
**Estudio biomecánico
y clínico del sistema de
osteosíntesis de rótula mediante
tornillos canulados y obenque
modificado**

**Felipe López-Oliva Muñoz
David Sáez Martínez | David Cimas Hernández**

Instituto de Investigación Sanitaria Fundación
Jiménez Díaz Madrid

Ayudas a la investigación 2011

Director del proyecto

Felipe López-Oliva Muñoz

Investigadores

**David Sáez Martínez
David Cimas Hernández**

INTRODUCCION

Las fracturas de rótula son relativamente infrecuentes, representan aproximadamente el 1 por ciento de todas las lesiones esqueléticas. Sin embargo, debido a que la rótula juega un papel tan importante en la función de la rodilla, un tratamiento eficaz de estas fracturas es esencial para evitar secuelas importantes a largo plazo.

La rótula es un hueso sesamoideo presente en el aparato extensor de la rodilla, entre los tendones cuadricipital y rotuliano. A la extensión actúa como una palanca en la rodilla, aumentando la efectividad de la fuerza del cuádriceps. Su posición y función tiene tres consecuencias importantes (1):

1. El cuádriceps es más débil sin rotula
2. La articulación femoropatelar sufre importantes fuerzas de compresión.
3. La rotula sufre importantes fuerzas de tensión

Esta combinación de fuerzas a compresión y tensión tiene implicaciones tanto para los mecanismos de lesión, métodos de tratamiento y en los resultados de éstos.

A.1 MECANISMOS DE LAS FRACTURAS DE ROTULA

Las fracturas de rótula pueden ser el resultado de un mecanismo directo o indirecto. El mecanismo clásico indirecto es una caída sobre el pie mientras que el cuádriceps actúa excéntricamente para intentar frenar el cuerpo. Dependiendo de la velocidad de la fuerza y debido a las propiedades visco elásticas de los tejidos se puede producir tanto una fractura en la rotula como una lesión tendinosa. Los mecanismos indirectos típicamente producen fracturas transversas con, en ocasiones, importante desplazamiento de los fragmentos. Por el contrario un traumatismo directo habitualmente produce conminución, daño intraarticular y en ocasiones lesiones de partes blandas e incluso una fractura abierta. Las combinaciones en el mecanismo son frecuentes: un impacto directo acompañado de la flexión de la rodilla y una contracción brusca del cuádriceps puede producir un desplazamiento importante de los fragmentos y lesión de partes blandas (2, 3)

A.2 DIAGNÓSTICO Y CLASIFICACION

Las fracturas de rotula deben ser sospechadas en todo paciente que haya sufrido un traumatismo de alta energía en la región anterior de la rodilla y en aquellos que no sean capaces de extender de forma activa la rodilla o elevar la pierna sin doblar la rodilla, tras una lesión o caída.

Ante dicha sospecha se deben realizar radiografías anteroposterior y lateral de la rodilla, aunque éstas en ocasiones subestiman el grado de conminución y escalón articular, especialmente en el plano axial. Una proyección axial o en *sol naciente* es de ayuda para la evaluación de la fractura aunque es difícil de obtener en los momentos iniciales por el dolor. Ante la sospecha clínica, si no existen imágenes de fractura, el paciente debe ser valorado cuidadosamente buscando lesiones del tendón del cuádriceps o rotuliano.

Las fracturas deben ser descritas en función de su localización y orientación (transversa, polo inferior...), grado de conminución y desplazamiento (especialmente si afectan a la superficie articular). Las fracturas verticales son posibles pero infrecuentes. Un fragmento bien delimitado en el cuadrante superoexterno es compatible con una rotula bipartita y no con una fractura aguda (4). Las fracturas por avulsión se localizan con mayor frecuencia en el polo inferior de la rotula y son típicas de la población pediátrica (*sleeve fractures*). En la población adulta las fracturas por avulsión habitualmente ocurren en el origen del tendón rotuliano y habitualmente causan la disrupción del aparato extensor (5).

