

Clavo endomedular recubierto con antibiótico para controlar la infección en una pseudoartrosis infectada de húmero

Rodrigo Brandariz, Javier Bennice, Jorge G. Boretto, Ezequiel Zaidenberg, Pablo De Carli, Gerardo L. Gallucci

Sector de Cirugía de Mano y Miembro Superior, Instituto de Ortopedia y Traumatología

"Dr. Prof. Carlos E. Ottolenghi", Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Objetivo: Comunicar la eficacia del clavo endomedular recubierto con antibiótico (CERA) para erradicar la infección en la pseudoartrosis infectada de húmero (SIH). **Materiales y Métodos:** Once pacientes (edad promedio 48 años). El tiempo entre la fractura y la cirugía fue 25 meses. El CERA se impregnó con vancomicina en 9 pacientes. El seguimiento promedio fue de 54 meses. **Resultados:** Se aisló *S. aureus* resistente a metilicina (SARM) en 5 pacientes. Todos recibieron antibióticos sistémicos por 7 semanas. El antibiótico más utilizado fue vancomicina. La mediana entre el primer tiempo quirúrgico y la reconstrucción fue 56 días (RIC 47-98). Luego del desbridamiento quirúrgico del primer tiempo, se midió el defecto óseo remanente y se lo dividió con variables dicotómicas: grupo con defectos <2 cm (7 pacientes) y grupo con defectos ≥2 cm (4 pacientes). No se observaron diferencias significativas entre la mediana de días entre el primero y segundo tiempo quirúrgico comparando el desarrollo de SARM con el de otros gérmenes (48 días [RIC 45-75] vs. 73,5 días [RIC 56-149], $p = 0,2002$ Mann-Whitney), ni en la proporción del tamaño del defecto óseo según el desarrollo de SARM o de otro germen (60% vs. 17%, $p = 0,242$ Fisher). Todos los cultivos fueron negativos y se logró la consolidación del foco fracturario, sin recurrencia de la infección. **Conclusiones:** El CERA es una buena opción terapéutica en el primer tiempo quirúrgico para un paciente con SIH. Se pudo controlar la infección, lo que permitió la reconstrucción secundaria de la pseudoartrosis.

Palabras clave: Pseudoartrosis; fractura de húmero; espaciador de cemento; infección; clavo endomedular; reconstrucción.

Nivel de Evidencia: IV


Antibiotic cement-coated rods to control infection in infected nonunion of the humerus

ABSTRACT

Objective: To evaluate the efficiency of the antibiotic cement-coated rods (ACCR) to eradicate infections in infected nonunion of the humerus (INH). **Methods:** We included 11 patients with INH with a mean age of 48 years. The time from fracture to surgery was 25 months. The ACCR was impregnated with vancomycin in 9 of 11 cases. Follow-up was 54 months. **Results:** Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) was isolated in 5 cases. All patients received systemic antibiotic treatment for 7 weeks. Vancomycin was the most commonly used antibiotic. Time from ACCR placement to reconstructive surgery averaged 56 days [confidence interval range (CIR) 47-98]. After debridement and implant removal, the residual deformity of the nonunion was measured with dichotomous variables and classified into two groups: group 1, <2 cm (7 patients) and group 2, ≥2 cm (4 patients). No significant differences were observed between the number of days from placement of the ACCR to the development of the MRSA infection, compared to other pathogens [48 days (CIR 45-75) vs. 73 days (CIR 56-149) $p=0.2002$, Mann-Whitney U test], nor were differences observed in the size of the defect in those who developed MRSA or by any other pathogen ($p=0.242$, Fisher exact test). Reconstruction was performed with different techniques. Laboratory parameters were normal and cultures were negative. Fractures achieved consolidation without recurrence of the infection. **Conclusions:** ACCRs are an adequate treatment option for patients with an INH. The infection was controlled in all cases, which allowed for the secondary reconstruction of the nonunion.

Key words: Nonunion; humerus fracture; antibiotic rod; infection; intramedullary rod; reconstruction.

