

Análisis biomecánico del uso de cianoacrilatos en la reparación meniscal: estudio experimental en modelo animal

Saúl L. Martínez Prieto*; Ricardo Rodríguez Ciodaro*; Gilberto Sanguino Torrado†; Klaus W. Mieth Alvear‡

*Residentes Ortopedia y Traumatología, IV año Universidad del Rosario; †Instructor Hospital Kennedy; ‡Instructor Instituto Roosevelt.

Resumen

Se midió la resistencia hasta la falla de 5 métodos para reparación meniscal. Sesenta meniscos mediales de origen bovino se dividieron en 5 grupos. Se hizo una lesión artificial a 3 mm desde el borde periférico. Las técnicas evaluadas fueron: sutura horizontal con adición de cianoacrilatos (grupo 1), dardos meniscales con cianoacrilato (grupo 2), sutura con técnica horizontal (grupo 3), dardos meniscales (grupo 4), y cianoacrilatos únicamente (grupo 5). Una prueba de tensión hasta la falla se hizo, usando el analizador universal Instron 1122. El promedio de la carga de falla en el grupo 1 fue 110N, en el grupo 2: 89,8N, en el grupo 3: 97N, en el grupo 4: 82,7N y en el último grupo 48,5N. No se encontró diferencia estadísticamente significativa en la carga de falla entre los grupos 2 y 3. La falla para los dardos con cianoacrilato en meniscos bovinos es comparable con la sutura horizontal.

Palabras clave: Reparo meniscal, dardos meniscales, cianoacrilato, sutura horizontal y carga de falla.

Abstract

The aim of this study was to measure the failure strengths of five meniscal repairing methods. Sixty fresh frozen bovine medial menisci were divided into five groups. In all menisci, an artificial vertical lesion was done 3 mm from the peripheral rim. The techniques investigated were: horizontal loop plus cianoacrilates (group 1), a meniscal dart plus cianoacrilates (group 2), a single horizontal loop suture (group 3), meniscal dart (group 4), and cianoacrilates alone (group 5). Pull out tests to failure were made in a computer based Instron 1122 testing machine. Median failure load in group 1: 110N, group 2: 89.8N, group 3: 97.4N, group 4: 82.7N and in the last group: 48.5N. No statistically significant difference in failure load was found between the second and third group. This failure strength for darts with cianoacrilates repaired bovine menisci is comparable to an horizontal suture.

Key Words: Meniscus repair, meniscal darts, cianoacrilates, horizontal suture, failure load.

Introducción

Los meniscos tienen una función esencial en la biomecánica de la rodilla. Al menos 50% de las fuerzas compresivas de la rodilla en extensión y cerca del 85% a 90° de flexión son transmitidas a través de ellos. También aumentan la congruencia entre los cóndilos femorales y tibiales y se les ha atribuido una función de lubricación articular contribuyendo de esta forma con la nutrición articular; son además estabilizadores de la rodilla principalmente en el plano rotacional.

En términos generales, los meniscos previenen la lesión del cartilago articular disminuyendo la concentración de la carga; por esta razón la preservación meniscal es necesaria para conservar la fisiología normal de la rodilla y disminuir el riesgo de osteoartritis.

Los desgarramientos meniscales son causados usualmente por eventos traumáticos agudos principalmente por fuerzas rotacionales en la articulación parcialmente flexionada. Pacientes ancianos con degeneración meniscal

preexistente y desvascularización requieren menos energía para sufrir una lesión.

Existe una variedad de tratamientos de los desgarramientos meniscales dependiendo de su naturaleza: remodelación total o parcial, el reparo meniscal y, últimamente en desarrollo, el trasplante meniscal. El candidato ideal para la reparación meniscal es el paciente joven, con trauma agudo y desgarramiento longitudinal en la zona roja-roja. El procedimiento puede realizarse en forma artroscópica, con técnica abierta o combinada. La reparación se puede realizar con sutura absorbible (Vicryl®, PDS®) o no absorbible (Ethibond®, Dexon®, Maxon®, Prolene®). La técnica también incluye perforaciones axiales y el uso de coágulos de fibrina que mejoran el aporte vascular, el proceso de cicatrización y, por ende, el resultado final. Otras alternativas de reparación meniscal son el uso de elementos de anclaje bioabsorbibles (Arrows®, Meniscal Dart®, Grapas Meniscales®).

Los cianoacrilatos (pegantes tisulares sintéticos o resinas) se han utilizado en medicina en diferentes situaciones como suturas de piel, hepáticas, renales, etc, y su utilización asociada a los métodos tradicionales de reparación meniscal puede facilitar la técnica quirúrgica y mejorar el resultado.

