

F. ESCALAS LLIMONA*
I. PROUBASTA RENART*
J. A. PLANELL ESTANY**

* Servicio de Cirugía Ortopédica
y Traumatología.
Laboratorio de Biomecánica.

** Departamento de Metalurgia
y Ciencia de Materiales.
Universidad Politécnica de Cataluña.
Barcelona.

Ligamento lateral interno de la rodilla: resistencia mecánica durante su cicatrización.

Estudio experimental

Internal lateral ligament of the knee: mechanical resistance during healing. Experimental study

Resumen

Los autores reproducen en el animal de experimentación (conejo) lesiones de grados II y de III del LLI para comprobar su comportamiento mecánico durante distintos períodos de su cicatrización. Del estudio se constata que en las fases iniciales e intermedias de la cicatrización del citado ligamento existe una significativa reducción de su resistencia mecánica cuando se la compara con el grupo control, tanto a las 3 como a las 9 y 12 semanas en lesiones de grado II como de grado III. Especialmente notable es la disminución de resistencia en las lesiones de grado III. En consecuencia, y aun cuando los resultados se obtienen en un método experimental en el animal, cabe advertir que especialmente en lesiones importantes del ligamento lateral interno la resistencia es muy por debajo de lo normal durante estas fases de la cicatrización cuando existe un intervalo de tejido cicatricial considerable.

Palabras clave: Lesión rodilla. Cicatrización ligamentosa. Biomecánica.

Summary

In an experimental animal model, grade II and grade III medial collateral ligament injury was surgically reproduced and mechanical testing of the healing was studied at different healing stages. Tests show a poor of mechanical resistance through all initial healing stages, at 3, 9 and 12 weeks in grade II and III injuries when compared with controls. According to this observation it is recommended in grade III medial collateral ligament injuries where healing depends on a large scar tissue gap to be aware of its poor mechanical resistance.

Key words: Knee injury. Ligament healing. Biomechanics.

Introducción

Las lesiones aisladas del ligamento lateral interno de la rodilla constituyen la patología traumática más frecuente de las grandes articulaciones⁵. En este sentido, la epidemiología de las mismas en los traumatismos del deportista

revela que representan el 30% de los casos². En cuanto a su tratamiento, las escuelas clásicas recomendaban la reparación quirúrgica, ya que en su opinión una inestabilidad en valgo no se recuperaba sin la sutura de dicho ligamento^{5, 9, 13, 14}. Sin embargo, el reconocimiento de su frecuente asociación con las lesiones del ligamento cruzado anterior en las inestabilidades postraumáticas en valgo hicieron que se modificara su enfoque terapéutico, asumiendo en general la benignidad de las lesiones del ligamento lateral interno y generalizándose su tratamiento no quirúrgico, tanto en las lesiones de grado II como las de grado III^{10, 12, 15, 16}.

Correspondencia:

I. PROUBASTA. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Laboratorio de Biomecánica. Hospital de la Santa Cruz y San Pablo. Avda. San Antonio M.^o Claret, 167. 08025 Barcelona.

No obstante, este cambio de actitud se ha producido en ausencia de trabajos experimentales para demostrar este criterio¹. Es conocida la tendencia actual que favorece la reparación aislada del ligamento cruzado anterior, a pesar de que algunos autores han denunciado tal proceder como la posible causa de malos resultados en la reconstrucción de lesiones combinadas de la rodilla^{4, 11}.

La base científica de esta conducta terapéutica deriva de los estudios experimentales en el animal sobre la cicatrización de los ligamentos de la rodilla¹⁹. En muchos de estos estudios los modelos experimentales de las lesiones no se ajustan a la situación real en la clínica humana, donde las lesiones importantes se caracterizan por la gran separación de los extremos del ligamento dañado^{6, 18}.

En el presente trabajo hemos querido comprobar en el animal de experimentación el comportamiento mecánico del ligamento lateral interno en distintas fases de su cicatrización en aras de aproximarse lo más cerca posible a lo que ocurre en clínica humana. En este sentido intentamos reproducir las lesiones de grado III, es decir, aquellas en las que la reparación se produce a través de un gran intervalo cicatricial, aunque también se ha aprovechado el citado estudio para su comparación con las lesiones de grado II, que cicatrizan con un pequeño intervalo cicatricial.

