



## REVISIÓN

Artículo bilingüe español / inglés

Rev Esp Podol. 2025;36(1):67-74

DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/revesppod.2025.1718/2024>

## Efectividad del uso de cemento óseo en el tratamiento de osteomielitis en pie diabético

*Effectiveness of the use of bone cement in the treatment of diabetic foot osteomyelitis*

Alicia Fernández-Osuna<sup>1</sup>, Mateo López-Moral<sup>2</sup>, Marta García-Madrid<sup>2</sup>, Raúl J. Molines-Barroso<sup>2</sup>, Yolanda García-Álvarez<sup>2</sup> y José Luis Lázaro-Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante Máster Formación Permanente en Pie Diabético. Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid, España. <sup>2</sup>Unidad de Pie Diabético. Clínica Universitaria de Podología. Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid, España

### Palabras clave:

Osteomielitis, pie diabético, cemento óseo, úlcera pie diabético, pie de Charcot.

### Keywords:

Osteomyelitis, diabetic foot, bone cement, diabetic foot ulcer, Charcot foot.

## Resumen

La presencia de osteomielitis en el pie diabético presenta un desafío significativo en términos de curación, aumentando el riesgo de complicaciones graves y pudiendo derivar en amputaciones. El cemento óseo con antibióticos ha surgido como una alternativa prometedora, ofreciendo resultados favorables en la erradicación de infecciones, aceleración de la curación y preservación de extremidades. Su mecanismo de acción combina la liberación local y sostenida de antibióticos, el relleno de cavidades óseas y la estimulación del crecimiento óseo. El presente trabajo realiza una revisión bibliográfica sobre los estudios que han evaluado su eficacia en combinación con otras terapias, mostrando resultados positivos en la erradicación de infecciones, la reducción del tiempo de hospitalización y la preservación de extremidades. El cemento óseo ha sido efectivo en el tratamiento de infecciones del antepié y úlceras en el pie de Charcot. Además, ha demostrado ser un complemento con resultados prometedores en la cirugía para la reconstrucción y tratamiento de la osteomielitis.

## Abstract

The presence of osteomyelitis in the diabetic foot presents a significant challenge in terms of healing, increasing the risk of serious complications and potentially leading to amputations. Antibiotic bone cement has emerged as a promising alternative, offering favorable results in eradicating infections, accelerating healing, and preserving limbs. Its mechanism of action combines local and sustained release of antibiotics, filling of bone cavities, and stimulation of bone growth. The present paper is bibliographic review about studies that evaluate its efficiency in combination with other therapies, showing positive results in the eradication of infections, the reduction of hospitalization time and the preservation of limbs. Bone cement has been effective in treating forefoot infections and ulcers in Charcot's foot. In addition, it has proven to be an effective complement in surgery for the reconstruction and treatment of osteomyelitis.

Recibido: 05-11-2024

Aceptado: 15-01-2025



0210-1238 © Los autores. 2025.  
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.  
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional  
([www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/](http://www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Correspondencia:

Mateo López-Moral  
matlopez@ucm.es

## Introducción

El pie diabético es una complicación grave de la diabetes mellitus (DM) que afecta a millones de personas en todo el mundo<sup>1,2</sup>. Se caracteriza por la presencia de úlceras e infecciones que pueden llevar a amputaciones si no se tratan adecuadamente<sup>3</sup>. La osteomielitis, una infección del hueso, es una de las complicaciones más comunes y graves en los pacientes con pie diabético<sup>4</sup>. Esta afección puede resultar en una pérdida significativa de la calidad de vida y altos costes en atención médica<sup>5-7</sup>.

El cemento óseo, tradicionalmente utilizado en cirugía ortopédica para la fijación de implantes y reparación de fracturas, ha demostrado tener potencial para tratar infecciones óseas asociadas con el pie diabético<sup>7,8</sup>. Este material no solo proporciona soporte mecánico a las estructuras óseas comprometidas, sino que también actúa como vehículo para la liberación sostenida de antibióticos en el sitio de la infección, lo cual es crucial para combatir la infección y prevenir su recurrencia, especialmente en áreas donde el flujo sanguíneo está comprometido debido a la enfermedad arterial periférica (EAP), común en estos pacientes<sup>9,10</sup>.

Además de su papel en la administración de antibióticos, el cemento óseo ayuda a estabilizar el sitio de la úlcera y facilita el crecimiento de nuevo tejido óseo, acelerando la cicatrización<sup>11,12</sup>. Algunos estudios también sugieren que el cemento óseo puede integrarse con otras terapias, como la terapia de presión negativa, para mejorar los resultados clínicos<sup>13-15</sup>.