El estado de las partes blandas es importante ya que la rotula es un hueso prácticamente subcutáneo, pudiendo llegar a producirse fracturas abiertas si la fractura comunica con una herida en la piel. Una herida profunda de espesor completo de la piel, en ausencia de fractura debe ser valorada para descartar una artrotomía traumática, que debe ser explorada, lavada y desbridada en quirófano (6). Si existen dudas sobre si la imposibilidad para extender la rodilla es real o se debe al dolor del paciente, una infiltración anestésica (pe lidocaína) puede ser de ayuda

La clasificación de la AO establece tres grupos de Fracturas de Rotula (Grupo 34 dentro de la clasificación de la AO):

- A. Extraarticular: Tipo 1 Avulsión, Tipo 2 Aisladas del Cuerpo
- B. Articular Parcial: Tipo 1 Vertical Lateral, Tipo 2 Vertical Medial
- C. Articular Completa: C1 Transversa, C2 Transversa con segundo Fragmento y C3 Compleja

A.3 TRATAMIENTO

Tratamiento conservador

Indicado fundamentalmente en fracturas no desplazadas o desplazadas mínimamente (< 2 mm de escalón articular o < 3 mm diástasis) con un aparato extensor intacto. Si existen dudas sobre el estado del mismo se debe considerar una infiltración intraarticular de anestésico local para valorar mejor la posibilidad de extender la rodilla.

También se debe considerar en fracturas moderadamente desplazadas en pacientes de escasa demanda funcional o importantes comorbilidades

El tratamiento consiste en la inmovilización con una calza de Böhler durante 4-6 semanas pudiendo ser una alternativa un inmovilizador de rodilla en pacientes ancianos o de escasa demanda funcional. Se permite la carga según tolerancia de manera inmediata.

Tratamiento quirúrgico

Las fracturas de rotula en su mayoría producen una interrupción completa del mecanismo extensor lo que hace necesaria una reducción abierta y osteosíntesis estable. Una incongruencia articular de más de dos a tres mm. supone un mayor riesgo para desarrollar osteoartritis post-traumática.

A.3.1 INDICACIONES

- Aparato extensor incompetente.
- Separación de la Fractura > 4 mm o Escalón articular > 3 mm.
- Cuerpos libres intraarticulares o fracturas osteocondrales.

El tratamiento quirúrgico se recomienda en las fracturas desplazadas de rotula para restaurar la continuidad del mecanismo extensor y para intentar lograr la reducción anatómica de la superficie articular, así como el rango articular completo de la rodilla. Otro objetivo deseable es la movilización precoz del paciente para intentar evitar la rigidez postraumática. Varias técnicas quirúrgicas alternativas han sido propuestas para el tratamiento de las fracturas de rotula (14, 24, 25, 26, 27, 28, 29)

A.3.2 VIA ABORDAJE

Varias incisiones pueden ser utilizadas para abordar la rotula. Sin embargo una incisión longitudinal en la línea media y centrada sobre la rotula es la utilizada habitualmente. Se desarrollan dos colgajos de espesor completo medial y lateral que permiten el acceso al foco de fractura así como al retináculo extensor, que si está roto permite palpar la superficie articular y valorar la calidad de la reducción.

A.3.3 METODOS DE TRATAMIENTO QUIRURGICO

Patelectomía Parcial o Total

Históricamente el papel de la patelectomía en el tratamiento de las fracturas de rotula ha continuado desde que Ralph Brooke presentase 30 casos todos con aparentes buenos resultados, encontrando apoyo posterior en autores como Watson – Jones (1958). Sin embargo Fairbank en 1945 describió los resultados de la patelectomía

desde “*menos desastrosos a desastrosos*”. Kaufer en 1971 demostró que la patelectomía reduce la eficiencia del aparato extensor hasta en un 30% (7). Posteriormente la pérdida de fuerza del cuádriceps tras una patelectomía total ha sido cifrada hasta en el 49% dificultando el subir escaleras o levantarse de una silla (8). Por lo tanto las indicaciones actuales de una patelectomía total son excepcionales e incluyen el fracaso de la osteosíntesis, las infecciones, tumores o casos de artrosis Femoropatelar avanzada. Cuando se realiza una patelectomía total se debe considerar el avance del vasto medial oblicuo sobre el defecto cerrado longitudinalmente, pues mejoran la fuerza y resultados funcionales en comparación con una patelectomía convencional (9). Una patelectomía total tiene muy poco que ofrecer en el tratamiento de las fracturas de rotula e incluso en el contexto de las fracturas conminutas se debe intentar la fijación interna (10)

La Patelectomía parcial se indica fundamentalmente en el contexto de fracturas conminutas o fracturas del polo inferior de la rotula. Alguna de estas últimas pueden ser manejadas como avulsiones del polo inferior del tendón rotuliano, mediante la excisión del fragmento y reanclaje del tendón a través de túneles transóseos o arpones. EL refuerzo del reanclaje mediante un cerclaje con una sutura fuerte o alambre a través del tendón cuadricepsital y la tuberosidad anterior también ha sido descrito. Se debe intentar mantener y estabilizar tanta rótula como sea posible para mantener el brazo de palanca y evitar los pobres resultados cuando se extirpa más del 40% de la rotula (5).