En este trabajo se evalúan los resultados biomecánicos de la reparación meniscal con sutura (Dexon 2-0®), dardos meniscales (Meniscal Dart®) y cianoacrilatos (Histoacryl®).

Materiales y métodos

El presente es un estudio de tipo experimental de laboratorio, realizado en modelo animal, el cual contó con la aprobación para su realización del comité docente del servicio integrado de Ortopedia y Traumatología de la Universidad del Rosario.

Sesenta meniscos mediales de bovinos sin lesiones macroscópicas aparentes se disecaron de la superficie tibial de las rodillas después de lo cual se congelaron a -20° centígrados hasta el día anterior a las pruebas cuando fueron descongelados; se realizó la lesión y reparación, fueron mantenidos en solución salina normal y se practicaron las mediciones.

Una laceración longitudinal de espesor total fue hecha en cada uno de los meniscos; esta lesión se estandarizó realizándola con un mismo instrumento cortante para todos y se localizó a 3 mm del borde para simular el desgarro meniscal en el que con mayor frecuencia se indica la reparación. Los meniscos se dividieron en cinco grupos similares así:

1. Sutura con técnica horizontal de Dexon® 2-0, adición Histoacryl®
2. Reparación con elemento de anclaje bioabsorbible (Meniscal Dart) Arthrex®, adición Histoacryl®
3. Sutura con técnica horizontal de Dexon® 2-0
4. Reparación con elemento de anclaje bioabsorbible (Meniscal Dart) Arthrex®
5. Reparación con Histoacryl®

En el primer grupo se utilizaron las cánulas rectas de doble barril para el paso de la sutura (Dexon® 2-0) con técnica fuera-dentro de forma horizontal, obteniéndose una distancia constante entre los cabos de la sutura de 3mm y se anudó manualmente al borde capsular con 5 nudos. Se eligió la técnica horizontal por ser la más comúnmente usada en la práctica clínica; se adicionó al reparo una capa de Histoacryl® en la superficie femoral de la lesión con los bordes unidos tal y como lo recomienda el fabricante

y se esperó durante 20 segundos para la polimerización del pegante.

El grupo número dos fue reparado con los dardos meniscales (Arthrex®) de 12 mm de longitud; primero se afrontaron los bordes de la lesión, luego se utilizó la cánula del instrumental, que tiene la misma geometría del dardo, y a través ella se realiza la perforación que servirá como agujero guía para el dardo, el cual tiene aspas similares a las de un anzuelo, previniendo así la migración del implante fuera del menisco; a continuación se retiró el elemento que realiza la perforación, se posiciona la pistola de la que dispone el instrumental con el dardo montado y se dispara para fijar la lesión; utilizando un dardo por cada lesión para poder hacer las pruebas de forma puntual y así establecer las comparaciones entre los diferentes elementos.

El fabricante recomienda utilizar un dardo por cada 5 mm de longitud de la lesión "in vivo". Al igual que en el primer grupo se adicionó Histoacryl®.

En el grupo número tres se realizó la reparación utilizando una técnica similar a la empleada en el grupo I, pero sin adicionar el pegante tisular.

Para el grupo cuatro se realizó la reparación meniscal con los dardos meniscales al igual que en el dos pero sin adicionar el pegante tisular. Por último, en la misma lesión, se afrontaron los bordes manualmente y se fijaron con una capa delgada del Histoacryl® sobre la superficie femoral del menisco con igual tiempo de presión en los bordes para permitir la polimerización del adhesivo tisular.

Las propiedades tensiles de los diferentes reparos fueron sometidas a una prueba de tensión - elongación mediante el analizador universal Instron Modelo 1122 hasta observar la falla del método de reparación la cual fue determinada en el momento que se presenta separación completa de los bordes de reparación del menisco.

El analizador es capaz de producir una carga aplicada de 5 kilo-Newtons conectado a un computador y equipado con mordazas neumáticas sobre las que se montaron otras diseñadas especialmente para este estudio ya que las mordazas del aparato no permitían el agarre firme de los meniscos sin resbalarse, lo cual alteraba completamente las mediciones.

Todos los meniscos se analizaron una sola vez a una velocidad de desplazamiento en el sitio a analizar de 5mm/min y todas las pruebas fueron realizadas en condiciones ambientales similares (22°C y 50% de humedad del aire). La carga en la cual se produjo la falla del elemento por ruptura o desplazamiento absoluto del sitio de la lesión

se consignó como la carga de falla y se tomó como dato para el análisis estadístico.