Level of Evidence: IV

Recibido el 3-5-2018. Aceptado luego de la evaluación el 4-9-2018 • Dr. RODRIGO BRANDARIZ • rodrigo.brandariz@hospitalitaliano.org.ar 

Cómo citar este artículo: Brandariz R, Bennice JG, Boretto JG, Zaidenberg E, De Carli P, Gallucci GL. Clavo endomedular recubierto con antibiótico para controlar la infección en una pseudoartrosis infectada de húmero. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2019;84(2):90-98. <http://dx.doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2019.84.2.849>

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de la pseudoartrosis infectada de huesos largos representa una situación crítica para un ortopedista. La combinación de inestabilidad mecánica e infección del foco crean sinérgicamente un medio desfavorable para la consolidación de la fractura.^{1,2} Además, se asocia con opciones limitadas para su fijación, peores resultados funcionales y aumento de la morbilidad. Por lo tanto, a partir de un enfoque multidisciplinario, el tratamiento requiere de un equilibrio entre el método de fijación, el manejo adecuado de las partes blandas y el tratamiento antibiótico específico con el propósito de erradicar la infección y lograr la consolidación ósea.³

El tratamiento de la pseudoartrosis infectada, por lo general, comprende un procedimiento en dos etapas.^{4,5} La primera incluye la extracción del material de osteosíntesis, el desbridamiento quirúrgico asociado, en muchos casos, a tratamiento antibiótico local, y la administración de antibióticos sistémicos específicos para convertir una pseudoartrosis infectada en una aséptica. La segunda etapa incluye la reconstrucción y la estabilización mecánica con el objetivo final de la consolidación de la fractura.

Distintos autores han promovido la utilización del clavo endomedular recubierto con antibiótico (CERA) como un recurso terapéutico simple, de bajo costo y eficaz, ya que rellena el espacio muerto, proporciona una alta concentración local de antibiótico y permite una estabilidad mecánica al foco.^{4,5}

Numerosos estudios han comunicado los resultados de este método en el miembro inferior, pero son escasas las publicaciones sobre el tratamiento de la pseudoartrosis infectada de húmero (SIH).⁶

El objetivo de este estudio es comunicar la eficacia del CERA para erradicar la infección en una SIH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó retrospectivamente a los pacientes con SIH diafisarias operados en nuestro Servicio. Los criterios de inclusión fueron: pseudoartrosis diafisarias de húmero tratadas inicialmente con cirugía, sin consolidación radiográfica luego de seis meses de la operación, con dolor en el foco, parámetros de laboratorio con reactantes de fase aguda alterados (proteína C reactiva, velocidad de eritrosedimentación y recuento leucocitario), cultivos del foco de pseudoartrosis positivos (realizados por punción biopsia), tratados con un CERA y con un seguimiento mínimo de un año. Los criterios de exclusión fueron un seguimiento <1 año y falta de adherencia al tratamiento.

Se incluyeron 11 pacientes (6 hombres y 5 mujeres; promedio de la edad 48 años [rango 23-66]). Ninguno fue perdido en el seguimiento. Siete pacientes tenían compromiso del húmero izquierdo y el miembro dominante estaba afectado en seis casos. En la [Tabla 1](#), se detallan las características de los pacientes.

Tabla 1. Características de los pacientes

| Paciente | Sexo | Edad | Alta/Baja energía | Comorbilidades | Fijación inicial | Clasificación de Cierny-Mader |
|----------|------|------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1 | M | 38 | A | No | Tutor externo | 4A |
| 2 | F | 59 | B | Tabaquismo, diabetes, hipotiroidismo | Clavo endomedular | 4B |
| 3 | M | 42 | A | Tabaquismo | Placa | 4B |
| 4 | M | 48 | A | No | Placa | 4A |
| 5 | M | 23 | A | Tabaquismo, obesidad, marihuana | Clavo endomedular | 4B |
| 6 | F | 58 | B | Tabaquismo, obesidad, hipertensión | Placa | 4B |
| 7 | F | 39 | B | Diabetes, obesidad | Clavo endomedular | 4B |
| 8 | M | 36 | A | Tabaquismo | Clavo endomedular | 4B |
| 9 | F | 66 | B | Tabaquismo, Parkinson | Placa | 4B |
| 10 | F | 57 | B | Estenosis renal | Placa | 4B |
| 11 | M | 61 | B | No | Clavo endomedular | 4A |

M = masculino, F = femenino.