Osteosíntesis Mediante Cerclaje con Banda de Tensión

A la vez que la patelectomía perdía popularidad, la fijación interna (osteosíntesis) ganó terreno en el tratamiento de las fracturas de rotula, sobre todo a partir de la introducción de la técnica de la Asociación de Osteosíntesis del cerclaje mediante banda de tensión (11), convirtiéndose esta técnica en la más aceptada y utilizada.

El Cerclaje mediante banda de tensión se realiza colocando dos AK paralelas al eje longitudinal de la rótula a través del foco de fractura, mientras que la compresión de la misma se consigue con un cerclaje superficial en forma de ocho con cable aplicado en ambos extremos de las AK. Su principio biomecánico es el de convertir las fuerzas de tensión que actúan en la cara anterior o superficie de la rótula en fuerzas de compresión a nivel de la superficie articular. Se han descrito múltiples variaciones de esta técnica en función de los materiales usados, de la colocación de las AK o del modo en que el cerclaje o banda de tensión es utilizado. (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18). Sin embargo Smith et. Al (19) publicaron un desplazamiento de la fractura hasta en el 22% de los casos en los que se realizó movilización precoz después de aplicar la técnica del cerclaje en banda de tensión, dado que las AK no permiten compresión interfragmentaria. Diversos

estudios han mostrado otras complicaciones relacionadas sobre todo con la intolerancia al material de osteosíntesis, con el fracaso y ruptura del mismo o con la migración del alambre o las agujas (19, 20). Además probablemente no es una técnica tan efectiva en distracción pura cuando la rodilla está en extensión completa

Osteosíntesis con tornillos

Estas desventajas del sistema clásico de Cerclaje mediante Banda de Tensión llevaron a numerosos cirujanos a introducir el uso de Tornillos Interfragmentarios en el tratamiento de las Fracturas desplazadas de rótula, tratando de evitar el desplazamiento de los fragmentos con la movilización precoz y la intolerancia del material de osteosíntesis.

El uso de tornillos únicamente como tratamiento quirúrgico, parece no proporcionar suficiente estabilidad al foco de fractura a las fuerzas de tensión que se producen con la flexión de la rodilla (21). Sin embargo los tornillos canulados ofrecen una alternativa para combinar las ventajas que ofrece la fijación mediante tornillos respecto a las AK y los principios biomecánicos de conversión de fuerzas del cerclaje mediante banda de tensión. El alambre se puede introducir a través del tornillo canulado consiguiendo un cerclaje mediante banda de tensión al que se añade la compresión interfragmentaria que ofrecen los tornillos. (22)

La fijación con dos tornillos canulados ofrece por tanto ventajas interesantes:

1. Estabilidad y compresión a nivel de la fractura incluso en extensión de la rodilla
2. Mayor sencillez técnica al ser un sistema guiado.
3. Ausencia de molestias en partes blandas al no protruir los implantes del hueso.
4. Mejor respuesta biomecánica frente a los otros sistemas.
5. Recientemente se ha introducido el cable de cerclaje como sustituto del alambre para realizar el cerclaje a través de los tornillos canulados (23). El uso de cable de cerclaje ofrece interesantes ventajas teóricas respecto al alambre.
6. Mejor manejo quirúrgico al permitir controlar la tensión aplicada instrumentalmente.
7. Mejor comportamiento biomecánico no solo en cuanto a estabilidad sino también en fatiga.
8. Menor repercusión sobre las partes blandas al evitarse el abultado nudo del alambre.

OBJETIVOS

- Conocer y comparar el comportamiento biomecánico frente a carga y fatiga de tres sistemas de fijación de fracturas patelares mediante banda de tensión: con agujas y alambre, tornillos canulados y alambre y tornillos canulados y cable.
- Estudiar una serie prospectiva de casos clínicos de fractura de rótula tratados con el sistema de tornillos canulados y cable.
- Comparar los resultados en lo referente a complicaciones relativas al implante con una serie retrospectiva de casos intervenidos mediante agujas y alambre.

