

## INVESTIGACIÓN

# Influencia de la inmovilización postoperatoria sobre las propiedades mecánicas de la reparación meniscal mediante sutura. Estudio experimental en corderos

Effect of postoperative immobilization on the mechanical properties of menisci repaired by suturing. Experimental study in lambs

GUISASOLA, I.\*; VAQUERO, J.\*\*, y FORRIOL, F.\*\*\*

\*Hospital Comarcal de Irún. \*\*Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Gregorio Marañón. Madrid.

\*\*\*Laboratorio de Ortopedia Experimental. Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra.

**RESUMEN:** La inmovilización postoperatoria puede tener un efecto beneficioso sobre la reparación de la zona avascular del menisco con sutura. Se estudia la influencia de la inmovilización sobre la mecánica de la reparación meniscal longitudinal en la zona avascular posterior en meniscos de 8 corderos, entre tres y cuatro meses de edad. A cuatro animales se les inmovilizó la rodilla y en los otros cuatro quedó libre. Los animales se sacrificaron a las 6 semanas.

Se realizaron ensayos mecánicos de dureza sobre la propia lesión meniscal con una velocidad de 4 mm/min, obteniendo la carga máxima que soporta el menisco y la pendiente de la curva.

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 y la pendiente de la curva también ofreció unos valores muy inferiores a los del menisco normal.

**PALABRAS CLAVE:** Menisco. Sutura meniscal. Lesión meniscal. Mecánica. Inmovilización.

**ABSTRACT:** Postoperative immobilization can be beneficial in suture repairs of the avascular area of the meniscus. A study was made of the effect of immobilization on the mechanics of longitudinal meniscal repair

in the posterior avascular zone of 8 lambs, age 3-4 months. The knee was immobilized after repair in 4 lambs and not immobilized in 4 lambs. Animals were killed at 6 weeks. The resistance of the meniscal lesion was tested at 4 mm/min to determine maximum meniscal resistance and the slope of the resistance curve.

The mean maximal resistance observed in the control group was 202 N (SD 16.42 N) and the mean slope of the resistance curve in the linear area of the meniscus was 0.7265 N/mm (SD 0.0371 N/mm). The maximal resistance of the repaired menisci in no case reached 50% of the resistance of a healthy meniscus. The slope of the resistance curve was also much lower for the repaired menisci than for the normal menisci.

**KEY WORDS:** Meniscus. Meniscal suture. Meniscal lesion. Mechanics. Immobilization.

El enfoque terapéutico de la cirugía meniscal ha cambiado significativamente en los últimos años. El diagnóstico, que tradicionalmente ha sido clínico, cuenta actualmente con el apoyo de técnicas de imagen. Sin embargo, el tratamiento postoperatorio de las reparaciones meniscales no es homogéneo y se han seguido muchas y diferentes pautas, desde la aplicación de un yeso inguinopédico durante 6 semanas,<sup>9</sup> pasando por períodos de inmovilización más cortos o permitir la movilidad y la carga de forma libre.<sup>6</sup>

En el presente trabajo se estudia la posible influencia de la inmovilización postoperatoria sobre la mecánica de la reparación con sutura de una lesión longitudinal en la zona avascular del menisco.

### Material y método

En 8 corderos (*Ovis aries*) de 3,5 meses de edad, peso de 30 a 35 Kg, se efectuó una artrotomía de la

---

#### Correspondencia:

Dr. F. FORRIOL.  
Dpto. COT  
CUN  
Avda. Pío XII, s/n.  
31008 Pamplona

Recibido: Febrero de 2000.

Aceptado: Noviembre de 2000.

rodilla izquierda para realizar una incisión longitudinal en la zona avascular en la parte posterior del menisco interno que se suturó con material reabsorbible. A cuatro animales se les inmovilizó la rodilla con un fijador externo puenteando la articulación, y en los otros cuatro la rodilla quedó libre. Los animales se sacrificaron a las 6 semanas. La inducción anestésica se realizó con Tiopental®, 10 mg/Kg; Ketamina®, 2 mg/Kg y Fentanest®, 0,06 mg.