De los resultados experimentales obtenidos se espera aportar información adicional que apoye experimentalmente la actuación terapéutica en el ser humano.

Material y métodos

Dos grupos de 4 conejos machos adultos de la raza Nueva Zelanda blanco de 2,5 kg de peso fueron utilizados como modelo experimental. Bajo anestesia general con nembutal y en condiciones de asepsia se practicó una incisión en la cara interna de ambas rodillas y se abordó el plano profundo mediante disección roma para la exposición del ligamento lateral interno.

En el primer grupo (grupo A) se procedió a practicar una resección de 2 mm (lesión de grado III) en la parte central del ligamento lateral interno, mientras que en la rodilla derecha no se seccionó el ligamento.

En el segundo grupo (grupo B) en la rodilla izquierda se practicó el mismo tipo de lesión descrita (grado III) y en la rodilla derecha se practicó una sección simple del ligamento en su parte media (lesión grado II).

Posteriormente en todos los animales la piel fue suturada con material reabsorbible, y previa inyección de una dosis profiláctica de antibiótico los animales fueron devueltos a sus jaulas sin inmovilización ni restricción de actividad.

A las 3 y 9 semanas de la intervención un animal de cada grupo fue sacrificado. A las 12 semanas lo fueron los 2 animales restantes de cada grupo. Así de este modo se obtuvieron a las 3 y 9 semanas un espécimen control, uno con lesión grado II y 2 con lesión grado III. A las 12 semanas se obtuvieron de los animales sacrificados 2 rodillas control, 2 con lesión grado II y 4 de grado III (tabla I).

Después del sacrificio de los animales las rodillas fueron cuidadosamente disecadas, conservando intactos el

Tabla I. Grado de lesión y tiempo en el que se efectuó el ensayo de las muestras en cada uno de los animales del estudio

Semanas	Grupo A		Grupo B	
	Grado III	Grado II	Grado III	Grado III
Tres	C	I	I	I
Nueve	C	I	I	I
Doce	C	I	I	I
Doce	C	I	I	I

C: animales control. I: animales estudiados.

fémur, la tibia y el ligamento lateral interno. Los especímenes se congelaron para su conservación.

Previamente descongelados, las rodillas se montaron en un soporte construido a tal efecto en una máquina (Fig. 1) para ensayo de resistencia mecánica (Instron Series IX Automated Material Testing System 1.04). Las rodillas se sometieron a un precondicionado de 10 ciclos con control de elongación a 0,7 mm en condiciones de saturación de humedad y a 20° de temperatura.

Las muestras fueron sometidas a ensayo en las mismas condiciones ambientales y con una velocidad de carga de 50 mm/min, siendo traccionadas en la dirección del eje longitudinal del ligamento hasta su fallo mecánico, obteniendo los datos de carga y desplazamiento a la tracción sobre el eje longitudinal del ligamento hasta llegar a su rotura.

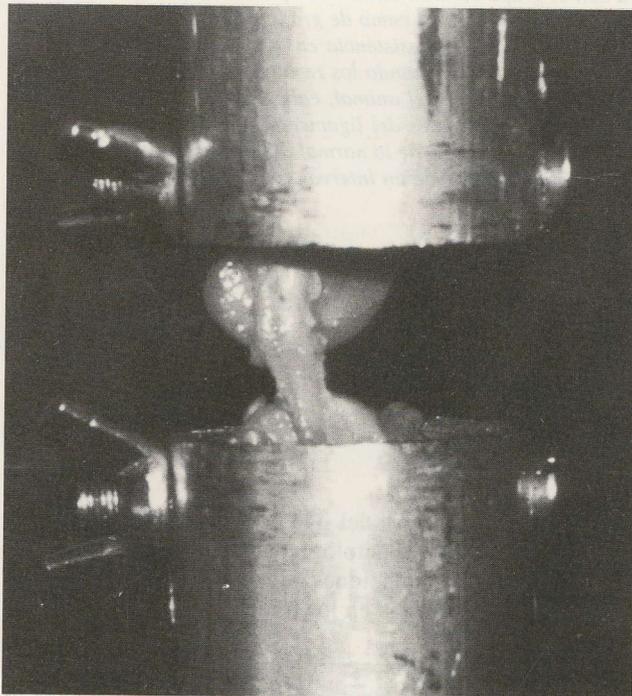


FIG. 1.—Especimen de muestra montado en el soporte de la Instron para el ensayo a tracción.

