

Efectividad del tratamiento del colapso articular óseo con defectos óseos en fracturas de la meseta tibial con el uso de Genex: un injerto óseo sintético compuesto de calcio absorbible

Abstracto

Fondo: Los injertos sintéticos que contienen sulfato de calcio y fosfato de calcio se utilizan para tratar defectos y soportar la superficie articular en el tratamiento de fracturas periarticulares. GeneX es un injerto sintético que contiene fosfato betatrálcico y sulfato de calcio. **Objetivos:** El objetivo de este estudio fue evaluar el mantenimiento de segmentos articulares elevados en fracturas de meseta tibial injertadas con un injerto compuesto de calcio sintético. **Métodos:** Se identificaron los pacientes que recibieron un único injerto compuesto de calcio sintético intraoperatoriamente en un único Centro de Traumatología Mayor de Nivel 1. Se revisaron notas de casos e imágenes radiográficas para evaluar el colapso articular, el modo de fijación, el mantenimiento de la superficie articular y las tasas de reoperación. Se elevaron todos los segmentos intraarticulares, se aplicó el injerto y se utilizó una combinación de implante (marco circular/placa) para la fijación definitiva junto con tornillos de balsa. Había cuarenta mesetas tibiales con un colapso preoperatorio promedio de 13,12 mm (2,2-50). Modos de fijación definitiva: técnica de tornillos de estructura y balsa 19, placa 18 y tornillos solos 3. **Resultados:** Dos (5%) tuvieron colapso postoperatorio después de la reducción anatómica intraoperatoria (una placa y un marco circular). Cinco demostraron una reducción inadecuada intraoperatoriamente, tres armazones circulares y 2 placas como modo definitivo de estabilización. Cuatro mantuvieron una reducción inadecuada en la radiografía final, pero uno colapsó después de la operación. De aquellos con colapso, el promedio final fue de 4,2 mm (3-5,3). Cinco pacientes requirieron cirugía secundaria y ninguno directamente atribuible al injerto sintético. **Conclusiones:** El uso del injerto sintético Genex con tornillos de balsa subcondral junto con un marco o placa circular parece ser seguro y eficaz para brindar soporte a las fracturas intraarticulares elevadas y proporciona resultados satisfactorios en las fracturas de la meseta tibial.

Palabras clave: Marco circular, Gene-X, fracturas periarticulares, injerto sintético, fracturas de meseta tibial

Introducción

Las fracturas periarticulares de la tibia proximal siguen siendo un desafío para el cirujano ortopédico. El tratamiento quirúrgico requiere una reducción anatómica de la superficie articular, una fijación estable y una alineación de las extremidades para permitir una rehabilitación temprana y minimizar el desarrollo de artritis.^[1] Estas fracturas son complejas y, por la naturaleza de la configuración de la fractura, una vez que se reconstruye la superficie de la articulación, a menudo deja un vacío debajo. El injerto óseo se utiliza a menudo para llenar este espacio, para ayudar a mantener la alineación mediante su uso como andamio mecánico y proporciona una estructura para que nuevas células formen hueso nuevo en el proceso de curación. Los sustitutos de injertos óseos se utilizan ampliamente con diversas aplicaciones. Se pueden clasificar en dos tipos principales, biológicos o sintéticos.^[2] Los sustitutos de injertos sintéticos se clasifican en términos generales en dos grupos,

osteoinductivo u osteoconductor.^[1] Lo ideal sería que tuvieran propiedades biomecánicas similares a las del hueso para proporcionar soporte estructural y tener un módulo de elasticidad similar. Deben ser biocompatibles, demostrar una reacción fibrótica mínima y someterse a remodelación.^[3]

GeneX (Biocomposites, Keele, Reino Unido) es un injerto sintético disponible comercialmente que contiene fosfato betatrálcico y sulfato de calcio. Es una masilla osteoconductor (andamio) bifásica absorbible, que se puede inyectar subcondralmente debajo del segmento intraarticular elevado, brindando así soporte, evitando el colapso y estimulando el nuevo crecimiento óseo.^[4] Este compuesto ha sido fabricado mediante un proceso patentado llamado control de potencial zeta, produciendo así un material bioactivo a través de las cargas negativas en la superficie del compuesto.^[4]

Esta es una revista de acceso abierto y los artículos se distribuyen bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual 4.0, que permite a otros remezclar, modificar y desarrollar el trabajo de forma no comercial, siempre que se otorgue el crédito apropiado, y las nuevas creaciones se licencian bajo los mismos términos.

