

Copyright © The Journal of Bone and Joint Surgery, Inc. Todos los derechos reservados. Para obtener permiso para volver a utilizar este artículo en forma parcial o total, contáctese con rights@jbjs.org.

Esta traducción ha sido provista por terceras partes. El texto fuente incluye terminología médica que puede ser difícil de traducir con exactitud. Si tiene alguna pregunta relacionada con la exactitud de la información contenida en la traducción, por favor refiérase a la versión en inglés, que es el texto oficial, en www.jbjs.org o en su versión impresa. Si detecta problemas o errores en esta traducción, por favor contáctese con The Journal en mail@jbjs.org.

RESEÑA SOBRE CONCEPTOS ACTUALES

Espaciadores de cemento impregnado de antibiótico para el tratamiento de la infección asociada con artroplastia total de cadera o de rodilla

Por Quanjun Cui, MD, MS, William M. Mihalko, MD, PhD, John S. Shields, MD, Michael Ries, MD y Khaled J. Saleh, MD, MSc, FRCS(C)

- La infección del sitio de una artroplastia total puede clasificarse en cuatro categorías básicas: tipo I (posoperatoria precoz), tipo II (crónica tardía), tipo III (hematógena aguda) y tipo IV (cultivos intraoperatorios positivos con infección inaparente desde el punto de vista clínico).
- Se considera que la norma asistencial actual para la infección crónica tardía es la artroplastia de revisión en dos tiempos, que consiste en extracción de la prótesis y el cemento, desbridamiento completo, colocación de un espaciador de cemento impregnado de antibiótico, un tratamiento con antibióticos intravenosos y un segundo tiempo diferido de la artroplastia de revisión.
- La elección del espaciador, articulado o no articulado, depende de muchos factores, como el grado de pérdida ósea, el estado de las partes blandas, la necesidad de movimiento articular, la existencia de espaciadores prefabricados o métodos de moldeado y la selección de antibióticos.
- Según datos actuales, el empleo de espaciadores de cemento impregnado de antibiótico ha mejorado los resultados del tratamiento de la infección asociada con artroplastia total.

La artroplastia total es uno de los tipos de operaciones más frecuentes y exitosas en ortopedia. La infección es una complicación rara, aunque devastadora, del procedimiento y tiene una prevalencia comunicada de 0,5% a 3%, que es más alta después de la artroplastia total de rodilla que después de la artroplastia total de cadera¹⁻⁴. Asimismo, la tasa de infección es mayor después de las artroplastias de revisión de cadera y de rodilla que después de las artroplastias primarias de cadera y de rodilla¹⁻⁸.

La cirugía de revisión en dos tiempos fue descrita por primera vez en 1983 por Insall y otros, quienes demostraron la necesidad de extraer los implantes y el cemento, e indicar antibioticoterapia para el tratamiento definitivo⁹. Este procedimiento ha surgido como la norma asistencial para tratar una infección crónica tardía en el sitio de artroplastia total^{14,5,10-17}. Garvin y Hanssen revisaron veintinueve estudios y observaron que los procedimientos en dos tiempos sin cemento impregnado de antibiótico tuvieron una tasa de éxito mejor (82% de 158 articulaciones) que las artroplastias de intercambio en un tiempo (58% de sesenta articulaciones), aunque se administraron antibióticos sistémicos para ambos procedimientos¹⁸. Gracias al agregado de cemento con antibiótico, las tasas de erradicación exitosa de la infección aumentaron a 91% (385 de 423 articulaciones), para la técnica en dos tiempos, y a 82% (976 de 1189 articulaciones), para la revisión en un tiempo¹⁸.

La artroplastia de revisión en dos tiempos sin utilización de espaciadores permite retirar todos los materiales extraños, con reimplante más tardío después de erradicar la infección. Sin embargo, este procedimiento posee varias desventajas, pues pueden aparecer contracturas en las partes blandas e inestabilidad articular, y el paciente tendrá dificultad para moverse. Desde una perspectiva técnica, la desventaja del procedimiento es que dificulta el reimplante durante la operación del segundo tiempo, como consecuencia de la artrofibrosis y la pérdida de los planos tisulares^{6,9,12}. La revisión en dos tiempos para el tratamiento de infecciones se relaciona con una hospitalización más prolongada, mayor número de hospitalizaciones y morbilidad perioperatoria más alta que la revisión de artroplastia total de cadera para tratar aflojamiento aséptico y la artroplastia total de cadera primaria¹⁹⁻²¹.

En la actualidad, se considera que el empleo de espaciadores de cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico es la norma asistencial para los casos de infección crónica del sitio de una artroplastia total. Estos espaciadores posibilitan la administración local directa de antibióticos, al mismo tiempo que preservan la movilidad del paciente y facilitan la cirugía de reimplante¹⁻¹¹. Este tratamiento quirúrgico reduce el costo y mejora la evolución del paciente, además de enfrentarse a algunas de las desventajas de los procedimientos de revisión en dos tiempos en los que no se usan espaciadores^{1-12,14-17,19-42}. Revisaremos sistemáticamente los diversos tipos de espaciadores y sus aplicaciones en la artroplastia de revisión en dos tiempos para el tratamiento de la infección en el sitio de una artroplastia total.

Clasificación de la infección en el sitio de una artroplastia total de cadera o de rodilla

La infección en el sitio de una artroplastia total puede clasificarse en cuatro categorías básicas: tipo I (posoperatoria precoz), tipo II (crónica tardía), tipo III (hematógena aguda) y tipo IV (cultivos intraoperatorios positivos con infección inaparente desde el punto de vista clínico) (Tabla I)^{11,16,43-47}. Se recomiendan modalidades quirúrgicas específicas para erradicar cada tipo de infección, aunque estas recomendaciones no se cumplen de manera universal.

Las infecciones posoperatorias precoces (tipo I), tanto superficiales como profundas, se definen como infecciones de la herida que sobrevienen menos de cuatro semanas después de la operación primaria. Por lo general, las infecciones de tipo I superficiales se tratan con desbridamiento y una tanda de antibioticoterapia, y las infecciones de tipo I profundas suelen tratarse mediante reemplazo del implante de polietileno, conservación de los componentes metálicos de la prótesis y administración intravenosa de antibióticos^{11,22,46,47}. En ocasiones, también se insertan microesferas de polimetilmetacrilato impregnadas de antibiótico^{2,11,47}.

Las infecciones crónicas tardías (tipo II) se definen por su aparición después de más de cuatro semanas de la cirugía. Habitualmente, se manifiestan por exacerbación del dolor y aflojamiento de la prótesis, y se las suele tratar mediante reconstrucción en dos tiempos. El tratamiento consiste en retirar todos los componentes protésicos y el cemento óseo, desbridar el tejido necrótico y de granulación, colocar un espaciador de cemento impregnado de antibiótico, administrar una tanda de antibióticos intravenosos y practicar artroplastia de reimplante diferida cuando ya no haya signos de infección^{11,12,16,22,23,28,44}. Cabe destacar que también se ha recurrido a artroplastia de intercambio en un tiempo, con más frecuencia en Europa que en los Estados Unidos, pero se recomienda con firmeza una estricta selección de pacientes y el uso de cemento impregnado de antibiótico para la fijación de la prótesis^{1,2,48,49}.

Las infecciones hematógenas agudas (tipo III) se definen por bacteriemia y, por lo general, se las trata con desbridamiento, reemplazo del implante de polietileno y conservación de la prótesis si no hay aflojamiento del implante, seguidos de una tanda de antibióticos intravenosos^{11,43-47}.

Los pacientes con cultivos intraoperatorios positivos (tipo IV) en el término de días de practicada una artroplastia de revisión para tratar un aflojamiento aséptico suelen recibir un tratamiento que consiste en antibióticos intravenosos con conservación de la prótesis^{11,16,43-47}.

Clasificación de los espaciadores de cemento impregnado de antibiótico

Existen dos tipos de espaciadores de cemento impregnado de antibiótico que suelen utilizarse para las revisiones en dos tiempos de artroplastias totales de cadera y de rodilla: no articulados (en bloque o estáticos; Figs. 1-A y 1-B) y articulados (móviles; Figs. de 2-A a 3).

