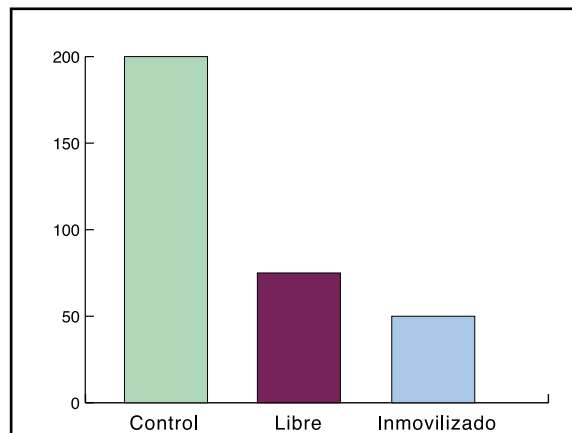


Figura 6.

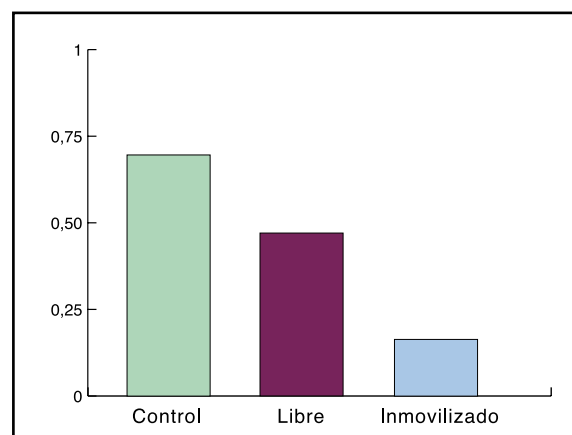


Figura 7.

más, las secciones sobre las que se aplicará la tracción son distintas. El modelo de Roeddeker⁽⁸⁾ crea una lesión desde el cuerno posterior del menisco. Los dos labios así creados son introducidos en mordazas para el ensayo a tracción, siendo ambos de diferente sección.

El ensayo de indentación se ha usado para estudiar las propiedades mecánicas de los tejidos biológicos. Se ha utilizado en cartílago articular, callo de fractura y hueso trabecular. No hemos recogido su uso sobre menisco en la bibliografía. Su principal problema reside en el contacto del indentador sobre un medio elástico, conociéndose como el problema de Boussinesq⁽²⁾.

La indentación nos va a dar una idea de la resistencia del tejido a la compresión, factor



Figura 8.

importante en la sollicitación meniscal y excluido de otros estudios. Constituye un método fácil de reproducir, comparar y es homogéneo.

Los meniscos sanos se separan claramente en nuestro estudio de todos los meniscos lesiona-

dos y suturados. Observamos que los meniscos sanos presentan una carga máxima media de 202 N y una pendiente de la curva de 0,7265 N/mm. El mejor menisco reparado presenta una carga de 102 N y una pendiente de 0,4244 N/mm. Los grupos A y C (rodilla libre) soportan una carga media de 78 N con una pendiente de 0,3612 N/mm. Los grupos B y D (rodilla inmovilizada) soportan una carga media de 38 N con una pendiente de 0,1542N/mm.

Esto nos lleva a concluir que las lesiones meniscales en zona avascular tratadas mediante sutura son muy frágiles dentro de las primeras seis semanas de evolución. La inmovilización y la descarga articular no mejoran los resultados. Cabe reseñar que el estudio histológico que realizamos paralelamente en estos animales⁽⁶⁾ demostró la escasa capacidad reparativa de las lesiones en zona avascular, lo que ayuda a comprender estos resultados. Únicamente dos animales presentaban signos reparadores de inicio en la zona lesional y ambos habían permanecido inmovilizados con un fijador externo (Figura 8).

BIBLIOGRAFÍA

1. Baratz, M.E.; Rehak, D.C.; Fu, F.H.; Rudert, M.J.: Peripheral tears of the meniscus. *Am J Sports Med*, 1988; 16: 1-6.
2. Boussinesq, J.: Application des potentiels a l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques. Gauthier-Villars. Paris, 1885.
3. Bullough, P.G.; Munuera, L.; Murphy, J.; et al.: The strength of the menisci of the knee as it relates to their fine structure. *J Bone Joint Surg*, 1970; 52B: 564-570.
4. Fithian, D.; Zhu, W.; Ratcliffe, A.; Kelly, M.; Mow, V.: Exponential law representation of tensile properties of human meniscus. *Proc Inst Mech Eng*, 1989; 5: 89.
5. Ghosh, P.; Taylor, T.K.F.; Pettit, G.D.; Horsburgh, B.A.; Belleniger, C.R.: Effect of postoperative immobilization on the regrowth of the knee joint semilunar cartilage: An experimental study. *J Orthop Res*, 1983; 1: 153-164.
6. Guisasola, I.; Forriol, F.; Vaquero, J.: Fenómenos reparativos en la zona avascular meniscal. *Cuadernos de Artroscopia*, 2000; 7 (13): 9-14.
7. Kohn, D.; Siebert, W.: Meniscus suture techniques: a comparative biomechanical cadaver study. *Arthroscopy*, 1989; 5: 324-327.
8. Roeddecker, K.; Muennich, U.; Nagelschmidt, M.: Meniscal healing: a biomechanical study. *J Surg Res*, 1994; 56: 20-27.