Para reimpresiones comuníquese con: reprints@medknow.com

Cómo citar este artículo: Lowery K, Chatuverdi A, Blomfield M, Sharma H. Eficacia del tratamiento del colapso articular óseo con defectos óseos en fracturas de meseta tibial con el uso de genex: un injerto óseo sintético compuesto de calcio absorbible. *J Limb Alargar Reconstr* 2018;4:20-5.

**Kathryn Lowery,
Abishek Chatuverdi,
Mark Blomfield,
Hemant Sharma**

Departamento de
Traumatología y Ortopedia, Hull
Royal Infirmary, Hull, Inglaterra

Dirección para la correspondencia:

Sr. Hemant Sharma,
Enfermería Real del Casco,
Casco, Inglaterra.

Correo electrónico: hksorh@yahoo.co.uk

Accede a este artículo en línea

Sitio web:
www.jlimbengthrecon.org

DOI:10.4103/jllr.jllr_9_17

Código de Respuesta Rápida:



Este es un estudio retrospectivo, en el que el objetivo fue evaluar la eficacia de un único injerto compuesto de calcio sintético (GeneX) para mantener la posición de los segmentos articulares elevados en fracturas de meseta tibial tratadas en un único centro de traumatología mayor (MTC) de nivel 1.

Métodos

Se identificaron cuarenta pacientes. Todos eran mayores de 16 años y habían sufrido una fractura aguda periarticular de tibia proximal que requirió intervención quirúrgica con injerto óseo. Este fue un estudio retrospectivo y antes de comenzar, se obtuvo la aprobación ética apropiada de la Junta de Revisión de Ética Local.

El criterio de inclusión utilizado fue cualquier paciente que sufriera una fractura periarticular aguda de la tibia proximal que se hubiera sometido a fijación quirúrgica con el uso complementario de un sustituto de injerto óseo sintético. El criterio de exclusión fue cualquier paciente menor de 16 años.

Todos los pacientes se habían sometido a fijación con un marco circular, placas o al uso de tornillos solos. Se utilizó la técnica del tornillo de balsa como complemento al marco o placa si era necesario. A todos los pacientes se les utilizó intraoperatoriamente un injerto compuesto de calcio para proporcionar soporte estructural y proporcionar estímulo osteogénico para rellenar los defectos una vez que se había restaurado la congruencia articular. Todas las fracturas de meseta tratadas con placas se redujeron bajo visión directa. Casi todas las fracturas de meseta tratadas con marco circular se redujeron con guía radiológica intraoperatoria con reducción indirecta.

Las cirugías se realizaron dentro de un solo departamento en un MTC de Nivel 1. El injerto sintético de compuesto de calcio se utilizó de acuerdo con las directrices del fabricante.

El régimen postoperatorio y la rehabilitación quedaron a criterio del cirujano operador y del equipo responsable del cuidado de ese individuo. Por lo tanto, esto no se analizó específicamente en el contexto de este estudio.

Se obtuvieron las notas del caso y las imágenes radiográficas. Las imágenes fluoroscópicas pre e intraoperatorias y todas las imágenes posoperatorias se analizaron para determinar el tipo de fractura, la cantidad de colapso articular en el momento de la presentación, la restauración adecuada de la congruencia articular y cualquier colapso observado en el período posoperatorio hasta la consolidación. También se determinaron otros procedimientos quirúrgicos. El análisis radiográfico fue realizado por dos personas diferentes que no participaron directamente en los procedimientos quirúrgicos y se obtuvo un promedio de cada medición para el análisis. El análisis implicó mediciones tomadas en radiografías anteroposteriores (AP) y laterales de rutina obtenidas durante el seguimiento clínico. El autor principal los validó y verificó su precisión. Se utilizó más de 2 mm como marcador de evidencia de colapso en radiografías simples.