MATERIAL Y MÉTODO

ENSAYO EN CADÁVER

Este estudio se realizó con aparatos extensores de rodilla de cadáver. La edad y tamaño de los especímenes estaba dentro de un rango similar y no tenía evidencia de patología. Los aparatos extensores se extrajeron con un máximo de tendón cuadripital y la tuberosidad tibial para facilitar su anclaje en la máquina de ensayos. Se realizaron 6 ensayos en total dos para cada sistema de osteosíntesis mediante banda de tensión: con agujas y alambre, tornillos canulados y alambre y tornillos canulados y cable. En cada ejemplar, se realizó una osteotomía rotuliana transversal mediante la perforación de agujeros de dos milímetros en la rótula en intervalos de cinco milímetros. Se utilizó un escoplo para completar la osteotomía, simulando una fractura de rótula transversal sin conminución. Luego la fractura de rótula fue reducida anatómicamente e instrumentada con una de las tres técnicas de fijación y se guardaron en congelador hasta su estudio. Figura 1

ESTUDIO CLÍNICO

Se estudiaron dos series consecutivas de pacientes. Una serie prospectiva de 11 pacientes tratados, de forma consecutiva durante un año, con el sistema de tornillos canulados y cable y una serie retrospectiva de 30 pacientes previamente tratados por fractura de rótula mediante banda de tensión con agujas y alambre. En ambas series se seleccionarán pacientes con fractura transversal de rótula con desplazamiento articular superior a 2 mm o separación de fragmento superior a 3 mm en la radiografía. Los criterios de inclusión serán fracturas C1 y C2 AO/OTA, quedando excluidas las fracturas conminutas tipo C3.

Figura 1. Ensayos de cadáver



Figura 1A. Osteotomía transversal de rótula.

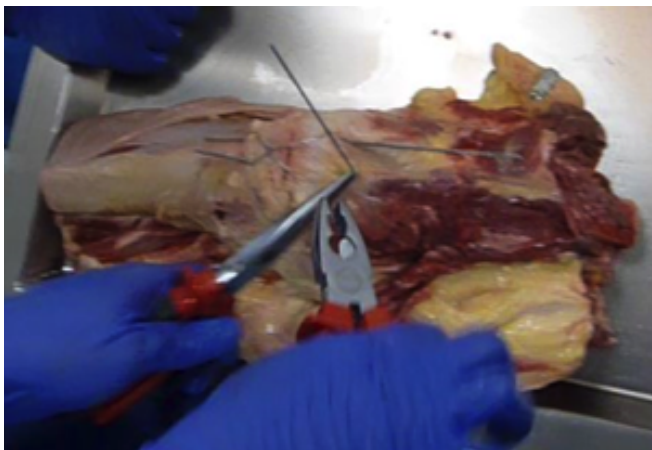


Figura 1B. Fijación con agujas y alambre.



Figura 1C. Fijación con tornillos canulados.

Datos demográficos:

- Serie prospectiva tornillo/cable. 14 pacientes, 6 hombres y 8 mujeres con una edad media de 63,9 años (35-80). Seguimiento medio 16,7 (12-24 meses)
- Serie retrospectiva agujas/alambre. 30 pacientes, 12 hombres y 18 mujeres con una edad media de 57,8 años (33-81). Seguimiento medio de 44.6 meses.

TÉCNICA QUIRÚRGICA

Los casos del estudio prospectivo fueron intervenidos mediante tornillos canulados Biodrive (Biomet) de acero de 5 mm y cable Dall Miles de 1.6 mm (Stryker). Figura 2

Mediante un abordaje anterior se reduce la fractura y fija temporalmente con una pinza de reducción. Seguidamente se colocan las dos agujas guía de los tornillos desde el polo proximal comprobándose por radioscopia la correcta reducción de la fractura y localización de las agujas que deben quedar lo más próximo posible a la superficie articular. Se mide la longitud de los tornillos que no deben sobrepasar la cortical en el polo inferior. Sobre las agujas se rosca los tornillos sin necesidad de pretradrado hasta que sus cabezas contacten con la cortical. Una vez introducidos los tornillos se pasa el cable por su alma canulada comenzando desde proximal y recuperándolo en distal. Tras pasarlo por los dos tornillos se tensa el cable con el tensor específico de la instrumentación. Se cierra por planos y no se coloca inmovilización postquirúrgica para permitir una rehabilitación precoz.