Los espaciadores no articulados permiten la administración local de una alta concentración de antibióticos y, al mismo tiempo, funcionan para mantener el espacio articular para futuros procedimientos de revisión. Entre sus desventajas se encuentran una limitada amplitud de movimiento de la articulación después de la operación, lo que provoca acortamiento del cuádriceps o del abductor, formación de cicatrices y pérdida ósea. Cohen y otros⁵⁰, y Wilde y Ruth⁵¹ comunicaron el uso de espaciadores no articulados que consistían en cemento de polimetilmetacrilato mezclado con antibióticos, y que fueron moldeados para que se adaptaran al defecto dejado después de extraer una prótesis articular total asociada con infección.

Por el contrario, los espaciadores articulados permiten más movimiento articular y pueden mejorar la función antes del reimplante en el segundo tiempo. Desde una perspectiva técnica, la mejor función articular y la menor formación de cicatriz después de la artroplastia de resección pueden facilitar la exposición durante el reimplante^{4,17,52}. Si bien la distinción entre

espaciadores articulados y no articulados es algo controvertida, se ha comunicado que la utilización de un espaciador articulado bien moldeado, bien adaptado, que restablece la tensión de las partes blandas y permite un mayor grado de movimiento articular determina mejores resultados que el empleo de un espaciador no articulado, que puede limitar la libertad articular^{4,5,26}.

Como se afirmó anteriormente, los espaciadores de cemento impregnado de antibiótico pueden mantener la longitud del miembro, minimizar la contractura de las partes blandas, facilitar el reimplante y suministrar antibioticoterapia local. Sin embargo, hay considerable variación en su forma y función^{12,16,17,23,33,53}. Un espaciador puede fabricarse comercialmente o puede hacerse a medida en el quirófano. Puede estar construido por entero de cemento de polimetilmetacrilato o puede ser una estructura compuesta de metal revestido de cemento, o una prótesis estéril parcialmente revestida de cemento impregnado de antibiótico. Se han comunicado resultados favorables con cada uno de estos tipos de espaciadores^{2-8,10,17,27,29,33,36,38,42,52,54,55}.

Espaciadores de rodilla

Los primeros espaciadores no articulados de rodilla (Figs. 1-A y 1-B) se fabricaron en el quirófano con cemento impregnado de antibiótico y se moldearon para rellenar el defecto óseo creado después de la extracción de una prótesis asociada con infección. Estos tipos de espaciadores han dado resultados inferiores respecto de amplitud de movimiento y dolor posoperatorios, en comparación con los observados después de revisiones asépticas en un solo tiempo practicadas por aflojamiento aséptico^{6,7,26,28,56}.

Se puede emplear una serie de diferentes tipos de espaciadores articulados para la revisión en dos tiempos de una artroplastia total de rodilla complicada por infección. Un sistema que se encuentra a la venta es la prótesis de cemento acrílico impregnado de antibiótico (PROSTALAC) (DePuy, Warsaw, Indiana), que se desarrolló originalmente para la cadera y se empleó después en la rodilla^{6,57}. El sistema de rodilla PROSTALAC comprende componentes femoral y tibial fabricados con cemento óseo Palacos impregnado de antibiótico, con una pequeña superficie articular metal-polietileno (Fig. 3). En un estudio de cuarenta y cinco pacientes seguidos durante un promedio de cuarenta y ocho meses (rango, de veinte a 112 meses) después del tratamiento con la prótesis PROSTALAC, Haddad y otros⁶ comunicaron erradicación de la infección en cuarenta y un pacientes (91%), pese al uso de componentes de metal y de polietileno durante el primer tiempo del procedimiento en dos tiempos. El sistema PROSTALAC permitió una mayor amplitud de movimiento, minimizó el dolor, mejoró la función y facilitó el segundo tiempo del procedimiento al mantener los planos de las partes blandas^{6,17,41}.

El costo de una revisión de rodilla por infección es del doble del de una revisión aséptica y del triple al cuádruple del de una artroplastia total de rodilla primaria, y el mayor costo se debe, en gran parte, a la hospitalización prolongada y reiterada⁶. Si bien los espaciadores articulados disminuyen el tiempo de hospitalización, el costo del sistema PROSTALAC, que requiere todo un sistema de moldes e instrumentación, puede impedir su uso. Asimismo, el sistema PROSTALAC brinda una limitada elección de tamaños, y quizá resulte beneficioso desarrollar alternativas más económicas y más adaptables.

Hofmann y otros¹² utilizaron cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico en alta dosis (4,8 g de tobramicina por 40 g de cemento) para un espaciador articulado en cincuenta pacientes durante el primer tiempo de un procedimiento en dos tiempos. El espaciador se creó durante la operación limpiando, esterilizando en la autoclave y reimplantando el componente femoral extraído, que se articulaba con un implante tibial delgado de polietileno nuevo con una gran cantidad de cemento impregnado de antibiótico colocado entre el polietileno tibial y el hueso; en ocasiones, también se utilizó un implante rotuliano nuevo de polietileno. Se tenía cuidado de aplicar el cemento primero a los componentes y después al hueso para permitir adaptarlo a los defectos sin que hubiese adherencia ni interdigitación. Después de un promedio de setenta y tres meses (rango, de veinticuatro a 150 meses) del procedimiento de reimplante (el segundo tiempo), la tasa de resultados buenos a excelentes era del 90%, y sólo seis de los cincuenta pacientes presentaron una reinfección. Emerson y otros²⁶ lograron resultados similares aplicando el modelo descrito por Hofmann y otros. Compararon veintiséis pacientes tratados con un espaciador no articulado (promedio de seguimiento, 7,5 años) con veintidós tratados con un espaciador articulado (seguimiento promedio, 3,8 años) y observaron una tasa de reinfección del 9% en el grupo del espaciador articulado y del 8% en el del espaciador no articulado. Sin embargo, la amplitud de movimiento de las articulaciones era, en promedio, 14° mayor en los casos tratados con un espaciador articulado.

Espaciadores de cadera

Como en el caso de las artroplastias totales de rodilla complicadas por infección, la artroplastia de revisión en dos tiempos es la norma asistencial cuando la infección complica las artroplastias totales de cadera^{4,5,11,14,27,33,38,42}. También se encuentra a la venta un sistema de cadera PROSTALAC. Consiste en un componente acetabular cementado de modo flojo, adaptado a presión, todo de polietileno, con un endoesqueleto de metal, una cabeza femoral y un centralizador que se introducen en un molde y se llenan con cemento impregnado de antibiótico para crear el implante (Fig. 4)^{17,34,41,58,59}.

Wentworth y otros⁴¹ comunicaron un resultado exitoso en el 83% de 116 pacientes tratados con la prótesis PROSTALAC. Se definió tratamiento exitoso como falta de crecimiento de un microorganismo en cultivos de cualquier espécimen obtenido del sitio quirúrgico en el momento de la operación del segundo tiempo. Younger y otros⁸ consiguieron mejores resultados con el sistema

PROSTALAC, con erradicación de la infección en el 94% (cuarenta y cinco) de cuarenta y ocho pacientes a los cuarenta y tres meses, en promedio, de posoperatorio (rango, de veinticuatro a sesenta y tres meses). Las desventajas de este sistema son el costo, la necesidad de contar con equipo especial y las limitadas opciones con respecto a los tamaños de los componentes.

Etienne y otros²⁷ describieron un método para construir una prótesis similar al sistema PROSTALAC pero a un costo más bajo. Emplearon un espaciador que consistía en el componente femoral extraído, esterilizado en la autoclave, o un componente femoral modular económico revestido con un manto de cemento impregnado de antibiótico. Se cementaba en el lugar un revestimiento acetabular de polietileno con el mismo cemento impregnado de antibiótico, de manera que el sistema funcionaba transitoriamente como una prótesis total de cadera convencional. Etienne y otros comunicaron una reinfección sólo en tres de treinta y dos pacientes a una media de 1,7 años de posoperatorio (rango, de uno a tres años) y observaron rápido montaje del componente, bajo costo, buena amplitud de movimiento y la posibilidad de soporte de peso parcial, lo que facilitaba la cirugía de revisión.