Las medidas de resultado primarias para este estudio son evaluar la efectividad del injerto de sulfato de calcio en fracturas.

Manejo como sustituto del injerto óseo. Medimos el tiempo hasta la consolidación y el mantenimiento de la alineación radiológica con respecto al uso del injerto como almacén de soporte. Las medidas de resultado secundarias fueron la cirugía secundaria relacionada con el uso del injerto. Se identificaron cuarenta fracturas periarticulares de tibia proximal. Todo requirió elevación de un segmento articular y aplicación del injerto de compuesto de calcio. Después de la elevación, los pacientes se sometieron a fijación con placa, marco circular o tornillos únicamente. La Figura 1 muestra la elevación de un segmento articular con la aplicación de un marco circular. La Figura 2 muestra la fijación solo con tornillos.

Aprobación ética

Este estudio ha sido aprobado por el Comité Ético correspondiente y por tanto se ha realizado de acuerdo con las directrices éticas pertinentes.

Resultados

Tipo de fractura y método de fijación.

Las fracturas se clasificaron mediante la clasificación de Müller AO. Se realizó un análisis para determinar si había diferencias en la cantidad de colapso articular con las diferentes configuraciones de fractura según la clasificación AO. Se realizó un análisis estadístico ANOVA que resultó en $PAG=0,27$ no mostrando diferencias estadísticas entre los grupos. Hubo 5-41B2, 17-41B3, 4-41C1, 2-41C2 y 12-41C3. No hubo imágenes preoperatorias para calcular la cantidad de colapso articular en dos pacientes. Los métodos de fijación utilizados fueron la técnica de tornillos de estructura y balsa (19), placa (18) y tornillos solos (3).

Colapso articular

Intraoperatoriamente, todos menos cinco fueron restaurados anatómicamente, según lo evaluado en las imágenes obtenidas intraoperatoriamente. En el postoperatorio, dos (5%) pacientes demostraron colapso articular, un 41B3 y un 41C3, ambos habían sido sometidos a fijación con placa. Ambos pacientes se sometieron a procedimientos quirúrgicos adicionales no relacionados con el colapso articular o el injerto. Otros cinco (12,5%) pacientes demostraron incongruencia articular en las radiografías debido a una reducción inadecuada intraoperatoriamente (tres marcos circulares y 2 placas). Cuatro pacientes mantuvieron la posición en las radiografías finales, pero un paciente sufrió un mayor colapso en las radiografías posoperatorias. Uno de estos pacientes demostró colapso asociado con una pseudoartrosis. Este paciente se sometió a un concentrado de aspirado de médula ósea (BMAC) y logró la consolidación sin necesidad de ninguna otra intervención quirúrgica. En todos los casos, en las imágenes radiográficas se sintió que el injerto había sido colocado dentro del defecto pero no lo suficientemente subcondral para obtener el soporte estructural que el injerto ofrece al segmento elevado [Figura 3]. En general, el 17,5% de los casos demostró incongruencia articular en el análisis radiográfico en el



Durante el período desde la intervención quirúrgica hasta la unión radiográfica, tres (7,5%) pacientes demostraron colapso del segmento articular desde la posición alcanzada intraoperatoriamente; sin embargo, ninguno requirió cirugía adicional relacionada con el uso de GeneX o el colapso de la superficie articular. La incongruencia articular media final de aquellas superficies que habían sufrido colapso fue de 4,2 mm (3-5,3).