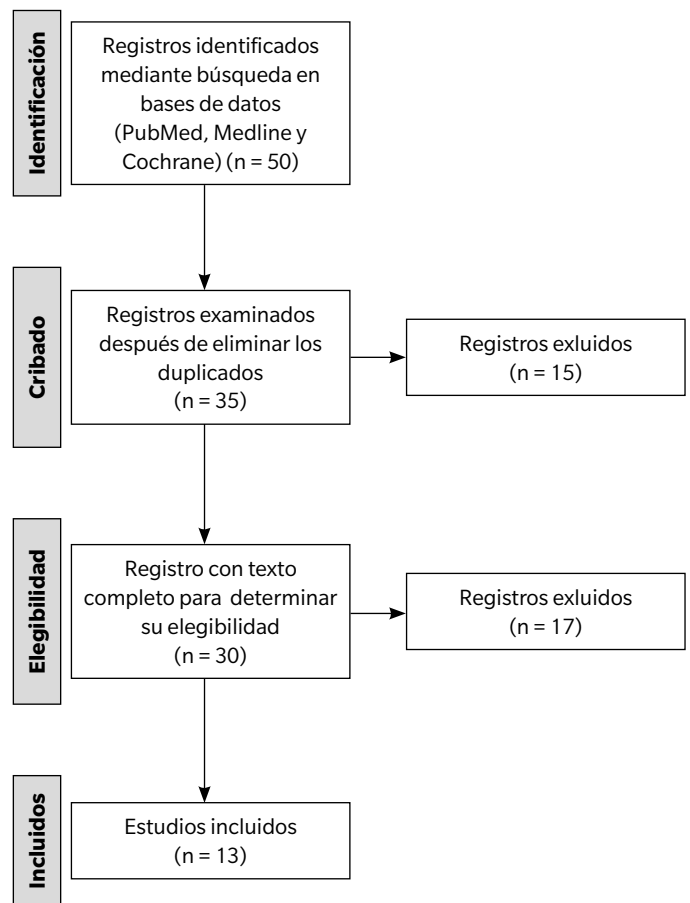
El diagnóstico de osteomielitis en el pie diabético se basa en evaluaciones clínicas, radiológicas y de laboratorio, lo que hace que la identificación oportuna de la infección sea crucial para el tratamiento adecuado<sup>16</sup>. En casos donde la infección es grave, combinar cirugía con el uso de cemento óseo impregnado de antibióticos ha mostrado una alta tasa de éxito en la preservación de extremidades, evitando amputaciones<sup>17,18</sup>.

Este trabajo tiene como propósito analizar el potencial del cemento óseo para facilitar la regeneración ósea, promover la angiogénesis y liberar antibióticos de forma local ante los casos de osteomielitis en el ámbito del pie diabético por medio de una revisión bibliográfica. Se espera que estas propiedades contribuyan a controlar la infección y acelerar la cicatrización, lo que podría traducirse en una mejor calidad de vida para los pacientes.

## Material y métodos

### Búsqueda bibliográfica

Se realizó una búsqueda en tres bases de datos electrónicas para encontrar estudios relevantes sobre la efectividad y el uso de cemento óseo para la curación de úlceras de pie diabético. La revisión se llevó a cabo del 1 de marzo de 2024 al 21 de abril de 2024. Los términos clave utilizados fueron "diabetic foot ulcer", "osteomielitis", "bone cement" y "diabetic foot". Estos términos se combinaron utilizando el operador booleano "AND", formando estrategias de búsqueda como: "bone cement AND diabetic foot ulcer", "bone cement AND osteomielitis" y "bone cement AND diabetic foot". El diagrama de flujo del método de búsqueda está presentado en el Figura 1.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la selección, clasificación y validación de los artículos elegidos.

### Criterios de selección

#### Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión del estudio fueron artículos publicados entre 2010 y 2024 en español, inglés, chino, alemán, italiano y portugués. Los tipos de artículos fueron metanálisis, ensayos controlados aleatorizados, artículos de revista, estudios comparativos y estudios de casos relacionados con el uso de cemento óseo en el tratamiento de complicaciones y/o lesiones del pie diabético. Se incluyeron estudios que combinaban el cemento óseo con otros métodos de tratamiento como colgajos o cierre asistido por vacío. Únicamente se incluyeron estudios en los que los sujetos de estudio presentaran úlceras con presencia de osteomielitis.

#### Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión fueron estudios centrados en patología venosa y que no estuvieran directamente relacionados con el uso de cemento óseo para el tratamiento del pie diabético, cartas al editor, editoriales, comentarios o informes, documentos anteriores a 2010 y estudios donde los tratamientos para la osteomielitis no involucraran cemento óseo.

**Selección de literatura y extracción de datos**

Uno de los autores del artículo seleccionó la literatura adecuada, en base a los criterios de inclusión, para el presente estudio. Con base

en nuestras preguntas de investigación, se creó una tabla de datos para registrar autores, año, revista, diseño del estudio, objetivos y resultados de cada artículo. Además, se creó una tabla que resume las características de la lesión, la duración y el tratamiento de cada estudio (Tabla I).