Los pacientes realizaron ejercicios de contracción cuádriceps poco después de la operación, flexión pasiva y ejercicios de extensión 2 días después y ejercicios activos de flexión y extensión 7 días después de la operación. Un mes más tarde, los pacientes fueron autorizados a caminar con apoyo parcial y a las 8 semanas apoyo completo. Se obtuvieron radiografías convencionales, incluyendo AP, lateral y axiales en cada consulta. Los pacientes fueron reexaminados en 1, 2, 3, 6 y 12 meses después de la operación. Se consideró la fractura como curada cuando el paciente no presenta dolor o inflamación local, era capaz de caminar bien sin ayuda y exista evidencia radiológica de hueso trabecular creciendo a través de la línea de fractura.

La evaluación clínica se realizó al año de la fractura registrándose los resultados de la escala funcional específica para femoropatelar de Feller y Cols (32). Se registrarán asimismo los eventos adversos relacionados con el implante así como la necesidad de retirada del mismo.

Para el estudio comparativo entre las dos series se empleará el método de análisis de supervivencia de Kaplan-Meier.

RESULTADOS

ESTUDIO EN CADÁVER

Antes de iniciar el estudio clínico se realizaron los ensayos en cadáver en la Facultad de Medicina de la Universidad San Pablo CEU bajo la dirección del Profesor D. Francisco Forriol Campos. El estudio se realizó con aparatos extensores de rodilla de cadáver. La edad y tamaño de los especímenes se pudo mantener en un rango similar y sin evidencia de patología. Se instrumentaron las rodillas completas sin aislar el aparato extensor lo cual facilitó la técnica quirúrgica. Se realizaron los 6 ensayos en total previstos, dos para cada sistema de osteosíntesis mediante banda de tensión: con agujas y alambre, tornillos canulados y alambre y tornillos canulados y cable. En cada ejemplar, se realizó una osteotomía rotuliana transversal mediante la perforación de agujeros de dos milímetros en la rótula en intervalos de cinco milímetros. Se utilizó un escoplo para completar la osteotomía, simulando una fractura de rótula transversal sin conminución. Luego las fracturas de rótula fueron reducidas anatómicamente y instrumentadas con una de las tres técnicas de fijación. Todas las instrumentaciones se realizaron sin dificultad obteniendo una fijación estable de las osteotomías. Los especímenes instrumentados se guardaron en el congelador de las instalaciones hasta su estudio (Figura 2).

ESTUDIO CLÍNICO

No existen diferencias estadísticamente significativas en lo referente a datos demográficos de ambos grupos, sexo y edad.

De los 30 pacientes entrevistados del grupo aguja/alambre se requirió la extracción del material en 12 casos (40%), con una media de 11,0 meses desde el momento de la cirugía.

Solo 1 paciente (7,1%) del grupo tornillos/cable requirió retirada de material a los 8 meses de la cirugía por molestias relativas al implante, concretamente al prisionero del cable. La extracción del material se realizó con facilidad y sin problemas a pesar de estar firmemente anclado. La diferencia en lo relativo a la necesidad de una reintervención resultó estadísticamente significativa en ambos grupos al comparar las medias ($p < 0,001$)

En lo referente a los resultados clínicos registrados en el grupo prospectivos la valoración media según la escala de Feller alcanzó los 22,9 puntos (13-29). No se encontraron complicaciones en este grupo en el que todas las fracturas consolidaron antes de los 6 meses sin infecciones, desplazamientos o movilización del material de osteosíntesis. 3 pacientes (21%) refirieron molestias relativas al material de los cuales solo uno las calificó como importantes requiriendo la extracción del mismo.

Figura 2. Estudio radiológico de un paciente intervenido con tornillos canulados y cable.

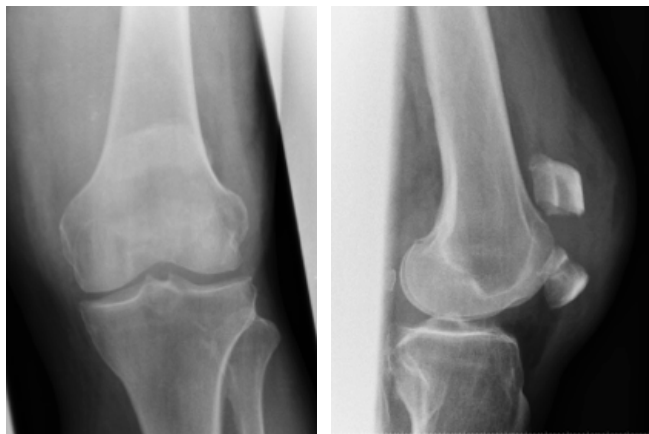


Figura 2A. Radiografías preoperatorias que muestran una fractura transversal de rótula desplazada.