Se han fabricado moldes de silicona o metal reutilizables especialmente diseñados como endoprótesis espaciadoras articuladas transitorias, con un endoesqueleto de metal para soporte^{4,10,42}. Durbhakula y otros⁴ utilizaron una clavija de Rush como endoesqueleto y no comunicaron ninguna reinfección en veinte pacientes seguidos durante un promedio de treinta y ocho meses (rango, de veintiséis a sesenta y siete meses); dieciocho pacientes fueron sometidos a una revisión en dos tiempos exitosa. Yamamoto y otros⁴² utilizaron dos alambres de Kirschner de 2,0 mm doblados como endoesqueleto y también comunicaron buenos resultados, con erradicación de la infección en los diecisiete pacientes seguidos durante una media de tres años y dos meses (rango, de catorce a sesenta y dos meses); de todos modos, hubo una fractura periprotésica y una luxación.

Antibióticos en los espaciadores de polimetilmetacrilato

El implante de cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico se ha convertido en una técnica útil para el tratamiento de las infecciones en los sitios de artroplastias totales (véase Apéndice). Los espaciadores formados con cemento impregnado de antibiótico liberan altas dosis de antibióticos en el sitio de infección y permiten alcanzar concentraciones locales más altas que las logradas con antibióticos sistémicos solos, con escaso efecto sobre los niveles séricos o urinarios^{12,34,39,60,61}. Como alcanzan altas concentraciones de antibióticos en el sitio de una infección, se los puede utilizar para tratar hueso avascular infectado, que está aislado de los antibióticos sistémicos, lo que evita a la vez la posible toxicidad sistémica que puede provocar la administración intravenosa^{2,11,16,39,43,61}.

Elección de antibióticos

La elección de antibióticos está limitada a aquellos que son termoestables, pues la polimerización del cemento es una reacción exotérmica que genera una cantidad sustancial de calor³¹. El antibiótico también debe ser hidrosoluble para que pueda difundir a los tejidos circundantes, mientras permite una liberación gradual a lo largo del tiempo para lograr un efecto bactericida sostenido². Los antibióticos utilizados con más frecuencia son tobramicina, gentamicina, vancomicina y cefalosporinas. Se los puede combinar para brindar una cobertura de amplio espectro^{2,61}. Las infecciones periprotésicas son producto, en su mayoría, de microorganismos grampositivos (*Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*), y cuando puede identificarse con claridad al patógeno y su patrón de sensibilidad antibiótica, debe emplearse un solo antibiótico³¹. Cuando se desconoce el patógeno, el tratamiento resulta más difícil, y puede ser necesaria una combinación de antibióticos para erradicar por completo la infección. El estudio de Koo y otros³¹, con un seguimiento promedio de cuarenta y un meses (mínimo, veinticuatro meses), comunicó que se erradicó la infección en veintiuno de veintidós pacientes tratados con 2 g de vancomicina, 2 g de gentamicina y 2 g de cefotaxima por 40 g de cemento. La vancomicina cubre el *Staphylococcus aureus* meticilino-resistente, la gentamicina cubre Enterobacteriaceae y *Pseudomonas aeruginosa*, y la cefotaxima destruye a los microorganismos resistentes a la gentamicina. Es importante recordar que, si se había usado cemento impregnado de antibiótico en el procedimiento primario, las bacterias involucradas en la infección ya pueden haber sobrevivido a una alta concentración de ese antibiótico y probablemente serán resistentes si se emplea el mismo antibiótico en el cemento del espaciador⁶².

Las infecciones micóticas en los sitios de artroplastias totales son sumamente raras y difíciles de tratar. En la mayoría de los casos comunicados, el agente causal ha sido un miembro de la especie *Candida*^{28,63,64}. Un análisis *in vitro* de cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antimicótico mostró que la anfotericina B y el fluconazol permanecían activos con zonas de inhibición, mientras que la 5-flucitosina no⁶⁵. La infección micótica en el sitio de una artroplastia total se ha tratado con éxito mediante espaciadores de cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico y reimplante en tiempos^{28,63,66,67}.

Factores que afectan la elución de antibióticos de los espaciadores de polimetilmetacrilato

La elución de antibióticos a partir del cemento óseo depende de varios factores. El tipo de antibiótico, la concentración y el número de antibióticos, la porosidad y el tipo de cemento, y la superficie del espaciador participan todos en la liberación^{4,5,11,34,68}. Stevens y

otros⁴⁰ estudiaron la elución *in vitro* de antibióticos a partir de los cementos óseos Simplex y Palacos, y observaron que el Palacos era un vehículo más eficaz para la administración local de fármacos. Masri y otros³⁴ efectuaron un estudio *in vivo* sobre la elución a largo plazo de antibióticos a partir de cemento óseo de polimetilmetacrilato en cuarenta pacientes y observaron que persistían niveles eficaces de antibióticos cuatro meses después de la operación. Esta observación es compatible con la sugerencia de que, por lo menos, 3,6 g de tobramicina por 40 g de cemento óseo, con el agregado de 1 g de vancomicina, es un esquema antibiótico eficaz en este contexto. Como no hallaron niveles eficaces de vancomicina a los cuatro meses de la operación, Masri y otros determinaron que los dos antibióticos actuaban sinérgicamente entre sí para aumentar las tasas de elución, pero que no se debe usar vancomicina sola. Esta conclusión coincidió con los resultados de un estudio *in vitro* que mostró que la combinación de tobramicina y vancomicina en cemento óseo de polimetilmetacrilato mejoraba las tasas de elución de ambos antibióticos⁶⁹.

En comparación con el cemento impregnado de antibiótico que se encuentra a la venta, el cemento mezclado en forma manual se relaciona con menor liberación de antibióticos, mientras que la mezcla al vacío ha mostrado determinar sólo una reducción menor de la liberación de antibióticos⁷⁰⁻⁷⁴. A diferencia de los antibióticos mezclados con el cemento comercialmente, los antibióticos mezclados en forma manual no tienen una distribución homogénea en el cemento, lo que disminuye su tasa de elución a partir de una superficie dada^{70,71,73}. La mezcla al vacío disminuye la porosidad del cemento, lo que también reduce la tasa de elución de los antibióticos⁷¹. La combinación de la superficie y la porosidad determina la elución de antibióticos a partir del cemento óseo de polimetilmetacrilato^{60,71,73}. Un estudio mostró que el aumento de la superficie de cemento óseo de polimetilmetacrilato en un 40% determinaba una tasa de elución de vancomicina 20% más alta⁶⁸. Se ha agregado dextran al cemento para aumentar la porosidad y las tasas de elución de los antibióticos. Kuechle y otros observaron que, cuando se agregaba dextran al 25% al cemento, la liberación de antibióticos en las primeras cuarenta y ocho horas era alrededor de cuatro veces mayor y la duración de la elución era de hasta diez días, en lugar de sólo seis, en comparación con la preparación de rutina⁷⁵.

Durante décadas, se han usado con éxito espaciadores de cemento óseo de polimetilmetacrilato con altas dosis de antibióticos, hechos a mano, para el tratamiento de infecciones establecidas en los sitios de prótesis articulares, y éstos pueden liberar altos niveles de antibióticos localmente¹⁻¹¹. Es importante destacar que la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) ha aprobado la producción comercial sólo de cementos óseos impregnados de antibiótico en baja dosis. Éstos son Simplex P (Stryker Howmedica Osteonics, Mahwah, Nueva Jersey), que contiene 1 g de tobramicina; SmartSet GHV y MHV (DePuy Orthopaedics, Warsaw, Indiana), que contiene 1 g de gentamicina; y Palacos G (Biomet, Warsaw, Indiana), que contiene 0,85 g de gentamicina^{28,60,61}. Estos cementos impregnados de antibiótico en baja dosis no son adecuados para el tratamiento de infecciones establecidas en los sitios de prótesis articulares, aunque se los puede utilizar con fines profilácticos en pacientes de alto riesgo que van a ser sometidos a artroplastia total de rodilla o de cadera cementada, o en el segundo tiempo de una revisión de artroplastia total en dos tiempos, después de haber erradicado la infección inicial^{11,31,60,61}. Por lo tanto, los cirujanos deben agregar antibióticos al cemento para alcanzar las altas dosis sugeridas para el tratamiento de la infección articular periprotésica^{2,18,34,61}.