Unión

Dentro de este período de estudio, todos los pacientes lograron la consolidación. La unión se estableció radiológica y clínicamente. La evaluación radiológica evaluó la curación de tres cortezas, la clínica, la ausencia de dolor o sensibilidad en el sitio de la fractura. En el grupo de marco circular, todos se sometieron a un proceso de recarga de dos etapas antes de su eliminación. La primera etapa implicó aflojar las varillas roscadas y la segunda etapa

retirada de las varillas roscadas y carga funcional. Esto ayudó a confirmar clínicamente la unión. La unión clínica se determinó a partir de la historia clínica. El tiempo medio hasta la consolidación fue de 188 días (rango: 55-522 días), un paciente no se incluye en el cálculo ya que fue trasladado nuevamente al hospital de referencia; sin embargo, se ha unido satisfactoriamente, lo que ha dado como resultado una tasa sindical del 100%. Un paciente requirió un procedimiento adicional de inyección de BMAC e injerto óseo para lograr la consolidación, pero luego de esto se unió satisfactoriamente.

Cirugía/complicaciones adicionales

Hubo una complicación asociada con la aplicación del injerto, fuga de la herida postoperatoriamente con resolución completa y curación satisfactoria. Otras complicaciones observadas fueron cuatro infecciones en el sitio de los clavos, un absceso superficial que se resolvió con antibióticos intravenosos y una lesión arterial intraoperatoria que requirió intervención vascular. Cinco pacientes requirieron cirugía secundaria, ninguna directamente atribuible al uso del injerto. Uno tenía un marco circular que perdió su posición y, tras el colapso, se revisó todo el marco y se volvió a elevar el segmento articular. Otro se sometió a una inyección de BMAC y a un injerto óseo y se unió. Otro paciente mantuvo el segmento articular elevado (después de la fijación con placa) pero colapsó en la región metafisaria y desarrolló una consolidación defectuosa, lo que requirió osteotomía periarticular y corrección de la deformidad. Un paciente sanó satisfactoriamente pero desarrolló una infección profunda y solicitó y fue sometido a una amputación. Al paciente restante se le retiró el hardware debido a una infección tardía. El paciente había sufrido una laceración cerca del antiguo sitio de la incisión que desarrolló una infección de la estructura metálica subyacente. Tras la extracción, el paciente se recuperó por completo.

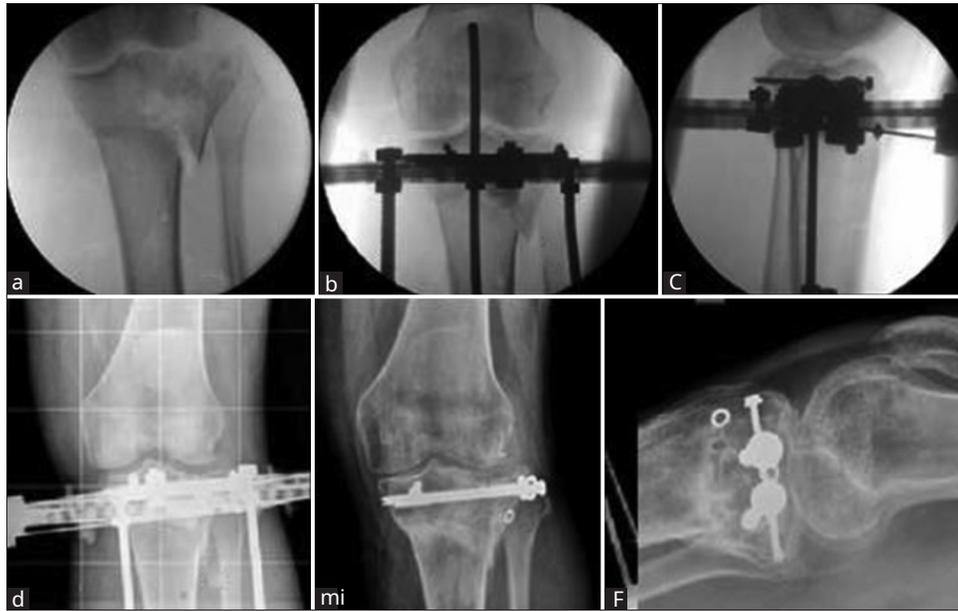


Figura 3: Colapso posoperatorio de la superficie articular (a) configuración de la fractura, (b y c) Vistas intraoperatorias después de la aplicación del marco y la elevación de la superficie articular, (d-f) Demostración del colapso de la superficie articular

Discusión

Las fracturas periarticulares de la tibia proximal frecuentemente involucran segmentos deprimidos que requieren estabilización quirúrgica. Con la elevación de estos segmentos, hay un vacío subcondral que requiere injerto.