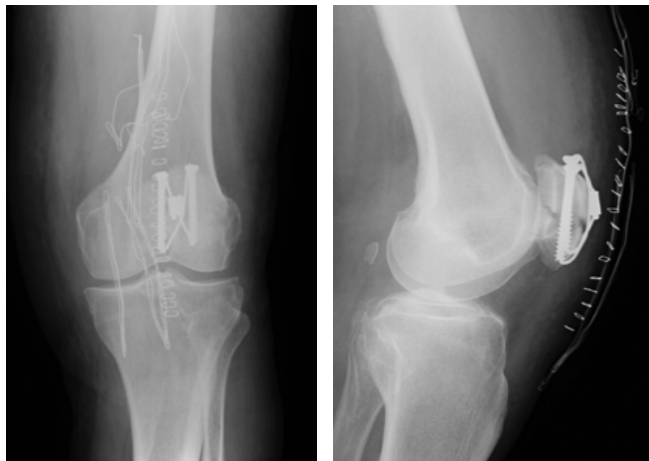


Figura 2B. B Imágenes postoperatorias.



Figura 2C. Resultado radiológico evolutivo al año de seguimiento.

DISCUSIÓN

El presente trabajo se trata de un estudio observacional sin intervención ya que los implantes utilizados están autorizados para el uso que se propone y no se ha realizado aleatorización del tratamiento sino simple comparación entre la técnica quirúrgica utilizada en una serie retrospectiva de casos versus la técnica prospectiva que se aplicará en todos los casos con fijación mediante tornillos canulados y cable. La serie retrospectiva ha sido estudiada clínicamente dada la dificultad para esta evaluación.

Hemos limitado el estudio a las fracturas transversales con objeto de conseguir una muestra más homogénea, pero hemos utilizado el montaje con tornillos canulados y cable en fracturas conminutas o del polo inferior con buenos resultados refrendados por la literatura (33) en estas fracturas más complejas.

Debemos considerar la fractura de rótula como una lesión de importancia que afecta directamente no solo a la articulación de la rodilla sino también al aparato extensor, fundamental soporte de su función. Le Brun y cols (35) en un estudio prospectivo de 40 pacientes con una media de 6,5 años después del tratamiento quirúrgico para las fracturas de la rótula, demuestran que las quejas sintomáticas significativas y déficits funcionales persisten. Pone de relieve la complejidad asociada a esta frecuente y en ocasiones, menospreciada, fractura y alertan a los cirujanos sobre el pronóstico real de estas lesiones.

Los resultados de su estudio muestran puntuaciones significativamente bajas en las escalas de calidad de vida y función de la rodilla en comparación con la población normal. El 52% de los pacientes precisó una reintervención para la retirada de material. Ocho pacientes (20%) tenían una pérdida de extensión superior a 5°. Los estudios biomecánicos de la rodilla demostraron un déficit promedio de 31% en comparación con la extremidad contralateral.

Los factores pronósticos que determinantes del fracaso de la osteosíntesis de las fracturas de rótula fueron descritos por Miller y cols (35) tras estudiar una cohorte multicéntrica de 173 paciente. Destacaron además de la edad avanzada el empleo de agujas en comparación con los tornillos como principal causa de fracaso y reintervención.

Parece demostrado, por tanto, que la fijación de las fracturas de rótula con agujas y banda de tensión presenta

una alta incidencia de reintervenciones y malos resultados tanto a corto como a largo plazo. Sin embargo, hasta ahora se ha considerado la técnica de elección por parte de una mayoría de cirujanos. El empleo de tornillos y alambre ha sido propuesto como alternativa a las agujas por algunos autores como Tian y cols (20) que publican el primer estudio comparativo entre ambas técnicas aunque con una cohorte retrospectiva. Los pacientes tratados con tornillos presentaron una mejor evolución sin complicaciones por lo que proponen este método como alternativa.

Hoshino y cols.(19) En un reciente estudio comparativo de 448 fracturas de rótula tratadas con banda de tensión mediante agujas o tornillos canulados no encontraron diferencias significativas en lo referente a resultados clínicos. El grupo de fracturas tratadas con tornillos canulados presentaron mayor porcentaje de pérdidas de reducción (7,5%) frente a las agujas de Kirschner (4,5%). El 4,4% de los pacientes en el grupo aguja de Kirschner y 1,5% de los pacientes en el grupo de tornillo ($p = 0,17$) sufrieron infección postoperatoria. De forma similar a nuestra serie la necesidad de retirada de material fue mayor en el grupo de agujas. 37% pacientes en el grupo de Kirschner y 23% en el grupo tornillo experimentó la extracción del implante electiva ($p = 0.003$). Los pacientes tratados con los alambres de Kirschner fueron dos veces más propensos a someterse a la extracción del implante en comparación con aquellos tratados con tornillos ($p = 0.002$).