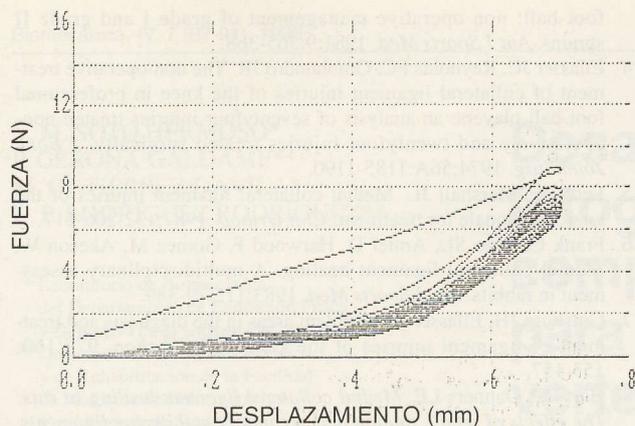


FIG. 2.—Gráfico de precondicionamiento de una muestra. Obsérvese la estabilización a 8 N.

Resultados

En la fase de precondicionamiento las muestras se estabilizaron alrededor de los 8 N, con desplazamiento fijo de 0,7 mm (Fig. 2).

En las 4 rodillas «control» el esfuerzo de rotura del ligamento a la tracción en su eje longitudinal se produjo alrededor de 0,25 KN, independientemente del tiempo transcurrido desde la intervención.

En las 4 rodillas en las que se practicó la sección simple del ligamento (lesiones de grado II) se observó el fallo del mismo a las 3 semanas a 0,9 KN, a las 9 semanas a 0,12 KN y a las 12 semanas a 0,18 KN de media en los 2 especímenes.

De las 8 rodillas en las que se practicó la sección con resección de la parte central del ligamento (lesión de grado III) se observó el fallo del mismo a las 3 semanas a 0,8 KN, a las 9 semanas a 0,11 KN y a las 12 semanas a

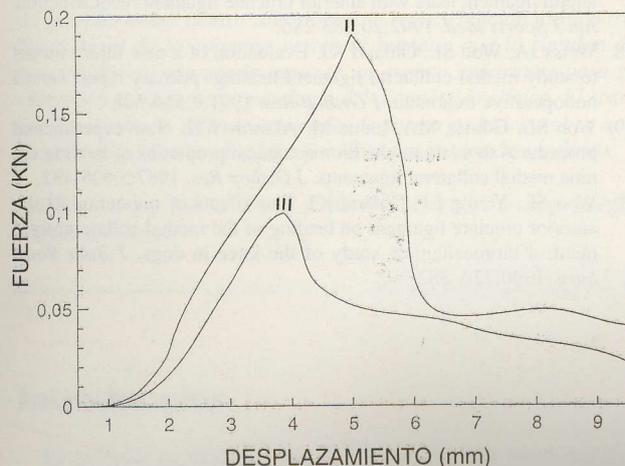
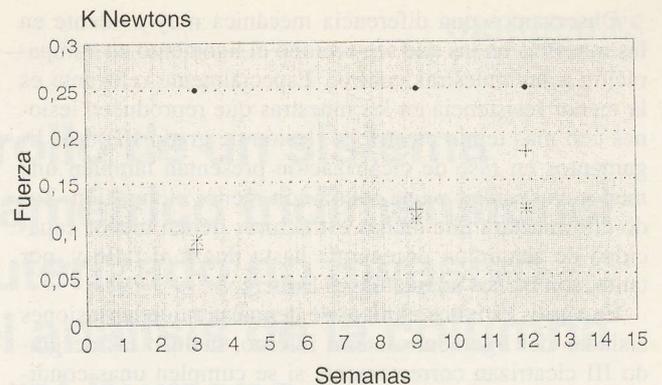


FIG. 3.—Gráfico de ensayo de 2 muestras a las 12 semanas, donde se observa que en la lesión tipo grado II la rotura se produce a 0,2 KN, mientras que en la lesión tipo grado III, a 0,1 KN.