Los hallazgos de este estudio sugieren que el uso de este injerto sintético compuesto de calcio es seguro y eficaz como sustituto del injerto óseo. La mayoría de los pacientes en este estudio lograron una consolidación satisfactoria y un paciente requirió un procedimiento de injerto óseo adicional. En cuanto al mantenimiento de la congruencia articular, aunque el 7,5% demostró un colapso >2 mm desde la posición lograda, ninguno de estos pacientes requirió ninguna intervención adicional.

Las limitaciones de este estudio fueron el pequeño número de pacientes involucrados y la naturaleza retrospectiva del estudio. Los autores también aprecian que este estudio no evaluó los resultados funcionales o la satisfacción del paciente. El estudio comparó diferentes modos de fijación realizados por diferentes cirujanos. En este estudio participaron todos los pacientes operados en el hospital tratante que utilizó GeneX. La cirugía fue realizada por diferentes cirujanos y por lo tanto la técnica y la rehabilitación fueron diferentes, al igual que los tiempos de las radiografías de seguimiento. Sin embargo, el objetivo y enfoque de este estudio fue evaluar la eficacia de un único injerto sintético de composite de calcio (GeneX) en su papel como injerto en sus capacidades estructurales y osteogénicas, analizadas radiológicamente.

En la evaluación y análisis de las radiografías solo se obtuvieron proyecciones AP y lateral estándar. Los autores aceptan que esto no fue lo ideal, pero mantuvo la consistencia en el estudio para evaluar el colapso observado en el postoperatorio hasta la consolidación. Una proporción de los pacientes estudiados tenía fracturas conminutas y por lo tanto

No siempre fue posible reducir anatómicamente. Los autores creen que esto está más relacionado con la anatomía de la fractura que con la técnica quirúrgica real. Aunque nuestro objetivo era reducir anatómicamente las superficies articulares, existe evidencia de que las pequeñas incongruencias articulares se toleran bien, siempre que se haya restaurado la alineación y no haya inestabilidad en valgo.^[5,6] Un estudio que analizó las tensiones de contacto dentro de la articulación en el punto de reducción incompleta utilizando el análisis Fujifilm demostró que las presiones máximas localmente en el sitio de la incongruencia eran sólo un 75% mayores que las presiones anatómicas. Los autores concluyeron que las incongruencias articulares de magnitudes de 5 a 10 mm probablemente estén dentro de la tolerancia a largo plazo de una articulación articular siempre que ocurran en pequeñas porciones de la articulación.^[7]

Otra limitación de este estudio fue que el régimen posoperatorio quedó a criterio del cirujano operador. En este estudio no se analizó el estado de carga de peso de los pacientes individuales. Generalmente, a los pacientes sometidos a fijación con marco circular se les permitió soportar peso antes; sin embargo, los autores no pueden comentar sobre la relación con este colapso de la superficie articular. Sin embargo, la literatura demuestra que la carga de peso puede no tener un efecto importante sobre el colapso de la fractura después de una intervención quirúrgica. Las recomendaciones de la AO después de la fijación quirúrgica de fracturas de meseta tibial enfatizan la ausencia de carga de peso o la carga parcial de peso durante 10 a 12 semanas después de la cirugía.^[8] Sin embargo, un estudio reciente demostró que un gran número de cirujanos no siguen estas pautas y permiten un soporte de peso más temprano.^[9] En un estudio, se demostró que la fuerza máxima de reacción articular en la rodilla durante la marcha no se asoció con una migración excesiva de los fragmentos de la fractura. Los autores demostraron que, durante la fase de postura, la fuerza que pasaba a través de la articulación tenía

una asociación positiva con la migración de la fractura, pero no fue suficiente para exceder el límite elástico de la estructura de la fractura. Comentan que soportar peso inmediatamente puede ser una opción segura.^[10] Otro estudio ha demostrado que el soporte temprano de peso no produjo una depresión mayor a 2 mm.^[11]