**Tabla I. Resumen de las características de la muestra.**

Autores	Número de pacientes	Edad media (años)	Úlcera y/o complicación	Tiempo de evolución previo al tratamiento	Tiempo de evolución posterior al tratamiento	Tratamiento	Otros datos
Sun y cols.	32		UPD, O, Wagner 3-4	Periodo significativo de evolución previo al tratamiento No se menciona de forma explícita	G. Estudio: 44.20 ± 16.72 días G. Control: 64.00 ± 29.85 días	Cemento óseo con cefoperazona/sulbactam, vancomicina o gentamicina + terapia de presión negativa	Tasa de infección: GE: 6.67 % GC: 47.06 %
Huang y cols.	11 hombres y 7 mujeres	53-79	UPD, O	Entre 3 y 41 días antes del tratamiento con cemento óseo	Estancia hospitalaria: 9 ± 3 días Número de operaciones: 1.3 ± 0.6 operaciones	Cemento óseo con gentamicina o vancomicina	Disminución del número de pacientes con cultivo bacteriano positivo
Mendame Ehya y cols.	36 repartidos en dos grupos A: control / B:		UPD, O, Wagner 3-4	Periodo significativo de evolución previo al tratamiento No se menciona de forma explícita	El grupo de estudio disminuye la estancia hospitalaria, la tasa de complicaciones y la recurrencia infecciosa	A: drenaje sellado al vacío B: cemento óseo cargado con cefoperazona/sulbactam, vancomicina o gentamicina	
Melamed y cols.	23	60.3 ± 13.4	O, infección grave del antepié	Periodo significativo de evolución previo al tratamiento No se menciona de forma explícita	21 pacientes sanaron 2 requirieron amputación SCA permanente en 10 pacientes	Cemento óseo con gentamicina o vancomicina, desbridamiento meticuloso extenso y colocación de SCA para llenar el espacio	
Yang y cols.	EXP: 40 CON: 20		UPD, O, Wagner 3-4	Periodo significativo de evolución previo al tratamiento No se menciona de forma explícita	EXP: mejoría en la cicatrización de las heridas y en las tasas de amputación	Cemento óseo con vancomicina + terapia de presión negativa	Aumento de ROCK1 en el tejido cicatrizado
Dalla Paola y cols.	28		UPD, O en primera articulación metatarsofalángica	No se menciona de forma explícita	4 pacientes recayeron en la ulceración Periodo de seguimiento sin recaídas ulcerosas	Desbridamiento quirúrgico con extracción del hueso infectado. Colocación del cemento óseo cargado con gentamicina o vancomicina. Estabilización del área tratada con un fijador externo	
Dai y cols.	52 PMMA: 22 Control: 30		UPD, O	El grupo PMMA tenía heridas con una duración que oscila entre los 16 y 55 días	PMMA: 100 % de cicatrización y 35.57 ± 3.77 días Control: 93.3 % de cicatrización y (44.37 ± 7.44) días	Grupo control: desbridamiento regular de la herida Grupo PMMA: cemento óseo con gentamicina o vancomicina y desbridamiento regular de la herida	

(Continúa en la página siguiente)

Tabla I (Cont.). Resumen de las características de la muestra.

Autores	Número de pacientes	Edad media (años)	Úlcera y/o complicación	Tiempo de evolución previo al tratamiento	Tiempo de evolución posterior al tratamiento	Tratamiento	Otros datos
Jiang y cols.	1		UPD crónica complicada por O por deformidad del pie	4 meses	Cicatrización exitosa	Implante de cemento óseo con vancomicina, terapia de presión negativa y gel autólogo rico en plaquetas	
Cao y cols.	Grupo cemento óseo (G1): 7 hombres y 5 mujeres Grupo sulfadiazina de plata (G2): 12	64 ± 8	UPD, O, Wagner 3-4	G1: 55 días G2: 58 días	Cicatrización G1: (47.1 ± 2.9) días G2: (58.8 ± 2.3) días	G1: cemento óseo con gentamicina G2: sulfadiazina de plata	Área de úlcera antes de tratamiento: (41 ± 21) cm <sup>2</sup>
Hong CC	1	53	UPD en pie de Charcot con O	8 meses	Tratamiento exitoso	Reconstrucción del mediopie con espaciador de cemento óseo impregnado con vancomicina	
Kavarthapu y cols.	G1: 17 G2: 37		G1: UPD, O G2: cirugía de reconstrucción para pie de Charcot deformado con O	No se menciona de forma específica	G1: 87 % erradicación completa de la infección G2: 76 % tasa de consolidación	Grupo 1, con úlcera infectada, tratado solo con desbridamiento radical Grupo 2: cirugía de reconstrucción con Cerament G	Tasa de mortalidad: 11 % G2: cinco pacientes requirieron segundas intervenciones quirúrgicas
Niazi y cols.	70	68	UPD, O. Texas Grado 3B y 3D	No se menciona de forma específica	63 pacientes en 12 semanas erradicaron la infección. 7 pacientes no curaron	Desbridamiento + Cerament G y Cerament V	Periodo de seguimiento medio: 10 meses. 5 pacientes requirieron Amputación por debajo de la rodilla
Quin y cols.	46	Grupo de sulfato de calcio (CS): 59.2 años (rango 43-76 años) Grupo de control: 61.8 años (rango 47-83 años)	UPD, O. Texas Grado 3B y 3D	Duración media de la osteomielitis: Grupo CS: 15 semanas Grupo control: 17 semanas	Grupo CS: 13.3 semanas Grupo control: 11.2 semanas.	Sulfato de calcio + vancomicina (0.5 g con 5 ml de sulfato de calcio) y/o gentamicina (80 mg con 5 ml de sulfato de calcio)	Tasa de curación postoperatoria: Grupo CS: 90.0 % (18/20 extremidades). Grupo control: 78.6 % (22/28 extremidades)

UPD: úlcera de pie diabético. O: osteomielitis.

### Evaluación de la calidad de los estudios incluidos (Directrices STROBE)

Se analizaron los datos recopilados de todos los artículos. Como la mayoría de los artículos incluidos eran estudios retrospectivos y ensayos controlados aleatorizados, la evaluación de calidad se basó en las pautas estándar de STROBE para garantizar una presentación de alta calidad de los estudios observacionales.