● Control + Grado II * Grado III

FIG. 4.—Resultados comparativos de los ensayos de las distintas muestras en su punto de rotura.

0,12 KN de promedio en los 2 especímenes. En la figura 3 puede observarse el gráfico de ensayo de 2 muestras, una de grado II y otra de grado III, a las 12 semanas, y en la figura 4 se muestran los resultados comparativos de los ensayos de las distintas muestras en su punto de rotura.

Las pendientes de las curvas de carga son ligeramente más verticales en los ligamentos seccionados incluso a las 12 semanas.

En los ligamentos en cicatrización se apreció menor elongación en el punto de rotura que en los controles, siendo ésta menor en las lesiones de grado III. Estas diferencias son como máximo del orden de 1 mm, pero fácilmente apreciables.

En todos los especímenes se produjo el fallo en su tercio medio, ignorándose si se produjeron pequeñas lesiones asociadas a nivel de la inserción. Sin embargo, el tipo de gráfica de carga es típico del fallo por rotura en la sustancia del ligamento y no en la inserción del hueso.

Discusión

En este estudio se destaca la importancia de la pobre resistencia mecánica del ligamento lateral interno de la rodilla durante la cicatrización, especialmente en aquellos casos en que se produce por medio de un gran intervalo de tejido cicatricial con características mecánicas distintas a las de un ligamento intacto.

La estructura altamente diferenciada del ligamento no se alcanza en el proceso de maduración del tejido cicatricial incluso hasta pasadas 40 semanas⁶. Es evidente, pues, que en las fases iniciales de cicatrización, período en el que se centra este estudio, el tejido de cicatrización poco diferenciado afectará a las propiedades mecánicas del conjunto. En este sentido la resistencia mecánica del conjunto ligamento-cicatriz es obvio que tiene una gran importancia en el proceso de cicatrización de las lesiones de dicho ligamento, en tanto al período de protección del mismo como también en lo que se refiere a la cicatrización, con la correcta longitud para proporcionar la estabilidad articular adecuada.

Observamos una diferencia mecánica muy evidente en las muestras en las que se seccionó el ligamento en comparación a las muestras control. Especialmente relevante es la menor resistencia en las muestras que reproducen lesiones con más tejido cicatricial (lesión de grado III). Los ligamentos en fase de cicatrización presentan también una menor elasticidad y una rotura con menor elongación. Todo ello muestra que dichas estructuras tienen menor capacidad de absorción de energía hasta llegar al fallo y, por tanto, son menos adaptables al esfuerzo.

En varios estudios clínicos se demuestra que las lesiones aisladas del ligamento lateral interno, incluso las de grado III cicatrizan correctamente si se cumplen unas condiciones ambientales determinadas¹⁸. Sin embargo, en los casos que existe una lesión asociada del ligamento cruzado anterior el ignorar una lesión del ligamento lateral interno puede producir malos resultados clínicos^{17, 20}. Si es verdad que la reparación quirúrgica de la lesión del ligamento cruzado anterior mejora mucho el pronóstico de la rodilla^{11, 17, 20}, es lógico considerar que la plastia de ligamento cruzado anterior se debe apoyar inicialmente en un ligamento lateral interno lo más competente posible o, en su defecto, la rodilla deberá protegerse del valgo mediante una ortesis adecuada.

De este estudio se deduce que la reparación quirúrgica de las lesiones de grado III, por el efecto de disminuir la cantidad de tejido cicatricial al transformarlas en lesiones de grado II, mejora la resistencia mecánica del ligamento en las fases iniciales de la cicatrización. En consecuencia en caso de una lesión asociada del ligamento cruzado anterior, donde la resistencia del ligamento lateral interno es de gran importancia para el apoyo mecánico de su reparación, cabe considerar o bien la reparación quirúrgica de ambas estructuras o por lo menos el apoyo importante que ofrece a la cicatrización una ortesis adecuada. No obstante, hemos de tener en cuenta que estas apreciaciones derivan de un estudio experimental en un modelo animal y como tal están sujetas a la posibilidad de error inherente. Es preciso, pues, confirmar dicha hipótesis mediante estudios comparativos en la clínica humana.