Resultados

Las mordazas diseñadas tuvieron un comportamiento adecuado en las pruebas realizadas con excepción de los meniscos #12 del grupo 1 (pegante y sutura), #8 del grupo 2 (pegante y dardos) y el #3 del grupo 3 (sutura), los cuales fueron excluidos de los análisis estadísticos por haber fallado el agarre del espécimen a las mordazas antes que se produjera la falla en la reparación, tal como lo demuestran las cifras muy inferiores de los otros meniscos probados; por lo tanto, en los grupos 1,2 y 3 fueron incluidos 11 meniscos y en los grupos 4 y 5, 12 meniscos.

En el grupo 1 la reparación falló a una mediana de 107 (rango 98-125 N), observándose que se producía un desgarro del menisco sin ruptura de la sutura. En el grupo 2 la mediana fue de 91 N (rango 68-97 N) y en este, la falla se produjo por la migración del dardo con uno de los bordes de la lesión en 8 casos y en 3 por ruptura del mismo.

En el grupo 3 la mediana fue de 96 N (rango 85-115 N) y, al igual que en el grupo 1, la falla se produjo por desgarro del menisco mas no por ruptura de la sutura. En el grupo 4 la reparación del menisco falló a una mediana de 82 N (rango 81-90 N) produciéndose ruptura del dardo en 3 y migración del mismo junto con el borde externo de la lesión en 9 meniscos.

En el grupo 5 la mediana fue de 49 N (rango 43-55 N)(tabla 1). En los grupos en que se analizó el comportamiento de los implantes biodegradables se observó una caída en la curva al inicio de la tensión la cual presentaba posteriormente recuperación y comportamiento lineal hasta producirse la falla.

Todos los grupos fueron comparados en conjunto realizando la prueba estadística Anova no Paramétrica (Kruskal-Wallis) resultando una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos con una $p=0,0001$ para un nivel de significancia de 0,01. Posteriormente se compararon los grupos por pares realizando la prueba de Mann-

Tabla 1. Análisis estadístico

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
	Sutura y pegante	Dardos y pegante	Sutura	Dardos	Pegante
1	106	97	110	86	51
2	105	90	90	82	55
3	125	93	98	81	46
4	107	90	96	86	52
5	118	96	85	82	44
6	103	68	94	84	50
7	113	91	115	79	46
8	106	92	102	76	43
9	118	88	95	90	46
10	120	91	96	86	49
11	98	92	91	80	51
12				81	50
Promedio	110,8181818	89,81818182	97,4545455	82,9090909	48,4545455
Mediana	107	91	96	82	49

Nota: Todos los valores están expresados en newtons

Tabla 2. Resultados de la prueba Mann - Whitney

Grupo 1	Sutura - pegante	p= 0,001
Grupo 2	Dardos - pegante	
Grupo 1	Sutura - pegante	p= 0,0025
Grupo 3	Sutura	
Grupo 1	Sutura - pegante	p= 0,000
Grupo 4	Dardos	
Grupo 1	Sutura - pegante	p= 0,000
Grupo 5	Pegante	
Grupo 2	Dardos - pegante	p= 0,0519
Grupo 3	Sutura	
Grupo 2	Dardos - pegante	p= 0,0013
Grupo 4	Dardos	
Grupo 2	Dardos - pegante	p= 0,0000
Grupo 5	Pegante	
Grupo 3	Sutura	p= 0,0001
Grupo 4	Dardo	
Grupo 3	Sutura	p= 0,0000
Grupo 5	Pegante	
Grupo 4	Dardos	p= 0,0000
Grupo 5	Pegante	

Nota: Significancia $p < 0,01$

Whitney, demostrando diferencias significativas entre todos los grupos, excepto entre el grupo 2 (dardos y pegante) y el grupo 3 (sutura) donde el resultado de la prueba fue $p=0,0519$ (tabla 2).

Discusión

Los métodos de reparación meniscal han sido estudiados ampliamente analizando su resistencia de forma aislada y comparativa.^{2,8,13,17,23,31} La estabilidad de la lesión una vez reparada es uno de los factores mas importantes que contribuyen en el desenlace final de una reparación meniscal; a mayor estabilidad post reparación seguramente el programa de rehabilitación se simplificará porque el menisco reparado requerirá menos protección post operatoria.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran unos valores de resistencia superiores a los reportados en la literatura pero de comportamiento homogéneo probablemente por el diseño del estudio que pudo trasladar una parte del momento de fuerza ejercido a toda la sustancia meniscal y al hecho de haber utilizado meniscos bovinos adultos de mayor tamaño y resistencia que los porcinos o humanos.