Los evaluadores evaluaron la adecuación de los elementos informados utilizando la lista de verificación de las pautas STROBE, que proporciona un marco para la integridad y la transparencia. La lista de verificación de las pautas STROBE tiene 22 elementos, incluidos los elementos 1 (título y resumen), 2 y 3 (introducción), 4-12 (métodos), 13-17 (resultados), 18-21 (discusión) y 22 (financiamiento y patrocinio). Los resultados del análisis se encuentran en el Tabla II.

**Tabla II. Evaluación de la calidad de los estudios incluidos (Directrices STROBE).**

	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Sun y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No
Huang y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No
Mendame Ehya y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Yang y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Melamed y cols.	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No
Dalla y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No
Cao y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No
Jiang y cols.	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	No	Sí
Hong y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	-	-	-	Sí	Sí	-	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Kavarthapu y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Nianzi y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Quin y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Dai y cols.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No

**Análisis**

Dado que los estudios incluidos tienen una gran heterogeneidad en el diseño de la investigación, el tiempo de la encuesta y los indicadores de resultados, sería difícil realizar un análisis cuantitativo, por lo que solo se realizaron análisis cualitativos.

**Resultados**

**Recuperación de la literatura**

Una vez aplicados los criterios de exclusión e inclusión se seleccionaron un total de 13 artículos. La Figura 1 representa la selección de artículos a través de un diagrama de flujo.

**Características de los estudios incluidos**

Se incluyen un total de 13 documentos publicados entre 2012-2024. Entre ellos se encuentran: 3 ensayos controlados aleatorizados, 3 ensayos retrospectivos, 1 ensayo multicéntrico, 2 estudios de casos, 2 estudios comparativos, 1 estudio de cohorte y 1 ensayo clínico.

Los 13 artículos incluyen un total de 444 pacientes con úlceras de pie diabético con presencia de osteomielitis. La etiología de las lesiones fue de naturaleza neuroisquémica en la mayoría de los casos, aunque algunos artículos incluyeron UPD (úlceras de pie diabético) neuropáticas e isquémicas

Sun y cols.<sup>19</sup>, en su estudio retrospectivo, demostraron la superioridad de la combinación de cemento óseo impregnado de antibiótico y terapia asistida por vacío (VAC) en el tratamiento de úlceras de Wagner 3-4. Los hallazgos indicaron que el tiempo medio de curación del grupo de estudio (44.20 ± 16.72 días) fue inferior al del grupo de control (64.00 ± 29.85 días) (p < 0.05). El índice de infección del grupo de estudio el décimo día posterior a la operación fue inferior al del grupo de control (6.67 %, 47.06 %, p < 0.05). No se observaron diferencias

estadísticamente relevantes entre los dos grupos respecto a complicaciones de sangrado y necrosis posteriormente. Esta combinación terapéutica resultó en una reducción significativa en el tiempo de curación y una tasa de infección notablemente menor en comparación con los tratamientos convencionales. Los resultados de este estudio subrayan el potencial de esta estrategia para mejorar los resultados clínicos en pacientes con úlceras graves del pie diabético.

Huang y cols.<sup>20</sup> señalan que el tratamiento con cemento óseo antibiótico ha demostrado ser efectivo en la disminución de la cantidad de pacientes con bacterias en las lesiones postoperatorias, además de reducir la necesidad de intervenciones quirúrgicas extra. Adicionalmente, se notó una disminución en el tiempo de permanencia en el hospital de los pacientes que fueron tratados con este procedimiento.

En una investigación aleatoria controlada, Mendame Ehya Re y cols.<sup>21</sup> contrastaron la efectividad del cemento óseo impregnado con antibióticos con el tratamiento tradicional en pacientes con osteomielitis vinculada a infección del pie diabético en relación con su resultado primario. Los hallazgos mostraron que, en los pacientes con úlceras de pie diabéticas complicadas con osteomielitis, la aplicación de cemento óseo impregnado con antibióticos aceleró de manera notable la curación de la lesión, disminuyendo el tiempo promedio hasta la curación total y, por ende, la permanencia en el hospital. Además, se observó una notable disminución del dolor y una mayor expulsión de los agentes infecciosos en comparación con el grupo de control que fue tratado a través de drenaje al vacío.

El estudio de Yang y cols.<sup>22</sup> proporcionó una nueva perspectiva al investigar los mecanismos moleculares que subyacen a la acción del cemento óseo. La investigación contrastó dos terapias para úlceras en el pie diabético: una que incluyó cemento óseo, antibióticos y terapia de presión negativa, y otra que solo utilizó terapia de presión negativa. Los hallazgos indicaron que el primer grupo, que se sometió al cemento óseo con antibióticos, presentó un ritmo de cicatrización considerablemente superior, una tasa de amputación reducida y niveles de inflamación más bajos. Adicionalmente, se registró una reducción en la presencia de bacterias en las lesiones de este grupo. Esto indica que la combinación de cemento óseo con antibióticos

y terapia de presión negativa podría resultar una táctica más eficaz para tratar las úlceras en el pie diabético y fomentar la cicatrización, disminuyendo de esta manera la necesidad de amputación.