Se han utilizado con éxito injertos óseos sintéticos que contienen fosfato cálcico para mantener la congruencia articular.^[12-14] Los autoinjertos tienen propiedades osteoconductoras y osteoinductivas; sin embargo, no tienen la estabilidad mecánica para permitir un soporte de peso postoperatorio temprano.^[15] Se ha demostrado que los compuestos que contienen fosfato de calcio y sulfato de calcio proporcionan un soporte estructural inmediato con propiedades osteoinductivas.^[15] Se sabe que el fosfato de calcio es osteoconductor. El fosfato cálcico permite que células como los osteoblastos se adhieran a él, proliferen y se diferencien.^[dieciséis] Los osteoblastos producen colágeno tipo 1, osteoide, proteínas de la matriz y fosfatasa alcalina, todos ellos implicados en la regulación y formación del hueso.^[17] Sin embargo, no es osteoinductivo y, por lo tanto, se combinan compuestos como el fosfato betatricálcico para proporcionar estas propiedades osteoinductivas.^[4] La combinación de materiales que contienen sulfato de calcio y fosfato de calcio proporciona soporte osteoconductor y mecánico.^[18] Una escuela de pensamiento es que no es necesario llenar los vacíos creados por la elevación de fragmentos articulares; sin embargo, los autores consideran que el apoyo subcondral después de elevar los fragmentos disminuye el riesgo de colapso.^[19] Esto es particularmente relevante en fracturas conminutas, donde el soporte del implante puede ser precario.

GeneX (Bicomposites) es un injerto sintético que contiene fosfato beta-tricálcico y sulfato de calcio con potencial zeta negativo. GeneX está diseñado para ofrecer propiedades bioactivas y bifásicas.^[4] El sulfato de calcio actúa como una barrera para prevenir el crecimiento inicial de tejido blando y el fosfato betatricálcico actúa como almacén. La química de la superficie cargada negativamente aumenta las concentraciones de marcadores clave de la actividad de los osteoblastos.^[4]

Los estudios que demuestran el uso de sustitutos de injertos óseos que contienen fosfato de calcio han demostrado buenos resultados en el mantenimiento de la reducción articular.^[12-14] Galés *et al.* demostraron en un modelo de cabra que un fosfato de calcio (Alfa-BSM) mostraba suficientes propiedades mecánicas dentro de los defectos para evitar el hundimiento de los fragmentos con la carga de peso postoperatoria inmediata. En comparación, se demostró que presentaba un hundimiento significativamente menor que el injerto autólogo. Los autores sugirieron que el cemento de fosfato cálcico puede servir como alternativa al injerto óseo autólogo.

[14]

Keating *et al.* en un estudio prospectivo que utilizó cemento de fosfato cálcico (Norian SRS) en fracturas de meseta tibial en combinación con una fijación interna mínima demostró

reducción satisfactoria en la mayoría y la mantuvo (84%). Los autores concluyeron que los pacientes que colapsaron tienden a ser ancianos.^[12] Hubo pocas complicaciones y éstas no se atribuyeron al uso del cemento.^[5] Russell *et al.* también demostró una tasa de hundimiento estadísticamente significativa con el injerto óseo autólogo en un estudio comparativo entre el injerto óseo autólogo y el cemento de fosfato cálcico.^[13]

Los estudios han analizado el potencial zeta del hueso y su relación con el efecto piezoeléctrico y la capacidad de los biomateriales para unirse con los osteoblastos. Un estudio demostró que el análisis del potencial zeta es un predictor eficaz de la atracción de los biomateriales por el hueso y los osteoblastos.^[20] Los autores analizaron tres biomateriales utilizados en la cirugía de artroplastia, entre ellos uno de los materiales estudiados fue la hidroxiapatita. Llegaron a la conclusión de que las cerámicas de fosfato de calcio son adecuadas para el uso de armazones óseos con respecto a la siembra de osteoblastos y la unión al hueso existente.^[20] Otro estudio informó sobre un caso en el que se implantó y utilizó un material compuesto de calcio con control del potencial zeta (Fortoss Vital, Bicomposites) para el aumento del piso del seno maxilar. Los autores encontraron que es un biomaterial prometedor para la osteointegración de implantes dentales, aunque es limitado ya que la conclusión se basa en un solo caso.^[21]