El tiempo promedio entre la fractura y la cirugía fue de 25 meses (rango 6-120) y la cantidad promedio de cirugías previas era de 1,6 (rango 1-4). La fractura inicial había sido fijada con diferentes métodos (Tabla 1). Todas las pseudoartrosis fueron de tipo atróficas.

Los pacientes fueron clasificados según el sistema clínico-radiológico de Cierny-Mader para osteomielitis⁷ (Tabla 2): ocho como IVB y tres como IVA.

Todos fueron operados por el mismo cirujano (GG) y el seguimiento promedio fue de 54 meses (rango 12-145). Se realizó un análisis estadístico de los resultados.

Tabla 2. Sistema de clasificación de la osteomielitis de Cierny-Mader

| Tipo anatómico | | |
|-----------------------------|--------------|---|
| 1 | Medular | Endomedular |
| 2 | Superficial | Superficie cortical infectada por déficit de cobertura |
| 3 | Localizada | Secuestro cortical que puede desbridarse sin compromiso de la estabilidad |
| 4 | Difusa | Cualquiera de las anteriores asociada a inestabilidad mecánica (antes del desbridamiento o después de él) |
| Clase fisiológica (Huésped) | | |
| A | Normal | Inmunocompetente |
| B | Comprometido | Factores locales o sistémicos que comprometen la inmunidad |
| C | Supresivo | Discapacidad mínima o contraindicación quirúrgica |

Tipo + Clase: Estadio clínico.

Técnica quirúrgica

Con el paciente en decúbito dorsal bajo anestesia regional más general, se extrajo el material de osteosíntesis y el tejido necrótico, luego se fresó progresivamente el canal medular y se realizó un lavado profuso. Por último, se colocó el CERA por vía anterógrada (7 casos), retrógrada (3 casos) y por el foco de pseudoartrosis (1 caso).

La confección del clavo fue reportada previamente.⁸ Se utilizó un tubo de plástico de tórax de 40 French (Atrium Medical Corp, Hudson, NH, EE.UU.) y se cortó según la longitud del clavo que se iba a insertar. Se mezcló el antibiótico con una dosis de polvo de polimetilmetacrilato (DePuy Inc., Warsaw, IN, EE.UU.). Con la ayuda de una pistola para cementar, se introdujo el cemento dentro del tubo. Luego se insertó un clavo de Ender de 4,5 mm dentro del tubo permitiendo que el cemento envuelva al clavo. Una vez que se produjo el fraguado del cemento, el tubo fue cortado longitudinalmente y el clavo fue introducido dentro del canal medular (Figura 1).

RESULTADOS

El germen aislado con más frecuencia fue *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (SARM) en cinco casos. El antibiótico más utilizado en el cemento fue vancomicina (9 casos). Todos los pacientes recibieron un tratamiento antibiótico sistémico específico, según el germen aislado, por un promedio de siete semanas (rango 4-12). El antibiótico más utilizado fue vancomicina administrada por catéter (8 pacientes).

La mediana del intervalo entre el primer tiempo quirúrgico y la reconstrucción fue de 56 días (rango intercuartílico [RIC] 47-98). Luego del desbridamiento quirúrgico del primer tiempo, se midió el defecto óseo remanente y se lo dividió con variables dicotómicas: un primer grupo con defectos <2 cm (7 pacientes) y un segundo grupo con defectos ≥2 cm (4 pacientes) (Tabla 3).

El tiempo promedio de mantenimiento del clavo fue de tres meses (rango 1-13). No se observaron diferencias significativas entre la mediana del intervalo de días entre el primero y segundo tiempo quirúrgico comparando el desarrollo de SARM con el del resto de los gérmenes (48 días [RIC 45-75] vs. 73.5 días [RIC 56-149]; $p = 0,2002$ Mann-Whitney). Tampoco se encontraron diferencias significativas en la proporción del tamaño del defecto óseo según el desarrollo de SARM o de otro germen (60% vs. 17%, $p = 0,242$ Fisher).