Las fallas observadas en las reparaciones con sutura se produjeron, en la mayoría de los casos, por desgarro de la sustancia meniscal en el sitio del reparo debido a que la cantidad de fibras circulares de colágeno meniscal involucradas en la reparación con técnica horizontal son mucho menores al compararlas con la técnica vertical.²³

La caída en la curva al inicio de la tensión en los grupos de implantes biodegradables puede explicarse por la forma dentada del implante que mejora su agarre al tejido meniscal con la carga y tensión progresiva en el lugar de la reparación.

En nuestro modelo se utilizó una velocidad de 5mm/min basados en estudios previos de características similares; seguramente no hay correlación con las condiciones in vivo a las que se somete un menisco que ha sido reparado. Sin embargo, representa una variable de valoración de resistencia a la carga que facilita la observación y representa bien los fenómenos que tienen lugar en el sitio de la lesión.

El uso de implantes biodegradables similares a los utilizados en este estudio ha mostrado resultados alentadores en estudios clínicos. Kristensen reporta resultados de un estudio aleatorio comparando este tipo de implantes con técnica de sutura dentro-fuera y reevaluando los pacientes con artroscopia, mostrando curaciones en 15 de 17 meniscos reparados con implantes biodegradables y 10 de 13 en los meniscos suturados.

El tiempo quirúrgico fue menor en el grupo de los implantes biodegradables al compararlo con el de la sutura, en 65 a 40 minutos enfatizando este factor como un atractivo de la técnica todo adentro.

Las técnicas todo dentro con implantes biodegradables son un concepto llamativo para el manejo artroscópico de las lesiones meniscales. No se requieren incisiones adicionales a los portales de artroscopia y el tiempo quirúrgico es menor.

Cuando se comparan los implantes biodegradables con la sutura la resistencia de la última es mayor. En nuestro estudio no encontramos diferencias significativas al comparar el grupo 2 con el 3. El hecho que no se en-

cuentre esta diferencia no significa que los dos grupos sean equivalentes, en especial en este caso en el que la muestra utilizada en el grupo 2 (11 especímenes) es menor que la calculada.

Si bien es cierto que las suturas, con independencia del tipo y la técnica utilizada, son el estándar de oro de la reparación meniscal, día a día se desarrollan nuevos elementos para la realización de dicho procedimiento. Si la adición de cianoacrilatos a estos implantes mejora su resistencia y la acerca a la de la sutura, el uso de esta combinación se convertiría en una alternativa de tratamiento. Lo anterior se desprende de los análisis biomecánicos efectuados aunque el comportamiento *in vivo* puede ser diferente.

Conclusiones

El uso de pegantes tisulares mejora la resistencia de la reparación meniscal con sutura o con implantes biodegradables y puede constituirse en una alternativa de manejo de las lesiones meniscales. Aunque el uso de los cianoacrilatos en forma aislada demostró tener una menor resistencia comparada con los otros métodos de reparación meniscal, todavía queda por probar su utilidad realizando estudios *in vivo*, y evaluar su comportamiento biológico en el manejo de las lesiones meniscales, y posteriormente implementar la técnica para su utilización clínica.

Agradecimientos

Los autores desean manifestar su sentimiento de gratitud a las personas y compañías que se vincularon al presente proyecto.

No se obtuvo beneficio económico alguno de parte de las empresas vinculadas para la realización del presente trabajo.