Bibliografía

1. American Academy of Orthopedic Surgeons. Management of MCL injury. *Orthopedic Knowledge Update*. 1990;3:569.
2. DeHaven KE, Lintner DM. Athletic injuries: comparison by age sport and gender. *Am J Sports Med*. 1986;14:218-224.
3. Dersheid GL, Garrick JG. Medial collateral ligament injuries in foot-ball: non-operative management of grade I and grade II sprains. *Am J Sports Med*. 1981;9:365-368.
4. Ellasser JC, Reynolds FC, Omohundro JR. The non-operative treatment of collateral ligament injuries of the knee in professional foot-ball players: an analysis of seventyfour injuries treated non-operatively and twentyfour injuries treated surgically. *J Bone Joint Surg*. 1974;56A:1185-1190.
5. Fetto JF, Marshall JL. Medial collateral ligament injuries of the knee, a rationale for treatment. *Clin Orthop*. 1987;132:206-217.
6. Frank C, Woo SL, Amiel D, Harwood F, Gómez M, Akeson W. Medial collateral ligament healing. A multidisciplinary assessment in rabbits. *Am J Sports Med*. 1983;11:379-389.
7. Ginsburg JH, Ellasser JC. Problem areas in the diagnosis and treatment of ligament injuries of the knee. *Clin Orthop*. 1978;160:153-157.
8. Hart DP, Dahners LE. *Medial collateral ligament healing in rats: The effects of repair, motion and secondary stabilizing ligaments*. 33 Annual Meeting Orthop. Res. Soc. Prec. San Francisco, 68, 1987.
9. Hugston JC, Barret GR. Acute anteromedial rotatory instability: Long term results of surgical repair. *J Bone Joint Surg*. 1983;65A:145-153.
10. Indelicato PA. Non-operative treatment of complete tears of the medial collateral ligament of the knee. *J Bone Joint Surg*. 1983; 65A:323-329.
11. Inoue M, McGurk-Burleson E, Hollis JM. Treatment of the medial collateral ligament injury: the importance of anterior cruciate ligament on the varus valgus knee laxity. *Am J Sports Med*. 1987; 15:15-21.
12. Jone RE, Henley MB, Francis P. Non-operative management of isolated grade III collateral ligament injury in football players. *Clin Orthop*. 1986;213:137-140.
13. Müller W. *The knee: form, function and ligament reconstruction*. New York: Springer-Verlag, 1983.
14. O'Donohue DH. Treatment of acute ligamentous injuries of the knee. *Orthop Clin North Am*. 1973;4:617-645.
15. Reider B, Sathy MR, Talkington J, Blyzna KN, Kollias S. Treatment of isolated medial collateral ligament injuries in athletes with early functional rehabilitation. *Am J Sports Med*. 1993;22:470-475.
16. Sandberg R, Balkford B, Nilsson B, Westlin N. Operative versus non-operative treatment of recent injuries to the ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg*. 1987;69A:1120-1126.
17. Shelbourne KD, Porter DA. Anterior cruciate ligament-medial collateral ligament injury: non-operative management of medial collateral ligament tears with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1992;20:283-286.
18. Weiss JA, Woo SL, Ohland KJ. Evaluation of a new injury model to study medial collateral ligament healing: primary repair versus nonoperative treatment. *J Orthop Res*. 1991;9:516-528.
19. Woo SL, Gómez MA, Inoue M, Akeson WH. New experimental procedures to evaluate the biomechanical properties of healing canine medial collateral ligaments. *J Orthop Res*. 1987;5:425-432.
20. Woo SL, Young EP, Ohland KJ. The effects of transection of the anterior cruciate ligament on healing of the medial collateral ligament: a biomechanical study of the knee in dogs. *J Bone Joint Surg*. 1990;72A:382-392.