En nuestra serie hemos encontrado un menor número de complicaciones con los tornillos ya que no hemos registrado ni infecciones ni pérdidas de reducción de la fractura. El hecho de que se trate de un estudio controlado puede influir en estos resultados.

Los resultados de nuestro estudio nos llevan a la conclusión de que la osteosíntesis de las fracturas transversales de rótula con tornillos canulados y cable es un método seguro y eficaz de tratamiento quirúrgico. Su aplicación técnica no es más compleja que la de otros sistemas de osteosíntesis y tampoco alarga el tiempo quirúrgico. Sin embargo, la conclusión más importante es que permite una rápida curación de la fractura sin pérdidas de reducción ni intolerancias al material. Este hecho es el que lo hace más recomendable que la clásica fijación con agujas y alambre que presenta un alto porcentaje de retiradas de material.

REFERENCIAS

- Huberti HH, Hayes Wc, Stone JL, Shybut GT. Force Ratios in the quadriceps tendon and op Res. 1984;2:49-54
- Carpenter Je, Kasman R, Mathews LS. Fractures of the patella. Instr Course Lect. 1994;43:97-108
- Harris RM, Fractures of the patella and injuries to the extensor mechanism. In: Bucholz, RW, Heckman, JD Court - Brown CM, eds. Fractures in adults. Ed 6 Philadelphia PA: Lippincott Williams and Wilkins; 2006:1969-1998
- Atesok K, Doral MN, Lowe J, Finterbush A. Sympomatic bipartite patella: treatment alternatives. J Am Acad Orthop Surg. 2008;16:455-461
- Bostrom O, Kiviluoto O, Nirhamo J. Comminuted displaced fractures of the patella. Injury. 1981;13:196-202
- Nord RM, Quach T, Walsh M, Pereira D, Tejwani NC. Detection of traumatic arthrotomy of the knee using the saline solution load test. J Bone joint Surg Am. 2009;91:66-70
- Levack, B, Flannagan JP, Hobbs S. Results of surgical treatment of patellar fractures. J Bone Joint Surg Br. 1985 May;67(3):416-9
- Sutton FS Jr, Thompson CH, Lipke J, Kettelkamp DB. The effect of patellectomy on knee function. J Bone Joint Surg Am. 1976;58:537-540
- Gunal I, Taymaz A, Kose N, Gokturk E, Seber S. Patellectomy with vastus medialis obliquus advancement for comminuted patellar fractures: a prospective randomised trial. J Bone Joint Surg Br Vol1997; 79: 13 e 6
- Böstman O, Kiviluoto O, Nirhamo J. Comminuted displaced fractures of the patella. Injury 1981;13:196-202
- Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H. Manual of internal fixation: techniques recommended by the AO Group. Berlin: Springer-Verlag 1979:248
- Burvant JG, Thomas KA, Alexander R, Harris MB. Evaluation of methods of internal fixation of transverse patella fractures: a biomechanical study. J Orthop Trauma. 1994; 8(2):147-153.Carpenter JOT 1997
- Hughes SC, Stott PM, Hearnden AJ, Ripley LG. A new and effective tension-band braided polyester suture technique for transverse patellar fracture fixation.Injury. 2007 Feb;38(2):212-22.
- J. John,W. W. Wagner,andJ. H. Kuiper The effect of site of wire twists and orientation of stainless steel wire loop: a biomechanical investigation Int Orthop. 2007 October; 31(5): 703–707. Tension-band wiring of transverse fractures of patella.
- Patel VR, Parks BG, Wang Y, Ebert FR, Jinnah RH. Fixation of patella fractures with braided polyester suture: a biomechanical study. Injury. 2000; 31(1):1-6.Scilaris JOT 1998
- Modified tension band technique for patella fractures. Lefaivre, K.A.; O'Brien, P.J.; Broekhuysse, H.M.; Guy, P.; Blachut, P.A. Orthopaedics& Traumatology: Surgery & Research vol. 96 issue 5 September, 2010. p. 579-582Smith, Kramer JOT 1997
- Daniel Luna-Pizarro, MD, MSc,* Dante Amato, MD, PhD,† Francisco Arellano, MD,* Armando Hernández, MD,* and Pablo López-Rojas, MD, MSc Comparison of a Technique Using a New Percutaneous Osteosynthesis Device with Conventional Open Surgery for Displaced Patella Fractures in a Randomized Controlled Trial J Orthop Trauma Volume 20, Number 8, September 2006
- Johnson EE. Fractures of the knee, In: Rockwood CA, Green DP, Bucholz RW, eds. Fractures in adults, 3rd ed. Philadelphia, JB Lippincott, 1991:1762-1777
- C. Max Hoshino, MD, Wesley Tran, MD, John V. Tiberi III, MD, Mary Helen Black, PhD, Bonnie H. Li, MS, Stuart M. Gold, MD, and Ronald A. Navarro, MD Complications Following Tension-Band Fixation of Patellar Fractures with Cannulated Screws Compared with Kirschner Wires J Bone Joint Surg Am.2013;95:653-9
- YunTian M;D et al. Cannulated Screw and Cable are superior to modified tension band in the treatment of transverse patella fractures Clin Orthop Relat Res(2011) 469:3429-3435
- Domby, Brian MD*; Henderson, Eric MD*; Nayak, Aniruddh MS†; Erdoğan, Murat MD†; Gutierrez, Sergio PhD‡; Santoni, Brandon G. PhD‡; Sagi, H. Claude MDComparison of Cannulated Screw With Tension Band Wiring Versus Compressive Cannulated Locking Bolt and Nut Device (CompresSURE) in Patella Fractures - A Cadaveric Biomechanical Study Journal of Orthopaedic Trauma: December 2012 - Volume 26 - Issue 12 - p 678–683
- Dargel J, Gick S, Mader K, Koebeke J, PennigD.Injury. Biomechanical comparison of tension band- and interfragmentary screw fixation with a new implant in transverse patellafractures. 2010 Feb; 41 (2):156-60.
- Yotsumoto T, Nishikawa U, Ryoike K, Nozaki K, Uchio Y. Tension band fixation for treatment of patellar fracture: novel technique using a braided polyblend sutures and ring pins. Injury. 2009 Jul; 40 (7): 713-7.
- Schnabel B, Scharf M, Schwieger K, Windolf M, Pol B, Braunstein V, Appelt A. Biomechanical comparison of a new staple technique with tension band wiring for transverse patella fractures. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2009;24:855–859