La colocación precisa de GeneX es fundamental para prevenir el colapso del segmento articular elevado. GeneX es una masilla moldeable y se puede colocar con precisión debajo del segmento elevado para brindar un soporte adecuado. La imposibilidad de colocar masilla debajo del segmento intraarticular elevado puede provocar un colapso posterior, lo que puede haber contribuido al colapso observado en nuestro estudio. Aunque esta no es la única razón del colapso de los segmentos intraarticulares elevados, creemos que el soporte inadecuado debajo del segmento elevado es un factor importante.

Los autores no pudieron encontrar ningún estudio o informe sobre GeneX específicamente sobre sus usos para mantener la restauración articular. Se han informado efectos adversos y un artículo muestra una tasa de complicaciones del 16% con inflamación de los tejidos blandos.^[22] Sin embargo, nuestro trabajo no encuentra tales complicaciones asociadas con el uso de GeneX, en un estudio de tamaño similar. Las indicaciones de uso diferían al igual que el lugar de aplicación. Un estudio en un modelo de defecto del cuerpo vertebral de oveja estudió el uso de un material compuesto de calcio (pasta GeneX) en comparación con el cemento de polimetilmetacrilato. Examinaron la tomografía computarizada y el análisis histológico a las 0, 8, 16 y 36 semanas después de la implantación. Los autores demostraron un resultado superior con el injerto con formación ósea extensa a las 8 semanas e incorporación gradual del injerto. La formación de hueso nuevo fue mayor a las 8, 16 y 36 semanas con una regeneración casi completa a las 36 semanas. Los autores comentaron sobre estudios adicionales.

Fue necesario evaluar la resistencia mecánica hasta las 8 semanas. Hasta las 8 semanas se encontró que el cemento tenía una mayor resistencia a la compresión y rigidez en comparación con el injerto.^[23]

Conclusiones

Este estudio demuestra que la aplicación de GeneX para los defectos periarticulares de la tibia proximal después de la restauración de la congruencia articular es segura, eficaz y proporciona un soporte adecuado. Los autores sugerirían que GeneX como sustituto del injerto óseo es un complemento útil en el tratamiento de estas fracturas complejas.

Apoyo financiero y patrocinio.

Tres de los autores recibieron un pago financiero de Biocomposites Limited por su contribución al estudio. Biocomposites no tuvo ninguna participación en el estudio más que el pago financiero.

Conflictos de interés

No hay conflictos de intereses.

Referencias

1. Goff T, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Uso de sustitutos de injertos óseos en el tratamiento de las fracturas de meseta tibial. *Lesión* 2013;44 Suplemento 1:S86-94.
2. Kwong FN, Harris MB. Desarrollos recientes en la biología de la reparación de fracturas. *J Am Acad Orthop Surg* 2008;16:619-25.
3. Moore WR, Graves SE, Bain GI. Sustitutos de injertos óseos sintéticos. *ANZ J Surg* 2001;71:354-61.
4. Biocompuestos L. Genex1; Injerto Óseo Inyectable con ZPC. Biocomposites, Ltd. Disponible en: <http://www.biocomposites.com/ortho/Genex2.asp>. [Consultado por última vez en julio de 2016].
5. Rasmussen PD. Fracturas del cóndilo tibial. Deterioro de la estabilidad de la articulación de la rodilla como indicación de tratamiento quirúrgico. *J Bone Joint Surg Am* 1973;55:1331-50.
6. Lansinger O, Bergman B, Körner L, Andersson GB. Fracturas del cóndilo tibial. Un seguimiento de veinte años. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:13-9.
7. Brown TD, Anderson DD, Nepola JV, Singerman RJ, Pedersen DR, Brand RA, *et al.* Aberraciones por tensión de contacto tras una reducción imprecisa de fracturas simples de meseta tibial. *J Orthop Res* 1988;6:851-62.
8. Ruedi TP, Buckley RE, Moran CG. Principios de la AO para el tratamiento de fracturas. *2da ed.* Nueva York: Thieme; 2007. pág. 83.
9. van der Vusse M, Kalmet PHS, Bastiaenen CHG, van Horn YY, Brink PRG, Seelen HAM, *et al.* ¿Sigue siendo decisiva la directriz de la AO para el tratamiento posoperatorio de las fracturas de meseta tibial? Una encuesta entre cirujanos ortopédicos y traumatólogos en