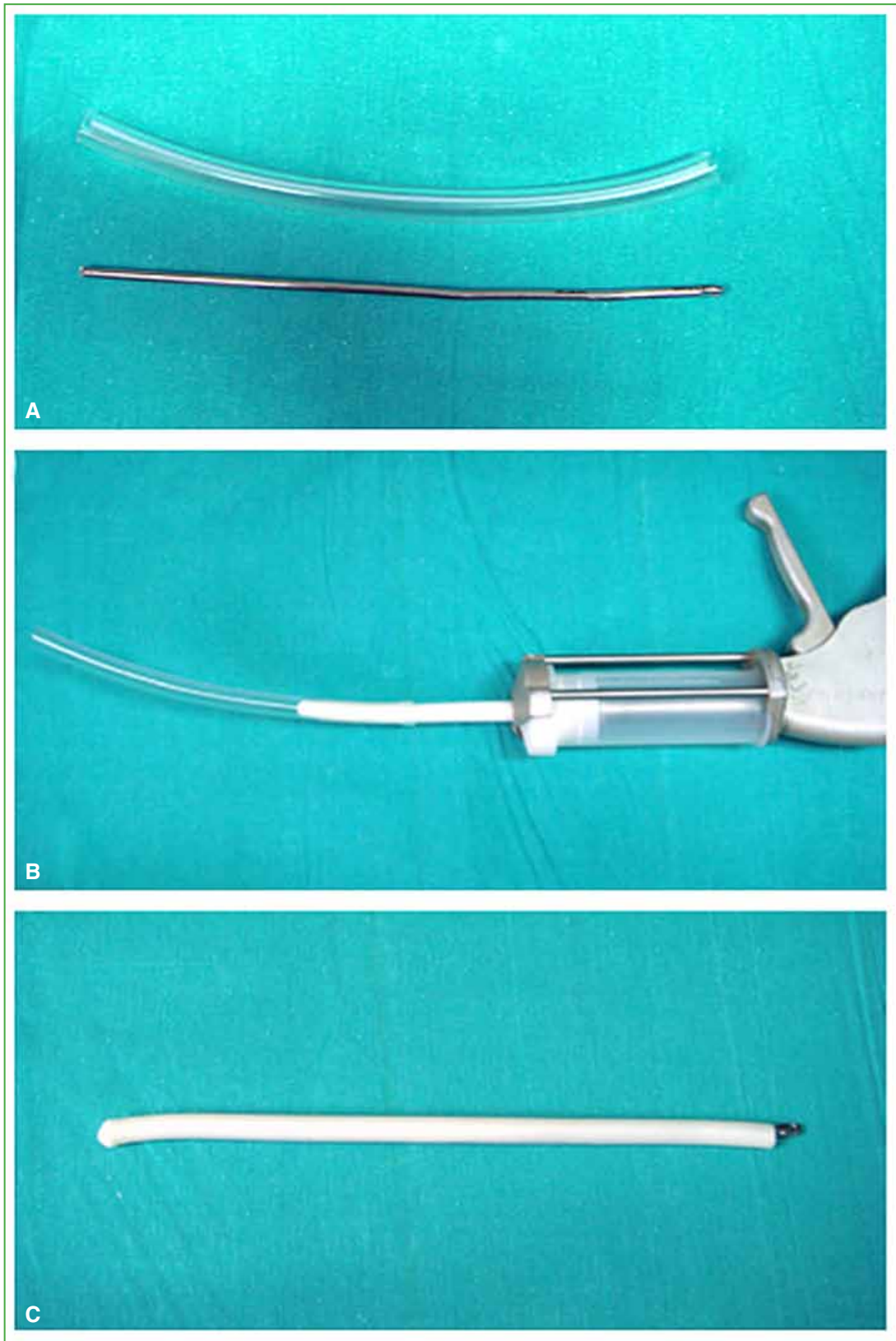


Figura 1. A. Tubo de plástico de 40 French, se corta con la medida del clavo. B. Se utiliza una pistola para introducir el cemento dentro del tubo. C. Una vez fraguado el cemento se retira la manguera cortándola longitudinalmente.