Melamed y cols.<sup>23</sup> evaluaron la eficacia del cemento óseo impregnado con antibióticos en el tratamiento de la osteomielitis y la infección grave del antepié. La investigación contrastó dos métodos para aliviar úlceras en el pie diabético con infección ósea (osteomielitis): la aplicación de cemento óseo con antibióticos y el drenaje por vacío. Los hallazgos indicaron que el cemento óseo con antibióticos resultó considerablemente más eficaz en fomentar la cicatrización de las lesiones, disminuyendo el dolor, el periodo hospitalario y la necesidad de modificaciones en el vendaje. Adicionalmente, este tratamiento condujo a una eliminación más efectiva de las bacterias responsables de la infección. Para concluir, la investigación indica que el cemento óseo con antibióticos es una alternativa terapéutica alentadora para el tratamiento de úlceras en el pie diabético con osteomielitis, proporcionando resultados clínicos superiores al drenaje por vacío.

El estudio de Dalla Paola y cols.<sup>24</sup> se centra en el uso de cemento óseo en pacientes con úlceras del primer radio y *Probe to Bone* (PTB) positivo. La investigación evidenció un elevado porcentaje de éxito en la cura de heridas, llegando al 96.4 % de los pacientes tratados. No obstante, se detectaron ciertos problemas, como la dehiscencia de la herida (apertura de la incisión), ulceración en la zona quirúrgica y la recurrencia de la ausencia de flujo sanguíneo en el tejido (isquemia crítica), todos estos impactaron a un porcentaje relativamente reducido de pacientes. Además, un reducido grupo de pacientes necesitó una amputación parcial del pie y se reportaron ciertas deformidades en los dedos. Por lo general, los hallazgos indican que el método conservador presentado podría ser una alternativa factible para tratar úlceras en el pie diabético con infección ósea en el dedo gordo. Sin embargo, se necesitan investigaciones más extensas para corroborar estos descubrimientos y valorar a los beneficios y riesgos de este procedimiento.

Cao y cols.<sup>25</sup> compararon la eficacia del cemento óseo a base de gentamicina y la sulfadiazina de plata en el tratamiento de las úlceras del pie diabético. Los hallazgos indicaron que el cemento óseo con antibióticos resultó considerablemente más eficaz en fomentar la cicatrización de las lesiones, disminuyendo el dolor, el periodo hospitalario y la necesidad de modificaciones en el vendaje. Adicionalmente, este tratamiento condujo a una eliminación más efectiva de las bacterias responsables de la infección.

Dai y cols.<sup>26</sup> relacionan el uso de cemento óseo junto con desbridamiento *versus* desbridamiento solo. Los hallazgos de la investigación revelaron que el grupo tratado con PMMA exhibió un índice de curación de la herida notablemente superior (100 %) en comparación con el grupo de control (93.3 %). Adicionalmente, el tiempo medio de curación fue inferior en el grupo de PMMA (polymethyl methacrylate) (35.32 días) en comparación con el grupo de control (44.37 días). Respecto a los métodos de desbridamiento, se necesitó un número medio inferior en el grupo de PMMA (1.50) en comparación con el grupo de control (2.13). Finalmente, se registró un índice más bajo de amputaciones en el grupo de PMMA, con 5 amputaciones menores, en contraste con el grupo de control, donde se registraron 8 amputaciones menores y 2 mayores.

A través de un caso clínico, Jiang y cols.<sup>27</sup> ilustraron la importancia de la evaluación biomecánica y el uso de calzado terapéutico en el tratamiento de úlceras del pie diabético. El tratamiento comprendió la extracción quirúrgica del tejido necrótico, la aplicación de cemento

óseo con antibiótico para luchar contra la infección y la terapia de presión negativa (NPWT) para fomentar la cicatrización. Adicionalmente, se empleó gel orgánico rico en plaquetas (APG) para impulsar la regeneración de los tejidos. Luego de 5 meses de terapia, la úlcera se cerró totalmente y no se registró recurrencia durante el seguimiento de 1 mes y 1 año.

Hong y cols.<sup>28</sup> presentaron un caso clínico en el que utilizaron una combinación de técnicas quirúrgicas, incluido el uso de cemento óseo impregnado de antibiótico, para tratar una deformidad de Charcot complicada. Los hallazgos de la investigación indican que la reconstrucción del pie a través de la fusión del retropie y un espaciador de cemento impregnado con antibiótico, junto con un colgajo adipofascial para llenar el defecto de tejido, resultó exitosa. A las 8-12 semanas después de la cirugía, se notó la unión ósea en la fusión tibio-calcánea y la completa cicatrización del colgajo, lo que permitió que la paciente empezara a levantar peso de manera gradual. A los 6 meses, pudo andar con un bastón y, después de un seguimiento de más de dos años, continuaba ambulatorio sin requerir ayudas extra, sin sufrir dolor y manteniendo un buen rendimiento del pie. El espaciador no solo contribuyó a la estabilidad estructural, sino que también permitió un cierto rango de movimiento residual en el antepié, lo que resultó en un resultado funcional gratificante y satisfactorio, evitando complicaciones como infecciones recurrentes o infecciones.

En el caso de los estudios llevados a cabo por Kavarthapu y cols.<sup>29</sup> y Niazi y cols.<sup>30</sup> se evalúa el uso del cemento óseo como tratamiento adyuvante para el tratamiento de las úlceras en el pie diabético con osteomielitis. En ambos escenarios, se registró un elevado índice de éxito en la cura de las heridas, lo que indica que este método podría establecerse como un estándar de atención para este tipo de heridas. Además, se registró una disminución notable en el dolor postoperatorio y una reducción en el tiempo de internación, lo que resulta en un avance significativo en la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, las investigaciones también mostraron la existencia de ciertas complicaciones, como la dehiscencia de la lesión, la ulceración en el lugar de la cirugía y la recurrencia de la isquemia crítica. A pesar de que estas complicaciones no fueron comunes, resaltan la importancia de una elección meticulosa de los pacientes y un monitoreo estricto postoperatorio. Otro hallazgo común en ambos estudios fue la aparición de deformidades en algunos pacientes, como hallux valgus y dedos en martillo.