Referencias

- Adoni A, Anteby E: The use of Histoacryl for episiotomy repair. *Br J of Obs and Gynae* 98: 476-478, 1991
- Albecht P, Lind T, Krislensen G: Failure strength of a new meniscus arrow repair technique: Biomechanical comparison with with horizontal suture. *Arthroscopy* 13: 183-187, 1997
- Alhopuro A, Rintala A, Salo H, Ritsily V: Tissue adhesive versus sutures in closure of incision wounds: A comparative study in human skin. *Annales chirurgiae et gynaecologiae* 65: 308-312, 1976
- Annadale T: An Operation for displaced semilunar cartilage: The Classic. *Clin Orthop* 3: 260, 1990
- Arnoczky SP, Warren R: The microvasculature of the meniscus and its response to injury. *Am J Sports Med* 11: 131-141, 1983
- Arnoczky SP, Warren R: Microvasculature of the human meniscus. *Am J Sports Med* 10: 90-95, 1982
- Avery BS, Ord RA: The use of butyl cyanoacrylate as a tissue adhesive in maxillo-facial and cranio-facial surgery. *British J of Oral Surg* 20: 84-95, 1982
- Barber FA, Herbert MA: Meniscal repair devices. *Arthroscopy* 16: 613-618, 2000
- Barret GR, Richardson K, Koenig V: T-Fix endoscopic meniscal repair: Technique and aproach to different types of tears. *Arthroscopy* 11: 245-251, 1995
- Barret GR, Richardson K, Rulf C, Jones A: The effect of suture type on meniscus repair. *Am J Knee Surg* 10: 2-9, 1997
- Bhaskar SN, Frisch J, Margetis PM, Leonard F: Application of a new chemical adhesive in periodontic and oral surgery. *Oral Surg, Oral Med and Oral Path* 22: 526, 1966
- Bhaskar SN, Frisch J: Use of cyanoacrylate adhesives in dentistry. *J of American Dental Association* 77: 831, 1963
- Boenisch UW, Faber J, Ciarelli M, Arnoczky SP: Pull-Out strength and stittness of meniscal repair using absorbable arrows or ti-cron vertical and horizontal loop sutures. *Am J Sports Med* 27: 626-631, 1999
- Calder SJ, Myers PT: Broken arrow: A complication of meniscal repair. *Arthroscopy* 15: 651-652, 1999
- Cameron JL, Woodward SC, Hermann JB: Pancreatic wounds sealed with plastic adhesive. *Arch of Surg* 89: 546, 1964
- Collins JA, James PM, Levitsky SA, Bredenburg CE, Anderson RW, Leonard F, Hardaway RM: Cyanoacrylate adhesives as topical haemostatics aids. II clinical use in seven combat casualties. *Surg* 65: 260, 1969
- Dervin GF, Downing KJ, Keene GC: Failure strengths of suture versus biodegradable arrow for meniscal repair: An invitro study. *Arthroscopy* 13: 296-300, 1997
- Fairbank TJ: Knee joint changes after menisectomy. *JBJS B* 30: 664, 1948
- Henning C, Lynch M: Current concepts of mechanical functions in pathology. *Clin Sports Med* 4: 259-265, 1985
- Herrera FM, Becerra LC, Sanguino G, Becerra G: Comparación de la consolidación de fracturas osteocondrales con la técnica de clavo óseo versus pegante tisular: Estudio experimental en modelo animal. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología* 15: 45-51, 2001
- Kaplan G: A technique of nonsuture wound closure with a plastic tissue adhesive. *Pastic and reconstructive Surg* 37: 139, 1966
- King D: The healing of semilunar cartilage. *JBJS A* 18: 333, 1936
- Kohn D, Siebert W: Meniscus suture techniques: A comparative biomechanical cadaver study. *Arthroscopy* 5: 324-327, 1989
- Kollias SL, Fox JM: Meniscal repair, Where do we go from here? *Clin in Sports Med* 15: 621-630, 1996
- Lehman RA, Hayes GJ, Martins AN: The use of adhesives and lyophilised dura in the treatment of cerebrospinal rhinorrhea. *J of Neurosurg* 26: 92, 1967

26. Linn BS, Cesil F, Conly P, Canaday W, Wolcot MW: Intestinal anastomosis by invagination and gluing. *Am J of Surg* 111: 197, 1966
27. Matsumoto T: Vienna international symposium - tissue adhesives in surgery, *Arch of Surg* 96:226, 1968
28. Menche D, Phillips GI, Pitman MI: Inflammatory Foreign body reaction to an arthroscopic bioabsorbable meniscal arrow repair. *Arthroscopy* 15: 770-772, 1999
29. Morgan CD: Arthroscopy meniscus repair: A safe approach to the posterior horn. *Arthroscopy* 2: 3-12, 1986
30. Petrosini A, Sherman O: A historical perspective on meniscal repair. *Clin Sports Med* 15: 445-452, 1996
31. Post WR, Akers SR, Kish V: Load to failure of common meniscal repair techniques: effects of suture technique and suture material. *Arthroscopy* 13: 731-736, 1997
32. Proctor CS, Schmidt MB, Whipple RR, Kelly MA, Mow VC: Material properties of the normal medial bovine meniscus. *J of Orthop Research* 7: 771-782, 1989
33. Rimmer MG, Nawana NS, Keene GC: Failure strengths of different meniscal suturing techniques. *Arthroscopy* 11: 146-150, 1995
34. Santiago LMS, Cuenca J, Alvarez CJ: Biomecánica de la fijación en falanges: Comparación entre cianoacrilato y clavillos de Kirschner. *Cir Plast* 6: 45-48, 1996
35. Tingstid EM, Teitz CC, Simonias PT: Complications associated with the use of meniscal arrows. *Am Orthop J Sports Med* 29: 96-98, 2001