25. Li Qi Cao Chang Tang Xin Pei Fu Xing Yang Tianfu Zhong Gang Li Jian Double fixation of displaced patella fractures using bioabsorbable cannulated lag screws and braided polyester suture tension bands. *Injury* 2011 | 42 | 10 | 1116-1120
26. Wild M, Thelen S, Jungbluth P, Betsch M, Miersch D, Windolf J, Hakimi M. Eur J Med Res. Fixed-angle plates in patella fractures - a pilot cadaver study. 2011 Jan 27;16(1):41-6.
27. Goodfellow J, Hungerford DS, Zindel M. Patellofemoral joint mechanics and pathology: I. Functional anatomy of the patellofemoral joint. *J Bone Joint Surg* 1976;58B:287-290
28. Hungerford DS, Barry M. Biomechanics of the patellofemoral joint. *Clin Orthop* 1979;144:9-15.
29. Benjamin J, Bried J, Dohm M, McMurtry M. Biomechanical evaluation of various forms of fixation of transverse patellar fractures. *J Orthop Trauma* 1987;1:219-222.
30. Kaufer H. Mechanical function of the patella. *J Bone Joint Surg* 1971;53A:1551-1560.
31. Carpenter, James E.; Kasman, Roberta A.; Patel, Niraj; Lee, Michael L.; Goldstein, Steven A. Biomechanical Evaluation of Current Patella Fracture Fixation Techniques. *J.O.T.* 1997;11(5), , 351-356
32. Feller JA, Bartlett RJ, Lang DM. Patellar resurfacing versus retention in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Br)* 1996; 78-B:226-8
33. Chang SM, Ji XL. Open reduction and internal fixation of displaced patella inferior pole fractures with anterior tension band wiring through cannulated screws. *J Orthop Trauma.* 2011 Jun;
34. LeBrun CT, Langford JR, Sagi HC. Functional outcomes after operatively treated patella fractures. *J Orthop Trauma.* 2012 Jul;26(7):422-6.
35. Miller MA, Liu W, Zurakowski D, Smith RM, Harris MB, Vrahas MS. Factors predicting failure of patella fixation. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012 Apr;72(4):1051-5.