Qin y cols.<sup>31</sup> compararon el uso de sulfato de calcio impregnado con antibióticos y la resección ósea sola. Los hallazgos indicaron que, pese a que ambas tácticas alcanzaron índices de curación parecidos (90 % en el grupo con sulfato de calcio y 78.6 % en el grupo de control), el grupo tratado con sulfato de calcio no experimentó una reaparición de la infección, en cambio, el 36.4 % del grupo de control sí la experimentó. El tiempo de curación y la tasa de amputación no presentaron variaciones importantes entre los grupos.

## Discusión

La revisión bibliográfica proporcionada evalúa ampliamente la eficacia del cemento óseo en el tratamiento de las úlceras del pie diabético (UPD) y las infecciones asociadas. Los estudios demuestran consistentemente resultados positivos en términos de tasas de curación, reducción de la hospitalización y disminución de las tasas de amputación.

Sun y cols.<sup>19</sup> observaron una reducción significativa en el tiempo de curación de la herida al combinar el cemento óseo con la terapia de presión negativa (TPN) en comparación con la TPN sola. Este efecto sinérgico sugiere que el cemento óseo puede mejorar el entorno de curación de la herida.

Huang y cols.<sup>20</sup> y Mendame Ehya y cols.<sup>21</sup> corroboraron estos hallazgos, señalando no solo una curación acelerada sino también una disminución del dolor, menos cambios de apósito y una superficie de la herida más pequeña. Además, estos estudios destacaron una menor tasa de complicaciones asociada con el uso de cemento óseo.

Melamed y cols.<sup>23</sup> informaron tasas de curación de hasta el 91.3 % en pacientes con osteomielitis e infección grave del antepié tratados con cemento óseo, lo que respalda aún más su eficacia en el tratamiento de infecciones complejas.

Los mecanismos subyacentes que contribuyen a los efectos beneficiosos del cemento óseo en el tratamiento del pie diabético incluyen su capacidad para administrar antibióticos localmente, combatiendo la infección y previniendo la recurrencia; su papel como andamio para el crecimiento de tejido nuevo, acelerando la cicatrización de heridas; y su capacidad para rellenar defectos óseos causados por osteomielitis, promoviendo la regeneración ósea.

Mendame Ehya y cols.<sup>21</sup> encontraron tasas de amputación significativamente más bajas en el grupo de cemento óseo en comparación con los controles, lo que enfatiza el potencial de este tratamiento para preservar las extremidades. Hong y cols.<sup>28</sup> y Kavarthapu y cols.<sup>29</sup> demostraron de manera similar la capacidad del cemento óseo para salvar las extremidades en casos de osteomielitis y deformidad del pie de Charcot.

Qin y cols.<sup>31</sup> informaron una menor recurrencia de la infección y el posterior riesgo de amputación con el uso de cemento óseo, destacando sus beneficios a largo plazo.

El cemento óseo ofrece varias ventajas sobre los antibióticos sistémicos, incluida su capacidad para administrar concentraciones más altas de antibióticos en el sitio de la infección, lo que garantiza una eliminación eficaz de las bacterias; sus efectos secundarios sistémicos reducidos debido a la administración localizada del fármaco; y su facilidad de aplicación, requiriendo mínimos cuidados postoperatorios.

El cemento óseo con antibióticos se utiliza como un tratamiento temporal y es retirado antes de proceder con el injerto de piel o el cierre definitivo de la úlcera. Este enfoque se realiza después de que se haya logrado controlar la infección y se haya promovido la formación de tejido de granulación. La duración del uso del cemento óseo depende del estado de la úlcera, pero típicamente se mantiene durante 7 a 10 días aproximadamente dependiendo del estado de la úlcera antes de su remoción.

Posterior a su retiro, se evalúa la calidad del tejido de granulación, y si las condiciones son óptimas, se realiza el injerto de piel o la intervención quirúrgica final para cerrar la úlcera. El cemento óseo, por lo tanto, no permanece en el cuerpo a largo plazo, ya que su propósito es actuar como un soporte local antibacteriano y promotor de la cicatrización mientras está colocado. Sin embargo, en algunos casos como puede ser el estudio de Mendame Ehya Re y cols.<sup>21</sup> después de aproximadamente 3 semanas, el cemento comenzó a degradarse o a reducirse en tamaño, dejando un recubrimiento fino en la superficie de la úlcera y promoviendo la formación de tejido saludable. Esto sugiere que el retiro puede no ser necesario en algunos casos,

ya que el cemento se degrada gradualmente, pero en otros se retira manualmente durante un procedimiento secundario. En los casos donde se utiliza Çerament como es el estudio de Niazi y cols.<sup>30</sup>, el cemento libera altas concentraciones de antibiótico (gentamicina en este caso) durante aproximadamente 28 días, combatiendo eficazmente la infección. El sulfato de calcio se disuelve primero, liberando el antibiótico y dejando una estructura porosa de hidroxiapatita. La hidroxiapatita actúa como un andamiaje osteoconductor, fomentando la formación de hueso nuevo.