Método para mezclar cemento impregnado de antibiótico

Hanssen y Spangehl⁶¹ propusieron un método para agregar altas dosis de antibiótico en polvo al cemento óseo. El monómero de polimetilmetacrilato y el polvo deben mezclarse primero para formar el cemento líquido, y después se agrega el antibiótico. Es importante dejar intactos la mayor cantidad de cristales grandes posible para crear una mezcla más porosa que aumente la tasa de elución de los antibióticos. Lo contrario es válido cuando se utiliza cemento con antibióticos profilácticos, pues los cristales también debilitan el cemento. Una vez formado el cemento, hay que tener cuidado respecto del momento en que se lo aplica al hueso. El cemento debe aplicarse en el estadio tardío de polimerización para impedir la interdigitación con el hueso y permitir, a la vez, que el cirujano tenga todavía cierta libertad para moldear la superficie articular del hueso^{12,29}. Los cilindros de cemento cónicos para inserción intramedular pueden ser creados con la boquilla de una pistola para cemento como molde o simplemente haciendo rodar el cemento en forma manual⁶¹.

Cambios de las propiedades biomecánicas

Como la inclusión de antibióticos produce defectos adicionales en la matriz del cemento, los componentes y la mezcla del cemento en el quirófano intervienen en la tasa de liberación de los antibióticos y las propiedades mecánicas del espaciador^{58,61}. El agregado de altas dosis de antibióticos (>4,5 g de polvo) debilita de manera sustancial el cemento óseo, y no debe utilizarse este tipo de cementos para la fijación de prótesis⁵⁸. Por lo general, no se usan antibióticos líquidos, pues han mostrado reducir la resistencia del cemento respecto de la observada con sus homólogos cristalinos, como consecuencia de la dilución del catalizador necesario para la cura del cemento^{2,76,77}. Seldes y otros⁷⁷ observaron que el agregado de gentamicina líquida a cemento sin antibiótico disminuía la resistencia a la compresión en 49% y la resistencia a la tracción en 46%, mientras que el agregado de tobramicina en polvo no ejercía ningún efecto significativo respecto de los valores control. Un estudio comunicó que la mezcla manual de antibiótico con el cemento óseo disminuía la resistencia del cemento en 36% con respecto a la del cemento impregnado de antibiótico preparado

comercialmente, en tanto que la resistencia de este último no difería de la del cemento sin antibiótico⁷⁸. La mezcla al vacío del cemento impregnado de antibiótico mejora sus propiedades mecánicas al disminuir la porosidad^{75,79} y, si bien mostró disminuir hasta diez veces la tasa de fracturas durante la carga cíclica⁷⁹ y reducir hasta cinco veces la porosidad aparente en las radiografías⁸⁰, también puede disminuir las tasas de elución de los antibióticos⁷⁵.

Dosis de antibióticos para espaciadores de polimetilmetacrilato

Todavía no se ha estandarizado la dosificación apropiada de un determinado antibiótico que debe mezclarse con el cemento óseo de polimetilmetacrilato para el tratamiento de una infección establecida en el sitio de una prótesis articular, aunque la impregnación del cemento con dos antibióticos ha probado ser superior a la utilización de uno solo^{61,81}. En la bibliografía, las dosis de los antibióticos usados con más frecuencia varían de 2,4 g de tobramicina con 1 g de vancomicina por 40 g de cemento a 4 g de vancomicina con 4,6 g de tobramicina por 40 g de cemento. Todas estas dosis se han vinculado con tasas de éxito reiteradas y similares de >90%^{4,7,28}. A medida que aumenta la cantidad de antibiótico en polvo introducida, disminuye la resistencia del cemento^{58,61}. Se ha comunicado que 8 g de antibióticos por 40 g de cemento óseo es la máxima relación que puede introducirse y que permite, aun así, moldear y formar el cemento¹⁰.

Un estudio de Fehring y otros²² comunicó resultados eficaces con el uso de 1,2 g de tobramicina por 40 g de cemento óseo solo. La duración promedio del seguimiento fue de treinta y seis meses (rango, de veinticuatro a setenta y dos meses) para los pacientes que recibieron un espaciador estático y de veintisiete meses (rango, de veinticuatro a treinta y seis meses) para los tratados con un espaciador articulado. Tres pacientes que habían recibido un espaciador estático presentaron una reinfección y la tasa final de erradicación de la infección fue del 88% (veintidós de veinticinco). Un paciente que había sido tratado con un espaciador articulado presentó secreción persistente después de retirar el implante y requirió una artrodesis, lo que determinó una tasa de erradicación de la infección del 93% (catorce de quince) en este grupo.

Como se afirmó antes, la infección micótica en el sitio de un artroplastia total representa un desafío muy difícil. Sin embargo, Evans trató con éxito seis casos de infecciones micóticas con espaciadores de cemento óseo de polimetilmetacrilato que contenía 500 mg de anfotericina B, con reimplante en un segundo tiempo²⁸. Otros autores han empleado técnicas similares^{66,67}. Phelan y otros⁶³ efectuaron artroplastia de reimplante en tiempos y administración sistémica de agentes antimicóticos para tratar cuatro infecciones por *Candida* en sitios de artroplastias totales. También identificaron otros seis casos en la bibliografía que habían sido tratados con el mismo esquema. Además de la artroplastia de resección, ocho pacientes recibieron anfotericina B, sola o en combinación con otro tratamiento antimicótico, y un paciente fue tratado con fluconazol solo. Ocho de los pacientes no presentaron recurrencia de la infección después de una mediana de 50,7 meses de la artroplastia de reimplante (rango, de dos a setenta y tres meses).

Cuestiones de seguridad

Se ha documentado bien la seguridad del cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico^{28,39,58,61,82}. Evans²⁸ utilizó 4 g de vancomicina y 4,6 g de tobramicina en polvo por lote de 40 g de cemento de polimetilmetacrilato en cuarenta y cuatro pacientes con un total de cincuenta y cuatro infecciones articulares periprotésicas. El seguimiento a un mínimo de dos años no mostró alteraciones renales, vestibulares ni auditivas. Springer y otros³⁹ estudiaron la seguridad sistémica del cemento impregnado de antibiótico en alta dosis a lo largo del tiempo y comunicaron que dosis promedio de 10,5 g de vancomicina y 12,5 g de gentamicina eran seguras desde el punto de vista clínico, sin signos de insuficiencia renal aguda ni otros efectos colaterales sistémicos. En cambio, van Raaij y otros⁸³ comunicaron un caso de insuficiencia renal aguda que afectó a una mujer de ochenta y tres años después del tratamiento con 2 g de gentamicina en un bloque de 240 g de cemento combinado con siete cadenas de microesferas de polimetilmetacrilato impregnadas también de gentamicina. Los niveles séricos de gentamicina eran altos, lo que llevó a retirar el espaciador y a la eventual recuperación de la función renal normal. Koo y otros³¹ comunicaron disfunción hepática y supresión de la médula ósea transitorias, y Ceffa y otros⁸⁴, dos casos de infección por *Mucoraceae* después del tratamiento con espaciadores de cemento impregnado antibiótico. En nuestra opinión, estos casos comunicados representan episodios poco habituales. De todos modos, el cirujano debe conocer estas posibles complicaciones.

Resultados de la utilización de espaciadores con antibiótico

La utilización de cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico en espaciadores brinda no sólo un tratamiento más eficaz de la infección periprotésica, con tasas de erradicación que varían de 90% a 100% en la bibliografía, sino también mejor función, menor dolor, mayor satisfacción del paciente, hospitalizaciones más breves y menor costo^{4-8,12,16,17,28,31,61,85}.

Estudios de los resultados de los espaciadores de rodilla de cemento

Meek y otros¹⁷ analizaron retrospectivamente los resultados del reimplante en dos tiempos, con utilización de un espaciador

articulado PROSTALAC en el primer tiempo del procedimiento, en cuarenta y siete pacientes que presentaban una infección en el sitio de una artroplastia total de rodilla. Después de un promedio de cuarenta y un meses, las evaluaciones con los instrumentos WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis), Oxford-12 y SF-12 (Short Form-12), así como con un cuestionario sobre satisfacción, demostraron que el empleo de un espaciador articulado se relacionó con mejores puntuaciones de función y satisfacción. Dos pacientes presentaron una recurrencia de la infección, de manera que la tasa de erradicación fue de 96%.