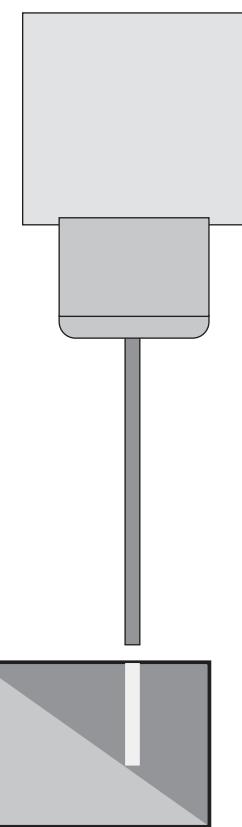
Con un abordaje anteromedial, tras luxar externamente el aparato extensor, se seccionó parcialmente el ligamento lateral interno, llegando al plano capsular. Se practicó una lesión meniscal longitudinal de 0,5 cm en la zona avascular de la parte posterior del menisco, que se suturó con un punto vertical único de Dexon® (poliglucónato) de 3/0, apoyándonos en el muro meniscal.

A la mitad de los animales se les colocó un fijador externo monolateral tipo MONO-tubo Triax® (Stryker-Howmedica, Ginebra, Suiza), con clavos (Apex®, de 5 mm de diámetro, Stryker-Howmedica, Ginebra, Suiza) en el fémur y otros dos en la tibia, atravesando ambas corticales. Se montó el fijador sobre los clavos y se elongó 4 mm, después de sujetar firmemente las mordazas para separar las superficies articulares y evitar la carga.

Los animales fueron controlados diariamente y se sacrificaron con anestesia general con pentobarbital sódico e inyección endovenosa de 5 mEq de KCl, para extraer el menisco interno completo junto con todo el muro meniscal. Se extrajeron, además, siete meniscos internos de las patas derechas que se utilizaron como control.

Las piezas se conservaron durante unas horas a 4 °C, para realizar los ensayos mecánicos de dureza en el centro de la propia lesión meniscal, con una mordaza cilíndrica de 1 mm de diámetro y de acero inoxidable. Los meniscos se depositaron sobre una cubeta metálica diseñada al efecto, con una rampa en la que se acomodó la cuña meniscal, ofreciendo una superficie plana para la compresión. Para fijar las muestras en la cubeta se utilizó yeso, confeccionando un molde a medida de cada espécimen (Fig. 1). 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. Los ensayos se realizaron con una velocidad de 4 mm/min y una penetración máxima de la mordaza de 3 mm. Los datos obtenidos en el ordenador nos permitieron diseñar unas gráficas (fuerza/desplazamiento) para conocer la carga máxima que soporta el menisco y la pendiente de la curva.

Se efectuó un estudio estadístico descriptivo y



**Figura 1.** Esquema del ensayo de dureza. La muestra se coloca sobre un molde de yeso para permitir la penetración axial de la mordaza.

comparativo entre los dos grupos, comparando la carga máxima soportada y la pendiente de la curva, mediante ANOVA y el test de Mann-Whitney. Todas las comparaciones mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

El menisco se comportó como un material viscoelástico. En la tabla 1 se presentan los valores de los dos parámetros mecánicos estudiados: la fuerza de dureza para atravesar la cicatriz, y la elasticidad del tejido cicatricial.

Las gráficas obtenidas en los diferentes ensayos realizados en los grupos control (Fig. 2); grupo inmovilizado y grupo libre (Fig. 3), observando que los valores de los ensayos en los dos grupos se mos-

**Tabla 1**

Grupo	N.º	Carga Máxima (N)	Pendiente (N/mm)
Control	7	202	0,73
Inmovilizado	4	38	0,15
Libre	4	78	0,36

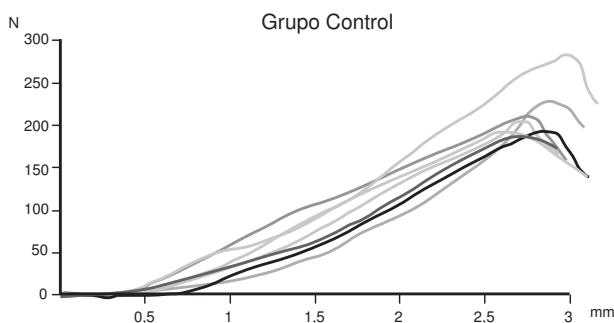


Figura 2. Gráficas fuerza/desplazamiento en el tejido meniscal sano.

traron, tanto en la carga máxima como en la pendiente de la curva, en todos los casos inferiores a los ensayos en meniscos normales.

La carga máxima media, en los siete meniscos del grupo control, fue de 202 N (DS 16,42 N) y la pendiente media de la curva (elasticidad) 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 y la pendiente de la curva también ofreció unos valores muy inferiores a los normales.