En los casos de cemento óseo en el que se utiliza polimetilmetacrilato (PMMA) como es el caso del estudio de Hong y cols.<sup>28</sup>. Se utiliza un cemento no biodegradable ampliamente usado en aplicaciones ortopédicas por su capacidad de proporcionar soporte estructural duradero y ser moldeado para adaptarse a defectos óseos. El cemento se moldea como un bloque para llenar la cavidad creada tras la resección de hueso avascular y desvitalizado. Su función principal es doble: liberación localizada de altas concentraciones de antibiótico para tratar la osteomielitis y proporcionar estabilidad estructural para permitir la cicatrización de tejidos blandos y la funcionalidad del pie. Este enfoque permitió un tratamiento efectivo de la infección y la estabilización del pie, sin necesidad de retirar el cemento en el seguimiento a largo plazo en este caso 2 años y 8 meses, el espaciador permanecía *in situ*, con evidencia de resolución de la infección y buena fusión ósea entre el calcáneo y la tibia. No se observó pérdida significativa de hueso ni complicaciones relacionadas con el cemento. Aunque el PMMA se sigue utilizando en casos seleccionados, está siendo progresivamente desplazado por materiales biodegradables que ofrecen menos complicaciones y una mayor eficacia en el manejo del pie diabético.

## Conclusiones

El cemento óseo con antibióticos podría ser un tratamiento eficaz para el manejo del pie diabético en casos de osteomielitis. Algunos estudios señalan que el cemento óseo sería eficaz en la redistribución de la presión, proporcionando estabilidad, especialmente en casos de pie de Charcot. En base a la literatura revisada, el cemento óseo promovería la cicatrización de úlceras y prevendría complicaciones graves como la amputación. Además, el uso de cemento óseo reduce la carga bacteriana ya que el antibiótico se deposita localmente en el área afectada, lo que conduciría a una reducción de los síntomas de infección y evitaría la posible toxicidad sistémica. Finalmente, se prevé que los efectos del cemento óseo se potenciarán cuando se combine con otras terapias indicadas para el manejo del pie diabético, como la terapia de presión negativa, aumentando la tasa de éxito.

### Contribución de los autores

Concepción y diseño del estudio: AFO, MLM, YGA, JLLM.

Recogida de datos: AFO, MLM.

Análisis e interpretación de los resultados: AFO, MLM, MGM, RJMB, JLLM.

Creación, redacción y preparación del boceto: AFO, MLM, MGM, RJMB, YGA, JLLM.

Revisión final: AFO, MLM, MGM, RJMB, YGA, JLLM.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Financiación

No existió financiación externa para la realización del presente estudio.