Una revisión retrospectiva de Calton y otros³⁶ comunicó cicatrización y contracciones capsulares con pérdida ósea en el 60% de veinticuatro pacientes en quienes se había tratado una infección en el sitio de una artroplastia total de rodilla con un espaciador no articulado. En promedio, se observó una pérdida ósea de 6,2 mm en la tibia y de 12,8 mm en el fémur, a menudo con invaginación y migración del espaciador. Los autores recomendaron extensión intramedular del espaciador para prevenir la migración, espesor adecuado del espaciador para tensar los ligamentos laterales y prevenir la contractura, y un bloque del ancho suficiente para que descansa sobre el reborde cortical y prevenir la invaginación al hueso esponjoso. No se observó ninguna diferencia en la tasa de infección, el tiempo de cirugía ni el resultado funcional entre los pacientes tratados con el espaciador no articulado y los tratados con espaciador articulado.

Un estudio de veinticinco espaciadores estáticos y treinta móviles demostró que los espaciadores articulados facilitaron el reimplante y no se relacionaron con pérdida ósea²². Emerson y otros²⁶ comunicaron que la amplitud de movimiento era mayor con espaciadores de rodilla articulados que estáticos, con flexión promedio de la rodilla de 107,8° y 93,7°, respectivamente, y sin datos de tasas de complicación más altas.

Durbhakula y otros⁷ informaron sobre veinticuatro pacientes tratados con una revisión en dos tiempos, que implicaba el uso de un espaciador de cemento impregnado de antibiótico, articulado, formado con moldes de silicona inyectados al vacío, que habían sido diseñados para fabricar componentes femorales y tibiales articulados. Con un sistema de este tipo, no se requiere una superficie de articulación metal-polietileno y se reduce el costo al emplear moldes reutilizables que cuestan alrededor de US\$300 cada uno. Durbhakula y otros no comunicaron problemas de luxación, fractura ni fragmentación del espaciador, y la tasa de erradicación de la infección fue de 92% a los treinta y tres meses, en promedio.

Goldstein y otros²⁹ diseñaron un sistema de bajo costo, totalmente de cemento, que podía formarse con instrumentos y elementos existentes en la mayoría de los hospitales. Describieron una técnica que empleaba una lámina pesada de aluminio para formar la anatomía ósea; se aplicaba cemento moldeado a mano alrededor de la lámina para prevenir la interdigitación y se utilizaba una capa de lubricante estéril entre ellos para retirar con facilidad la lámina. Se moldeaban los cóndilos femorales con el implante tibial de prueba, y se utilizaba el implante tibial para calcular de manera aproximada el tamaño y el espesor del componente tibial cementado. Los autores comunicaron éxito inicial en cinco pacientes.

MacAvoy y Ries⁵² describieron un método de moldeado económico para fabricar un espaciador articulado “esférico”. La articulación relativamente constreñida entre los componentes del espaciador puede ser de particular utilidad para pacientes que presentan una gran cantidad de pérdida ósea e inestabilidad (Figs. 5-A, 5-B y 5-C). Se aplicó esta técnica en doce pacientes que presentaban una infección en el sitio de una artroplastia total de rodilla complicada por comorbilidades graves. Después de un promedio de veintiocho meses de posoperatorio, se erradicó la infección en nueve de trece rodillas. Todos los pacientes pudieron caminar con mínima asistencia con el espaciador colocado. La flexión promedio de la rodilla era de 98° (rango, de 45° a 135°) en el momento del seguimiento. En el momento del reimplante, la amplitud de movimiento promedio de la rodilla era de 79° (rango, de 40° a 100°) con el espaciador colocado.

Estudios de resultados de los espaciadores de cadera de cemento

Hsieh y otros¹⁰ utilizaron tres o más alambres de Kirschner de 2,4 mm como endoesqueleto de un espaciador de cemento impregnado de antibiótico moldeado en cuarenta y dos pacientes y comunicaron una tasa de éxito de 95% después de un promedio de 55,2 meses. Los autores atribuyeron su éxito a la remoción completa de los componentes protésicos y el cemento, al desbridamiento completo, a las altas dosis (8 g) de antibióticos apropiados para el microorganismo en el cemento, y a la determinación de la eritrosedimentación y el nivel de proteína C reactiva para controlar y decidir el momento del segundo tiempo de la revisión. Los tallos de cemento moldeados con un endoesqueleto de metal pueden tolerar el soporte de peso parcial, como comunicaron Schoellner y otros³⁷, quienes investigaron cinco espaciadores con alambres de Kirschner dobles bajo carga craneo-caudal de 20 N/s y observaron fracaso con una carga de 1550 N. Las fuerzas que actúan sobre una cadera son de alrededor de 2,5 veces las del peso corporal, pero pueden aumentar ocho veces si se tropieza; por lo tanto, una caída puede provocar la fractura de uno de estos espaciadores⁸⁶.

Para rellenar los defectos óseos originados por la extracción de los componentes asociados con infección, Leunig y otros³³ crearon implantes a medida, económicos, moldeados a mano, con cemento impregnado de gentamicina y los colocaron en la zona del cuello femoral o el conducto medular. Los implantes fueron reforzados introduciendo placas o tornillos, o ambos, en el

cemento, antes de la polimerización. Si bien los autores comunicaron erradicación completa de la infección en doce pacientes seguidos durante un promedio de 2,2 años, también comunicaron cinco luxaciones y una fractura, lo que sugiere debilidad del diseño.

Barrack⁵ utilizó una clavija de Rush para reforzar cemento impregnado de antibiótico, moldeado a mano, para crear una prótesis transitoria. Doce pacientes así tratados no presentaron ninguna fractura ni luxación, ni tampoco infección después de un mínimo de dos años de posoperatorio. La ventaja de emplear clavijas de Rush es que éstas se presentan en numerosas longitudes y muchos diámetros, lo que permite que el cirujano cree manualmente prótesis con un amplio rango de longitudes y desniveles. Esta técnica es una alternativa rentable al uso de un espaciador de cadera comercial.

Revisión

Una infección en el sitio de una artroplastia total de cadera o de rodilla es un problema clínico complejo. El patrón de referencia para las infecciones crónicas tardías es la artroplastia de revisión en dos tiempos, que incluye la colocación de un espaciador de cemento impregnado de antibiótico después de extraer la prótesis y practicar un desbridamiento completo, lo que es seguido de una tanda de antibióticos intravenosos y un segundo tiempo diferido de la artroplastia total de revisión. La elección del espaciador depende de muchos factores, como el grado de pérdida ósea, el estado de las partes blandas, la necesidad de movimiento articular, la existencia de espaciadores prefabricados o de métodos de moldeado y la selección de los antibióticos. Se deben utilizar antibióticos termoestables, hidrosolubles, elegidos según la sensibilidad del microorganismo. Se prefiere la mezcla manual de otros antibióticos en un cemento óseo impregnado de antibiótico para aumentar la dosificación antibiótica. El cemento debe mezclarse primero y, después, deben agregarse los antibióticos. Los espaciadores articulados deben ser la primera opción, pues parecen brindar un mejor resultado funcional.

Apéndice

Las tablas que resumen los resultados del uso de espaciadores de cemento impregnado de antibiótico en la cadera y la rodilla comunicados en la bibliografía pueden consultarse en las versiones electrónicas de este artículo, en nuestra página web jbjs.org (vaya a la cita del artículo y haga clic en "Supplementary Material") y en nuestro CD-ROM trimestral (comuníquese con nuestro departamento de suscripciones llamando al 781-449-9780, para solicitar el CD-ROM).