- Los países bajos. *Arch Orthop Trauma Surg* 2017;137:1071-5.
10. Thewlis D, Callary SA, Fraysse F, Solomon LB. La carga máxima durante la marcha no se asocia con la migración de la fractura después de una fractura de la meseta tibial: una serie de casos preliminar. *J Orthop Res* 2015;33:1398-406.
11. Segal D, Mallik AR, Wetzler MJ, Franchi AV, Whitelaw GP. Carga temprana de peso en fracturas de meseta tibial lateral. *Clin Orthop Relat Res* 1993;294:232-7.
12. Keating JF, Hajducka CL, Harper J. Fijación interna mínima y cemento de fosfato de calcio en el tratamiento de fracturas de la meseta tibial. Un estudio piloto. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85:68-73.
13. Russell TA, Leighton RK. Grupo de estudio de fracturas de meseta tibial Alpha-BSM. Comparación de injerto óseo autógeno y cemento endotérmico de fosfato cálcico para el aumento de defectos en fracturas de meseta tibial. Un estudio multicéntrico, prospectivo y aleatorizado. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:2057-61.
14. Welch RD, Zhang H, Bronson DG. Fracturas experimentales de meseta tibial aumentadas con cemento de fosfato cálcico o injerto óseo autógeno. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85-A: 222-31.
15. Larsson S, Hannink G. Sustitutos de injertos óseos inyectables: productos actuales, sus características e indicaciones y nuevos desarrollos. *Lesión* 2011;42 Suplemento 2:S30-4.
16. LeGeros RZ. Materiales osteoinductivos a base de fosfato de calcio. *ChemRev* 2008;108:4742-53.
17. Ramachandran M. Ciencias ortopédicas básicas: la guía Stanmore. 1^{ed.}, cap. 13. Publicación de Hodder Arnold, CRC Press; 2006.
18. Nilsson M, Wielanek L, Wang JS, Tanner KE, Lidgren L. Factores que influyen en la resistencia a la compresión de un cemento inyectable de hidroxiapatita de sulfato de calcio. *J Mater Sci Mater Med* 2003;14:399-404.
19. Kulkarni S, Tangirala R, Malve SP, Kulkarni MG, Kulkarni VS, Kulkarni RM, *et al.* Uso de una construcción de balsa a través de una placa de bloqueo sin injerto óseo para fracturas de meseta tibial con depresión dividida. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2015;23:331-5.
20. Smith IO, Baumann MJ, McCabe LR. Interacciones electrostáticas como predictor de la unión de osteoblastos a biomateriales. *J Biomed Mater Res A* 2004;70:436-41.
21. Smeets R, Kolk A, Gerresen M, Driemel O, Maciejewski O, Hermanns-Sachweh B, *et al.* Un nuevo material compuesto de calcio osteoinductivo bifásico con potencial zeta negativo para el aumento óseo. *Head Face Med* 2009;5:13.
22. Friesenbichler J, Maurer-Ertl W, Sadoghi P, Pirker-Fruehauf U, Bodo K, Leithner A, *et al.* Reacciones adversas de los sustitutos de injertos óseos artificiales: lecciones aprendidas del uso de fosfato tricálcico geneX®. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472:976-82.
23. Yang HL, Zhu XS, Chen L, Chen CM, Mangham DC, Coulton LA, *et al.* Respuesta de curación ósea a un material de injerto sintético de sulfato de calcio/β-fosfato tricálcico en un modelo de defecto del cuerpo vertebral de una oveja. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2012;100:1911-21.