## Bibliografía

1. Conget I. Diagnóstico, clasificación y patogenia de la diabetes mellitus. *Rev Esp Cardiol*. 2002;55(5):528-38. DOI: 10.1016/S0300-8932(02)76646-3.
2. Kaul K, Tarr JM, Ahmad SI, Kohner EM, Chibber R. Introduction to diabetes mellitus. In: Ahmad SI, editor. *Diabetes: An old disease, a new insight*. Vol. 771. Springer; 2012. p. 1-11. DOI: 10.1007/978-1-4614-5441-0\_1.
3. International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas*. 10th ed. Brussels, Belgium: Author; 2021.
4. Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA. Preventing foot ulcers in patients with diabetes. *JAMA*. 2005;293(2):217-28. DOI: 10.1001/jama.293.2.217.
5. Van Netten JJ, Price PE, Lavery LA, Monteiro-Soares M, Rasmussen A, Jubiz Y, et al. Prevention of foot ulcers in the at-risk patient with diabetes: A systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*. 2016;32(S1):84-98. DOI: 10.1002/dmrr.2701.
6. Lipsky BA, Berendt AR, Cornia PB, Pile JC, Peters EJ, Armstrong DG, et al. Infectious Diseases Society of America Clinical Practice Guideline for the Diagnosis and Treatment of Diabetic Foot Infections. *Clin Infect Dis*. 2012;54(12): e132-e173. DOI: 10.1093/cid/cis346.
7. Senneville É, Albalawi Z, van Asten SA, Abbas ZG, Allison G, Aragón-Sánchez J, et al. IWGDF/IDSA Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Diabetes-related Foot Infections (IWGDF/IDSA 2023). *Clin Infect Dis*. 2023. DOI: 10.1093/cid/ciad527.
8. Lázaro-Martínez JL, Aragón-Sánchez J, García-Morales E. Antibiotics versus conservative surgery for treating diabetic foot osteomyelitis: A RCT. *Diabetes Care*. 2014; 37:789-95. DOI: 10.2337/dc13-1526.
9. Game FL. Osteomyelitis in the diabetic foot: Diagnosis and management. *Med Clin North Am*. 2013; 97:947-56. DOI: 10.1016/j.mcna.2013.03.010.
10. Alvaro-Afonso FJ, Lázaro-Martínez JL, García-Morales E, García-Álvarez Y, Sanz-Corbalán I, Molines-Barroso RJ. Cortical disruption is the most reliable and accurate plain radiographic sign in the diagnosis of diabetic foot osteomyelitis. *Diabet Med*. 2019;36:258-9. DOI: 10.1111/dme.13824.
11. Butalia S, Palda VA, Sargeant RJ, Detsky AS, Mourad O. Does this patient with diabetes have osteomyelitis of the lower extremity? *JAMA*. 2008; 299:806.
12. Lipsky BA, Peters EJ, Senneville E, Berendt AR, Embil JM, Lavery LA, et al. Expert opinion on the management of infections in the diabetic foot. *Diabetes Metab Res Rev*. 2012;28(Suppl 1):163-78. DOI: 10.1002/dmrr.2248.
13. Peters EJ, Lipsky BA, Aragón-Sánchez J, Boyko EJ, Diggle M, Embil JM, et al. Interventions in the management of infection in the foot in diabetes: A systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*. 2016;32(Suppl 1):145-53. DOI: 10.1002/dmrr.2706.
14. Lipsky BA. Treating diabetic foot osteomyelitis primarily with surgery or antibiotics: Have we answered the question? *Diabetes Care*. 2014;37(3):593-5. DOI: 10.2337/dc13-2510.
15. Arora M, Chan EK, Gupta S, Diwan AD. Polymethylmethacrylate bone cements and additives: A review of the literature. *World J Orthop*. 2013;4(2):67-74. DOI: 10.5312/wjo.v4.i2.67.
16. Martel JRC, Núñez García JA. Capítulo 23: El cemento en las prótesis articulares, características y propiedades. En: *Manual del residente de COT de la SECOT*. 2014. p. 104-6.
17. Ramanujam CL, Zgonis T. Antibiotic-loaded cement beads for Charcot ankle osteomyelitis. *Foot Ankle Spec*. 2010;3(5):274-7. DOI: 10.1177/1938640010376563.
18. Rao N, Ziran BH, Lipsky BA. Treating osteomyelitis: Antibiotics and surgery. *Plast Reconstr Surg*. 2011;127(Suppl 1):177S-87S. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3182001f0f.
19. Sun YW, Li L, Zhang ZH. Antibiotic-loaded bone cement combined with vacuum-assisted closure facilitating wound healing in Wagner 3-4 diabetic foot ulcers. *Int J Lower Extremity Wounds*. 2022. DOI: 10.1177/15347346221109045.
20. Huang HJ, Niu XH, Yang GL, Wang LY, Shi FC, Xu SJ, et al. Clinical effects of application of antibiotic bone cement in wounds of diabetic foot ulcers. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*. 2019;35(6):464-6.
21. Mendame Ehya RE, Zhang H, Qi B, Yu A. Application and clinical effectiveness of antibiotic-loaded bone cement to promote soft tissue granulation in the treatment of neuropathic diabetic foot ulcers complicated by osteomyelitis: A randomized controlled trial. *J Diabetes Res*. 2021; 2021:9911072. DOI: 10.1155/2021/9911072.
22. Yang C, Wang D. Antibiotic bone cement accelerates diabetic foot wound healing: Elucidating the role of ROCK1 protein expression. *Int Wound J*. 2024;21(4): e14590. DOI: 10.1111/iwj.14590.
23. Melamed EA, Peled E. Antibiotic impregnated cement spacer for salvage of diabetic osteomyelitis. *Foot Ankle Int*. 2012;33(3):213-9. DOI: 10.3113/FAI.2012.0213.
24. Dalla Paola L, Carone A, Morisi C, Cardillo S, Pattavina M. Conservative surgical treatment of infected ulceration of the first metatarsophalangeal joint with osteomyelitis in diabetic patients. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(4):536-40. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.08.004.
25. Cao T, Ji P, Zhang Z, Xiao D, Wang KJ, Li N, et al. A prospective randomized controlled study of antibiotic bone cement in the treatment of diabetic foot ulcer. *Zhonghua Shao Shang Yu Chuang Mian Xiu Fu Za Zhi*. 2023;39(4):311-8.
26. Dai J, Zhou Y, Mei S, Chen H. Application of antibiotic bone cement in the treatment of infected diabetic foot ulcers in type 2 diabetes. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24(1):135. DOI: 10.1186/s12891-023-06244-w.
27. Jiang X, Li N, Yuan Y, Yang C, Chen Y, Ma Y, et al. Limb salvage and prevention of ulcer recurrence in chronic refractory diabetic foot osteomyelitis. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2020; 13:2289-96. DOI: 10.2147/DMSO.S254586.
28. Hong CC, Jin Tan K, Lahiri A, Nather A. Use of a definitive cement spacer for simultaneous bony and soft tissue reconstruction of mid- and hindfoot diabetic neuroarthropathy: A case report. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(1):120-5. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.10.009.
29. Kavarthapu V, Giddie J, Kommalapati V, Casey J, Bates M, Vas P. Evaluation of adjuvant antibiotic-loaded injectable bio-composite material in diabetic foot osteomyelitis and Charcot foot reconstruction. *J Clin Med*. 2023;12(9):3239. DOI: 10.3390/jcm12093239.
30. Niazi NS, Drampalos E, Morrissey N, Jahangir N, Wee A, Pillai A. Adjuvant antibiotic-loaded bio-composite in the management of diabetic foot osteomyelitis: A multicentre study. *Foot (Edinb)*. 2019; 39:22-7. DOI: 10.1016/j.foot.2019.01.005.
31. Qin CH, Zhou CH, Song HJ, Cheng GY, Zhang HA, Fang J, Tao R. Infected bone resection plus adjuvant antibiotic-impregnated calcium sulfate versus infected bone resection alone in the treatment of diabetic forefoot osteomyelitis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):246. DOI: 10.1186/s12891-019-2635-8.