Mecánicamente soportaron mayor carga máxima los meniscos del grupo no inmovilizado, 78 N, que los del grupo inmovilizado, 38 N, y la elasticidad o

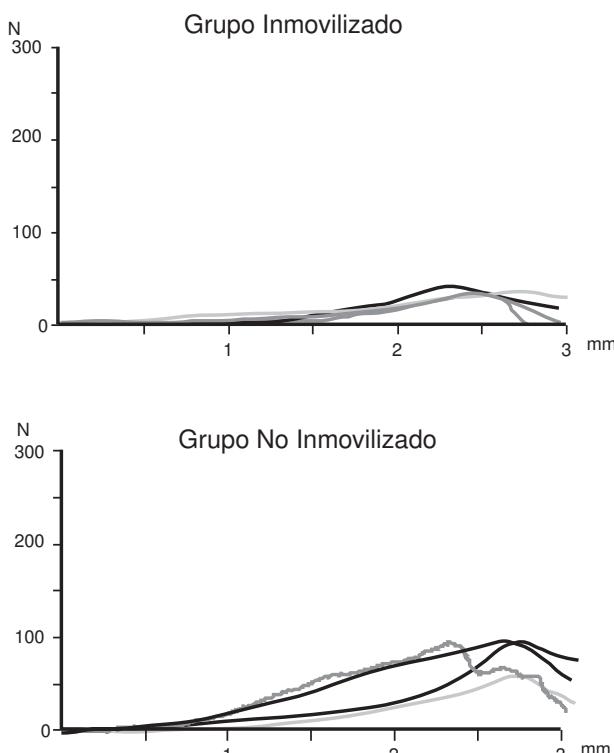


Figura 3. Gráficas fuerza/desplazamiento en los meniscos tratados con sutura meniscal, con y sin inmovilización articular.

pendiente de la curva carga/desplazamiento, también fue mayor en el grupo de animales que permanecieron con la rodilla libre (0,3612 N/mm) que cuando fue inmovilizada (0,1542 N/mm).

## Discusión

Existen muchas pautas de tratamiento postoperatorio tras una sutura por rotura meniscal, desde el mantenimiento de la rodilla inmovilizada en extensión y descarga durante 6 semanas, hasta la movilidad inmediata con carga precoz. Zhang y cols.,<sup>11</sup> abogan por la estabilidad que ofrece la sutura como un factor de importancia en la reparación meniscal. En los últimos años y en relación con el auge de la reparación meniscal en la clínica se han desarrollado numerosos estudios sobre la resistencia del material de sutura a emplear y sobre la técnica de anudado que ofrece mayor garantía. Los implantes biodegradables, en forma de flechas o grapas, poseen una resistencia a tensión similar a la que ofrece una sutura horizontal e inferior al patrón de referencia que sigue siendo la sutura vertical con puntos sueltos.<sup>1-4</sup>

Los trabajos de Arnoczky y cols.,<sup>2</sup> mediante técnicas de inyección vascular, han mostrado que solamente entre el 10-30% de la periferia meniscal está vascularizada. Los meniscos están compuestos aproximadamente, en un 75% de agua, un 20% de fibras colágenas y un 5% de sustancias no colagénicas. El menisco es, por lo tanto, un compuesto de fibras de colágeno embebidas en una matriz hidrofílica o gel. Las fibras se encuentran en su mayoría orientadas circunferencialmente con otras alineadas en dirección radial.<sup>3,8,10</sup> El tejido meniscal tiene un comportamiento anisotrópico en tensión, siendo las fibras circunferenciales las que mejor soportan la tensión, en relación a las axiales y radiales. Con las fuerzas compresivas crecientes se aflojan las fibras circunferenciales, siendo menos efectivas en las solicitudes a tensión. Las fibras axiales son las que mejor soportan las fuerzas de compresión, ya que las radiales también tienden a debilitarse. Las interacciones de las fibras de colágeno con los proteoglicanos y las uniones de las fibras de colágeno pueden ser factores determinantes en el comportamiento mecánico meniscal.<sup>8,10</sup>

El ensayo de dureza se ha usado para estudiar las propiedades mecánicas de los tejidos biológicos, demostrando ser eficiente y viable, pues caracteriza el comportamiento mecánico de los tejidos biológicos. Si bien son ensayos homogéneos y fáciles de repetir siempre en las mismas condiciones tienen el inconveniente de medir la resistencia de un tejido a compresión en un área muy limitada y, además, la mor-

daza utilizada es cilíndrica o esférica con un diámetro pequeño que no se aproxima al tipo de solicitud que recibe un menisco en condiciones fisiológicas.