Quanjun Cui, MD, MS

William M. Mihalko, MD, PhD

John S. Shields, MD

Departamento de Cirugía Ortopédica, University of Virginia, Box 800159, Charlottesville, VA 22908

Michael Ries, MD

Departamento de Cirugía Ortopédica, University of California San Francisco Medical Center, 500 Parnassus Avenue, San Francisco, CA 94143

Khaled J. Saleh, MD, MSc, FRCSC

Departamento de Cirugía Ortopédica y Ciencias de Evaluación de la Salud, University of Virginia, 400 Ray C. Hunt Drive, Charlottesville, VA, 22903. Dirección de correo electrónico: Saleh@Virginia.edu

Información: para financiar su investigación o para preparar este trabajo, uno o más de los autores recibieron, en algún año, financiamiento para becas superior a US\$10.000 de Smith and Nephew Inc. Además, uno o más autores, o alguno de sus familiares directos recibió, en algún año, pagos u otros beneficios superiores a US\$10.000, o un compromiso o acuerdo para otorgar estos beneficios, de una entidad comercial (Stryker Orthopaedics). Asimismo, una entidad comercial (Smith and Nephew Inc.) pagó o entregó en algún año, o acordó pagar o entregar, beneficios superiores a US\$10.000 a un fondo de investigación, fundación, división, centro, consultorio clínico u otra organización de caridad o sin fines de lucro con la que los autores o un familiar directo están afiliados o asociados.

J Bone Joint Surg Am. 2007;89:871-82 □doi:10.2106/JBJS.E.01070

Referencias

1. Hanssen AD, Rand JA. Evaluation and treatment of infection at the site of a total hip or knee arthroplasty. *Instr Course Lect.* 1999;48:111-22.
2. Joseph TN, Chen AL, Di Cesare PE. Use of antibiotic-impregnated cement in total joint arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003;11:38-47.

3. Peersman G, Laskin R, Davis J, Peterson M. Infection in total knee replacement: a retrospective review of 6489 total knee replacements. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;392:15-23.
4. Durbhakula SM, Czajka J, Fuchs MD, Uhl RL. Spacer endoprosthesis for the treatment of infected total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2004;19:760-7.
5. Barrack RL. Rush pin technique for temporary antibiotic-impregnated cement prosthesis for infected total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2002;17:600-3.
6. Haddad FS, Masri BA, Campbell D, McGraw RW, Beauchamp CP, Duncan CP. The PROSTALAC functional spacer in two-stage revision for infected knee replacements. Prosthesis of antibiotic-loaded acrylic cement. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82:807-12.
7. Durbhakula SM, Czajka J, Fuchs MD, Uhl RL. Antibiotic-loaded articulating cement spacer in the 2-stage exchange of infected total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2004;19:768-74.
8. Younger AS, Duncan CP, Masri BA, McGraw RW. The outcome of two-stage arthroplasty using a custom-made interval spacer to treat the infected hip. *J Arthroplasty.* 1997;12:615-23.
9. Insall JN, Thompson FM, Brause BD. Two-stage reimplantation for the salvage of infected total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65:1087-98.
10. Hsieh PH, Chen LH, Chen CH, Lee MS, Yang WE, Shih CH. Two-stage revision hip arthroplasty for infection with a custom-made, antibiotic-loaded, cement prosthesis as an interim spacer. *J Trauma.* 2004;56:1247-52.
11. Hanssen AD, Spangehl MJ. Treatment of the infected hip replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;420:63-71.
12. Hofmann AA, Goldberg T, Tanner AM, Kurtin SM. Treatment of infected total knee arthroplasty using an articulating spacer: 2- to 12-year experience. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;430:125-31.
13. Hofmann AA, Goldberg TD, Tanner AM, Cook TM. Ten-year experience using an articulating antibiotic cement hip spacer for the treatment of chronically infected total hip. *J Arthroplasty.* 2005;20:874-9.
14. Deshmukh RG, Thevarajan K, Kok CS, Sivapathasundaram N, George SV. An intramedullary cement spacer in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1998;13:197-9.
15. Nazarian DG, de Jesus D, McGuigan F, Booth RE, Jr. A two-stage approach to primary knee arthroplasty in the infected arthritic knee. *J Arthroplasty.* 2003;18(7 Suppl 1):16-21.
16. Pitto RP, Spika IA. Antibiotic-loaded bone cement spacers in two-stage management of infected total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2004;28:129-33.
17. Meek RM, Masri BA, Dunlop D, Garbuz DS, Greidanus NV, McGraw R, Duncan CP. Patient satisfaction and functional status after treatment of infection at the site of a total knee arthroplasty with use of the PROSTALAC articulating spacer. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:1888-92.
18. Garvin KL, Hanssen AD. Infection after total hip arthroplasty. Past, present, and future. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:1576-88.
19. Hebert CK, Williams RE, Levy RS, Barrack RL. Cost of treating an infected total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;331:140-5.
20. Bozic KJ, Ries MD. The impact of infection after total hip arthroplasty on hospital and surgeon resource utilization. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1746-51.
21. Pagnano M, Cushner FD, Hansen A, Scuderi GR, Scott WN. Blood management in two-stage revision knee arthroplasty for deep prosthetic infection. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;367:238-42.
22. Fehring TK, Odum S, Calton TF, Mason JB. Articulating versus static spacers in revision total knee arthroplasty for sepsis. The Ranawat Award. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;380:9-16.
23. Takahira N, Itoman M, Higashi K, Uchiyama K, Miyabe M, Naruse K. Treatment outcome of two-stage revision total hip arthroplasty for infected hip arthroplasty using antibiotic-impregnated cement spacer. *J Orthop Sci.* 2003;8:26-31.
24. Salvati EA, Chekofsky KM, Brause BD, Wilson PD, Jr. Reimplantation in infection: a 12-year experience. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;170:62-75.
25. Barrack RL, Engh G, Rorabeck C, Sawhney J, Woolfrey M. Patient satisfaction and outcome after septic versus aseptic revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2000;15:990-3.
26. Emerson RH Jr, Muncie M, Tarbox TR, Higgins LL. Comparison of a static with a mobile spacer in total knee infection. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;404:132-8.
27. Etienne G, Waldman B, Rajadhyaksha AD, Ragland PS, Mont MA. Use of a functional temporary prosthesis in a two-stage approach to infection at the site of a total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85 Suppl 4:94-6.
28. Evans RP. Successful treatment of total hip and knee infection with articulating antibiotic components: a modified treatment method. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;427:37-46.
29. Goldstein WM, Kopplin M, Wall R, Berland K. Temporary articulating methylmethacrylate antibiotic spacer (TAMMAS). A new method of intraoperative manufacturing of a custom articulating spacer. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83 Suppl 2 Pt 2:92-7.
30. Haleem AA, Berry DJ, Hanssen AD. Mid-term to long-term followup of two-stage reimplantation for infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;428:35-9.
31. Koo KH, Yang JW, Cho SH, Song HR, Park HB, Ha YC, Chang JD, Kim SY, Kim YH. Impregnation of vancomycin, gentamicin, and cefotaxime in a cement spacer for two-stage cementless reconstruction in infected total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2001;16:882-92.
32. Kraay MJ, Goldberg VM, Figgie HE 3rd. Use of an antibiotic impregnated polymethyl methacrylate intramedullary spacer for complicated revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1992;7 Suppl:397-402.
33. Leunig M, Chosa E, Speck M, Ganz R. A cement spacer for two-stage revision of infected implants of the hip joint. *Int Orthop.* 1998;22:209-14.
34. Masri BA, Duncan CP, Beauchamp CP. Long-term elution of antibiotics from bone-cement: an in vivo study using the prosthesis of antibiotic-loaded acrylic cement (PROSTALAC) system. *J Arthroplasty.* 1998;13:331-8.
35. McGrory BJ, Shinnick J, Ruterbories J. A simple method of intra-articular antibiotic delivery in infected hip arthroplasty. *Am J Orthop.* 2002;31:250, 294.
36. Pearle AD, Sculco TP. Technique for fabrication of an antibiotic-loaded cement hemiarthroplasty (ANTILOCH) prosthesis for infected total hip arthroplasty. *Am J Orthop.* 2002;31:425-7.
37. Schoellner C, Fuerderer S, Rompe JD, Eckardt A. Individual bone cement spacers (IBCS) for septic hip revision-preliminary report. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003;123:254-9.

38. Shin SS, Della Valle CJ, Ong BC, Meere PA. A simple method for construction of an articulating antibiotic-loaded cement spacer. *J Arthroplasty*. 2002;17:785-7.
39. Springer BD, Lee GC, Osmon D, Haidukewych GJ, Hanssen AD, Jacofsky DJ. Systemic safety of high-dose antibiotic-loaded cement spacers after resection of an infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;427:47-51.
40. Stevens CM, Tetsworth KD, Calhoun JH, Mader JT. An articulated antibiotic spacer used for infected total knee arthroplasty: a comparative in vitro elution study of Simplex and Palacos bone cements. *J Orthop Res*. 2005;23:27-33.
41. Wentworth SJ, Masri BA, Duncan CP, Southworth CB. Hip prosthesis of antibiotic-loaded acrylic cement for the treatment of infections following total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84 Suppl 2:123-8.
42. Yamamoto K, Miyagawa N, Masaoka T, Katori Y, Shishido T, Imakiire A. Clinical effectiveness of antibiotic-impregnated cement spacers for the treatment of infected implants of the hip joint. *J Orthop Sci*. 2003;8:823-8.
43. Spangehl MJ, Younger AS, Masri BA, Duncan CP. Diagnosis of infection following total hip arthroplasty. *Instr Course Lect*. 1998;47:285-95.
44. Tsukayama DT, Goldberg VM, Kyle R. Diagnosis and management of infection after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85 Suppl 1:S75-80.
45. Tsukayama DT, Estrada R, Gustilo RB. Infection after total hip arthroplasty. A study of the treatment of one hundred and six infections. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78:512-23.
46. Segawa H, Tsukayama DT, Kyle RF, Becker DA, Gustilo RB. Infection after total knee arthroplasty. A retrospective study of the treatment of eighty-one infections. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81:1434-45.
47. Atkins BL, Athanasou N, Deeks JJ, Crook DW, Simpson H, Peto TE, McLardy-Smith P, Berendt AR. Prospective evaluation of criteria for microbiological diagnosis of prosthetic-joint infection at revision arthroplasty. The OSIRIS Collaborative Study Group. *J Clin Microbiol*. 1998;36:2932-9.
48. Ure KJ, Amstutz HC, Nasser S, Schmalzried TP. Direct-exchange arthroplasty for the treatment of infection after total hip replacement. An average ten-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80:961-8.
49. Buchholz HW, Elson RA, Engelbrecht E, Lodenkamper H, Rottger J, Siegel A. Management of deep infection of total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1981;63:342-53.
50. Cohen JC, Hozack WJ, Cuckler JM, Booth RE Jr. Two-stage reimplantation of septic total knee arthroplasty. Report of three cases using an antibiotic-PMMA spacer block. *J Arthroplasty*. 1988;3:369-77.
51. Wilde AH, Ruth JT. Two-stage reimplantation in infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;236:23-35.
52. MacAvoy MC, Ries MD. The ball and socket articulating spacer for infected total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2005;20:757-62.
53. Haddad FS, Muirhead-Allwood SK, Manktelow AR, Bacarese-Hamilton I. Two-stage uncemented revision hip arthroplasty for infection. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82:689-94.
54. Magnan B, Regis D, Biscaglia R, Bartolozzi P. Preformed acrylic bone cement spacer loaded with antibiotics: use of two-stage procedure in 10 patients because of infected hips after total replacement. *Acta Orthop Scand*. 2001;72:591-4.
55. Ries MD, Jergesen H. An inexpensive molding method for antibiotic-impregnated cement spacers in infected total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1999;14:764-5.
56. Calton TF, Fehring TK, Griffin WL. Bone loss associated with the use of spacer blocks in infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;345:148-54.
57. Haddad FS, Masri BA, Garbuz DS, Duncan CP. The treatment of the infected hip replacement. The complex case. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;369:144-56.
58. Duncan CP, Masri BA. The role of antibiotic-loaded cement in the treatment of an infection after a hip replacement. *Instr Course Lect*. 1995;44:305-13.
59. Duncan CP, Beauchamp C. A temporary antibiotic-loaded joint replacement system for management of complex infections involving the hip. *Orthop Clin North Am*. 1993;24:751-9.
60. Nelson CL. The current status of material used for depot delivery of drugs. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;427:72-8.
61. Hanssen AD, Spangehl MJ. Practical applications of antibiotic-loaded bone cement for treatment of infected joint replacements. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;427:79-85.
62. Hendriks JG, Neut D, van Horn JR, van der Mei HC, Busscher HJ. Bacterial survival in the interfacial gap in gentamicin-loaded acrylic bone cements. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87:272-6.
63. Phelan DM, Osmon DR, Keating MR, Hanssen AD. Delayed reimplantation arthroplasty for candidal prosthetic joint infection: a report of 4 cases and review of the literature. *Clin Infect Dis*. 2002;34:930-8.
64. Brooks DH, Puppato F. Successful salvage of a primary total knee arthroplasty infected with *Candida parapsilosis*. *J Arthroplasty*. 1998;13:707-12.
65. Silverberg D, Kodali P, Dipersio J, Acus R, Askew M. In vitro analysis of antifungal impregnated polymethylmethacrylate bone cement. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;403:228-31.
66. Baumann PA, Cunningham B, Patel NS, Finn HA. *Aspergillus fumigatus* infection in a mega prosthetic total knee arthroplasty: salvage by staged reimplantation with 5-year follow-up. *J Arthroplasty*. 2001;16:498-503.
67. Langer P, Kassim RA, Macari GS, Saleh KJ. *Aspergillus* infection after total knee arthroplasty. *Am J Orthop*. 2003;32:402-4.
68. Greene N, Holtom PD, Warren CA, Ressler RL, Shepherd L, McPherson EJ, Patzakis MJ. In vitro elution of tobramycin and vancomycin polymethylmethacrylate beads and spacers from Simplex and Palacos. *Am J Orthop*. 1998;27:201-5.
69. Penner MJ, Masri BA, Duncan CP. Elution characteristics of vancomycin and tobramycin combined in acrylic bone-cement. *J Arthroplasty*. 1996;11:939-44.
70. Nelson CL, Griffin FM, Harrison BH, Cooper RE. In vitro elution characteristics of commercially and noncommercially prepared antibiotic PMMA beads. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;284:303-9.
71. Neut D, van de Belt H, van Horn JR, van der Mei HC, Busscher HJ. The effect of mixing on gentamicin release from polymethylmethacrylate bone cements. *Acta Orthop Scand*. 2003;74:670-6.

72. Kuehn KD, Ege W, Gopp U. Acrylic bone cements: mechanical and physical properties. *Orthop Clin North Am.* 2005;36:29-39,v-vi.
73. Kuehn KD, Ege W, Gopp U. Acrylic bone cements: composition and properties. *Orthop Clin North Am.* 2005;36:17-28,v.
74. Lewis G, Janna S. The in vitro elution of gentamicin sulfate from a commercially available gentamicin-loaded acrylic bone cement, VersaBond AB. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004;71:77-83.
75. Kuechle DK, Landon GC, Musher DM, Noble PC. Elution of vancomycin, daptomycin, and amikacin from acrylic bone cement. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;264:302-8.
76. Armstrong MS, Spencer RF, Cunningham JL, Gheduzzi S, Miles AW, Learmonth ID. Mechanical characteristics of antibiotic-laden bone cement. *Acta Orthop Scand.* 2002;73:688-90.
77. Seldes RM, Winiarsky R, Jordan LC, Baldini T, Brause B, Zodda F, Sculco TP. Liquid gentamicin in bone cement: a laboratory study of a potentially more cost-effective cement spacer. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:268-72.
78. DeLuise M, Scott CP. Addition of hand-blended generic tobramycin in bone cement: effect on mechanical strength. *Orthopedics.* 2004;27:1289-91.
79. Klekamp J, Dawson JM, Haas DW, DeBoer D, Christie M. The use of vancomycin and tobramycin in acrylic bone cement: biomechanical effects and elution kinetics for use in joint arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1999;14:339-46.
80. Askew MJ, Kufel MF, Fleissner PR Jr, Gradisar IA Jr, Salstrom SJ, Tan JS. Effect of vacuum mixing on the mechanical properties of antibiotic-impregnated polymethylmethacrylate bone cement. *J Biomed Mater Res.* 1990;24:573-80.
81. Anagnostakos K, Kelm J, Regitz T, Schmitt E, Jung W. In vitro evaluation of antibiotic release from and bacteria growth inhibition by antibiotic-loaded acrylic bone cement spacers. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005;72:373-8.
82. Alt V, Bitschnau A, Osterling J, Sewing A, Meyer C, Kraus R, Meissner SA, Wenisch S, Domann E, Schnettler R. The effects of combined gentamicin-hydroxyapatite coating for cementless joint prostheses on the reduction of infection rates in a rabbit infection prophylaxis model. *Biomaterials.* 2006;27:4627-34.
83. van Raaij TM, Visser LE, Vulto AG, Verhaar JA. Acute renal failure after local gentamicin treatment in an infected total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2002;17:948-50.
84. Ceffa R, Andreoni S, Borre S, Ghisellini F, Fornara P, Brugo G, Ritter MA. Mucoraceae infections of antibiotic-loaded cement spacers in the treatment of bacterial infections caused by knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2002;17:235-8.
85. Hsieh PH, Shih CH, Chang YH, Lee MS, Shih HN, Yang WE. Two-stage revision hip arthroplasty for infection: comparison between the interim use of antibiotic-loaded cement beads and a spacer prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:1989-97.
86. Bergmann G, Deuretzbacher G, Heller M, Graichen F, Rohlmann A, Strauss J, Duda GN. Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *J Biomech.* 2001;34:859-71.