Roeddecker y cols.,<sup>7</sup> estudiaron la resistencia de la cicatriz meniscal en el límite de la zona roja-blanca del cuerno posterior del menisco interno de conejos, a las 6 y a las 12 semanas. Compararon la abstención terapéutica, la sutura y la aplicación de cola de fibrina y describen una zona más débil alrededor de la lesión, que puede ser la causante de que ciertas roturas meniscales se inicien como roturas longitudinales del cuerno posterior y se convierten posteriormente en asas de cubo por propagación de la rotura. En dicho estudio, a las 6 semanas la resistencia de la cicatriz era de un 19% del menisco control, de un 26% en el menisco suturado y de un 42,5% en el menisco al que se le aplicó cola de fibrina. La resistencia del tejido cicatricial fue la misma a las 12 sema-

nas de la producción de la lesión.

Las técnicas utilizadas para medir la resistencia de las suturas meniscales derivan casi todas del modelo de Kohn y Siebert,<sup>5</sup> sistema que depende de la colocación de los hilos tractores y de la localización de la lesión y es, además, difícilmente reproducible pues al ser la sección del menisco triangular la fuerza que se desarrolla en cada lado de la mordaza es desigual, influyendo la colocación y la longitud de los puntos realizados.

En nuestro estudio, los meniscos internos sanos de la pata contralateral se separan claramente en su comportamiento mecánico de todos los meniscos en fase de reparación. Cualquier menisco suturado en la zona avascular, con o sin inmovilización posterior, presenta en las primeras seis semanas de evolución una carga máxima y una pendiente de la curva carga/desplazamiento menor del 50% que la que presen-

## Bibliografía

1. Albrecht-Olsen, P; Lind, T; Kristensen, G, y Falkenberg, B: Failure strength of new meniscus arrow repair technique: Biomechanical comparison with horizontal suture. *Arthroscopy*, 13: 183-187, 1997.
2. Arnoczky, S; Warren, R, y Mc Devitt, C: Meniscal replacement using a cryopreserved allograft. *Clin Orthop*, 252: 121-128, 1990.
3. Bullough, PG; Munuera, L; Murphy J, y cols. The strength of the menisci of the knee as it relates to their fine structure. *J Bone Joint Surg* 1970; 52B: 564-570.
4. Dervin, G; Downing, K; Keene, G, y McBride, D: Failure strength of suture versus biodegradable arrow for meniscal repair: An in vitro study. *Arthroscopy*, 13: 183-187, 1997.
5. Kohn, D, y Siebert, W: Meniscus suture techniques: a comparative biomechanical cadaver study. *Arthroscopy*, 5: 324-327, 1989.
6. Lerat, J; Imbert, P; Moyen, B; Besse, J; Brunet-Guedj, E, y Bochu, M: Résultats des sutures du ménisque interne associées à des reconstructions du ligament croisé antérieur dans les instabilités chroniques du genou. A propos des 42 cas, dont 30 contrôlés par arthrographie. *Rev Chir Orthop*, 81: 514-526, 1995.
7. Roeddecker, K; Muennich, U, y Nagelschmidt, M: Meniscal healing: a biomechanical study. *J Surg Res*, 56: 20-27, 1994.
8. Skaggs, DL; Warden, WH, y Mow, VC: Radial tie fibers influence the tensile properties of the bovine medial meniscus. *J Orthop Res*, 12: 176-185, 1994.
9. Valen, B, y Molster, A: Meniscal lesions treated with suture: A follow-up study using survival analysis. *Arthroscopy*, 10: 654-658, 1994.
10. Woo, SLY; An, KN; Arnoczky, SP; Wayne, JS; Fithian, DC, y Myers, BS: Anatomy, biology, and biomechanics of tendon, ligament, and meniscus. En: SR Simon (Ed) *Orthopaedic basic science*. AAOS, 1994.
11. Zhang, Z; Arnold, J; Williams, T, y McCann, B: Repairs by trephination and suturing of longitudinal injuries in the avascular area of the meniscus in goats. *Am J Sports Med*, 23: 35-41, 1995.