TABLA I Clasificación y tratamiento de la infección en el sitio de una artroplastia total de cadera o de rodilla

Tipo	Presentación	Definición	Tratamiento
I	Infección posoperatoria aguda	Infección aguda dentro de las 4 semanas de posoperatorio	Desbridamiento con conservación de la prótesis, antibióticos intravenosos
II	Infección crónica tardía	Infección crónica indolente, \geq 4 semanas después de la operación	Revisión en dos tiempos
III	Infección hematógena aguda	Infección de comienzo agudo del sitio de un artroplastia que previamente funcionaba bien	Desbridamiento con conservación de la prótesis, antibióticos intravenosos
IV	Cultivo intraoperatorio positivo	\geq 2 cultivos intraoperatorios positivos	Una tanda de antibióticos apropiados

Fig. 1-A

Fig. 1-B

Radiografías de frente (Fig. 1-A) y perfil (Fig. 1-B) que muestran un espaciador de rodilla no articulado hecho a mano con cemento impregnado de antibiótico en un paciente con un gran defecto óseo y ruptura del tendón rotuliano después de la extracción de los componentes de una prótesis total de rodilla debido a infección.

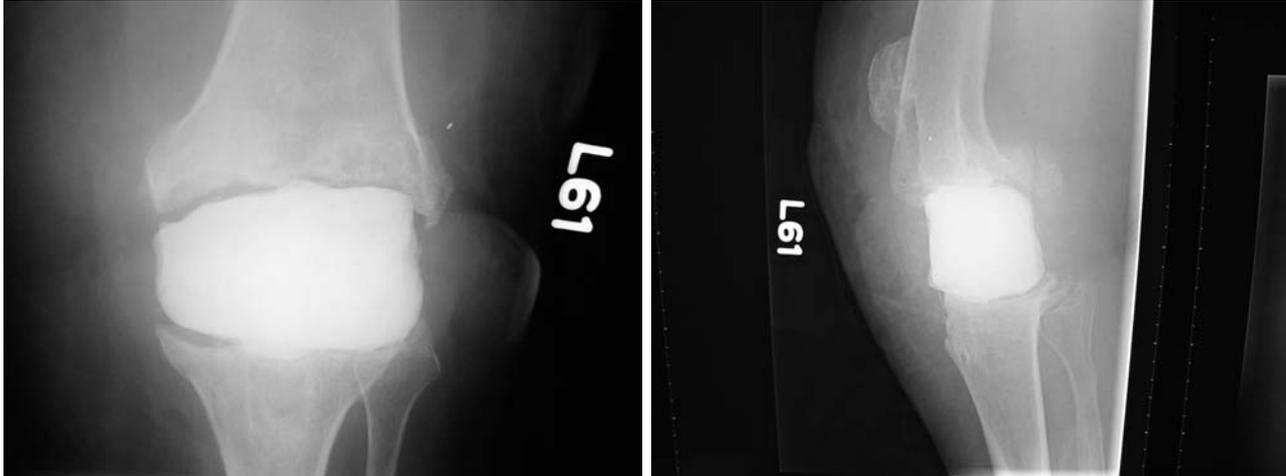


Fig. 2-A

Fig. 2-B

Fig. 2-A Radiografía que muestra una prótesis total de cadera asociada con una infección. Fig. 2-B Fotografía intraoperatoria de un espaciador de cadera articulado hecho a mano con cemento óseo de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico y una clavija de Rush como refuerzo. Fig. 2-C Radiografía posoperatoria que muestra un espaciador de cadera articulado hecho a mano, en el mismo paciente después de la extracción de los componentes de la prótesis total de cadera que estaban asociados con infección.



Fig. 2-C

El sistema de cadera PROSTALAC consiste en un componente acetabular de polietileno cementado, adaptado a presión, con un endoesqueleto de metal, una cabeza femoral y un centralizador que se introducen en un molde y se llenan con cemento impregnado de antibiótico para crear el implante.



Fig. 3

El sistema de rodilla PROSTALAC, un espaciador de rodilla comercial, tiene componentes femoral y tibial fabricados de cemento óseo Palacos impregnado de antibiótico, con una pequeña superficie articular metal-polietileno.



Fig. 4

El sistema de cadera PROSTALAC está conformado por un componente acetabular cementado, íntegramente de polietileno, con cierre a presión, un endoesqueleto de metal, una cabeza femoral y un centralizador que se inserta en un molde y se rellena con cemento impregnado en antibiótico para crear el implante.



Fig. 5-A

Fig. 5-B

Figs. 5-A, 5-B y 5-C Un espaciador de rodilla articulado hecho a mano en un paciente con un gran defecto óseo después de la extracción de los componentes de la prótesis total de rodilla debido a infección. Fig. 5-A Moldeado de la copa tibial de cemento. Fig. 5-B Moldeado del espaciador femoral distal, que tiene forma esférica para articularse con la copa tibial.

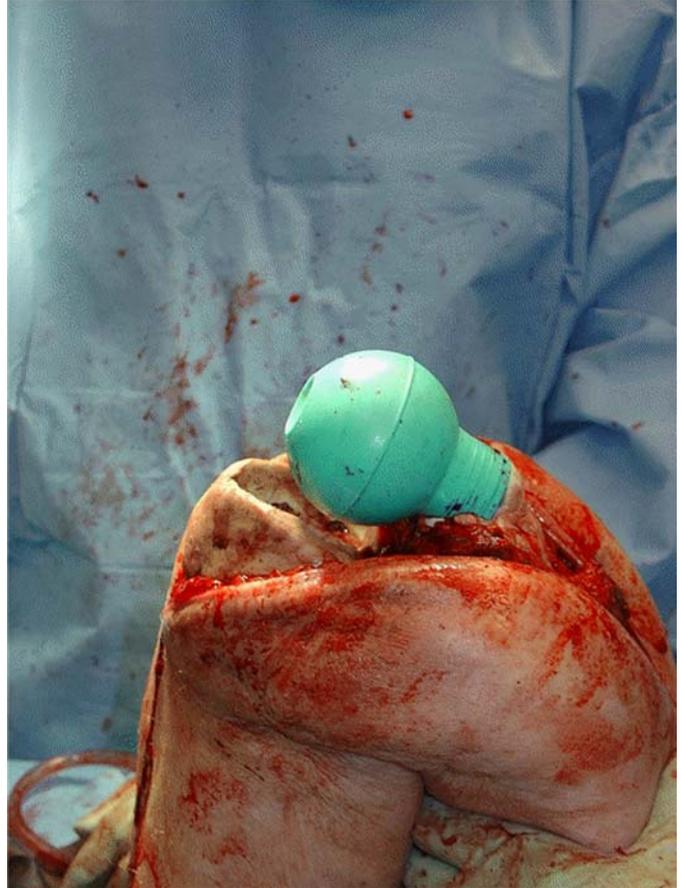


Fig. 5-C

Espaciador de rodilla articulado hecho a mano terminado.