Tabla 3. Resultados

| Paciente | Germen | Antibiótico en cemento | Defecto óseo remanente | Antibiótico posoperatorio | Intervalo entre el primero y segundo tiempo quirúrgico (días) |
|----------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|--|---|
| 1 | SASM | Vancomicina | <1 cm | Cefalotina x 4 semanas | 47 |
| 2 | <i>Staphylococcus coagulasa (-)</i> | Gentamicina | <1 cm | Vancomicina-rifampicina x 12 semanas | 91 |
| 3 | SARM | Teicoplanina-vancomicina | <1 cm | Vancomicina-rifampicina x 12 semanas | 98 |
| 4 | SARM | Vancomicina | 2 cm | Teicoplanina x 8 semanas | 33 |
| 5 | SASM | Gentamicina-vancomicina | <1 cm | Cefalotina-ciprofloxacina x 6 semanas | 56 |
| 6 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | Vancomicina | 3 | Vancomicina x 6 semanas | 411 |
| 7 | <i>Enterobacter cloacae</i> | Vancomicina | <1 cm | Vancomicina-ciprofloxacina x 8 semanas | 149 |
| 8 | SARM | Teicoplanina | 3 | Vancomicina-rifampicina x 6 semanas | 75 |
| 9 | SARM | Vancomicina | 5 | Vancomicina-ciprofloxacina x 4 semanas | 45 |
| 10 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | Vancomicina | <1 cm | Vancomicina-ciprofloxacina x 6 semanas | 56 |
| 11 | SARM | Vancomicina | <1 cm | Vancomicina x 12 semanas | 48 |

SASM = *Staphylococcus aureus* sensible a meticilina, SARM = *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina.

En el seguimiento, se evaluaron las radiografías, los signos clínicos y los parámetros de laboratorio.

Todos los procesos infecciosos estaban curados en el momento del segundo tiempo quirúrgico. Luego de terminar el tratamiento antibiótico específico, los pacientes no tenían signos clínicos de infección ni reactantes de fase aguda alterados en los análisis de laboratorio (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de los análisis de laboratorio

| Análisis | Antes del primer tiempo quirúrgico | Segundo tiempo quirúrgico |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Proteína C reactiva | 13,26 (5-55) | 4,6 (2,6-6,5) |
| Eritrosedimentación | 39,7 (9-78) | 10,5 (1-15) |
| Recuento leucocitario | 12.479 (5736-30.230) | 6653 (5620-11.620) |
| Congelación intraoperatoria | Positivo | Negativo |
| Cultivo del foco | Positivo | Negativo |

El segundo tiempo quirúrgico de reconstrucción diafisaria se realizó según el defecto residual de cada paciente. En todos los casos, se utilizaron placas con tornillos con distintos tipos de injerto óseo. Todos los cultivos obtenidos en la cirugía de reconstrucción fueron negativos y se logró la consolidación del foco fracturario en todos los casos, sin recurrencia del proceso infeccioso (Figuras 2 y 3).



Figura 2. A. Radiografía de una mujer de 59 años, fumadora, con diabetes tipo 2 y pseudoartrosis infectada de húmero. B. Radiografía del primer tiempo quirúrgico con extracción de osteosíntesis y colocación del clavo endomedular recubierto con antibiótico. C. Radiografía al año del segundo tiempo quirúrgico, con consolidación del foco de pseudoartrosis.



Figura 3. **A.** Radiografía de un hombre de 23 años, obeso y fumador, con pseudoartrosis infectada de húmero. **B.** Radiografía del primer tiempo quirúrgico con extracción de osteosíntesis y colocación del CERA. **C.** Radiografía a los dos años y seis meses del segundo tiempo quirúrgico, con consolidación del foco de pseudoartrosis.

DISCUSIÓN

La pseudoartrosis infectada es un cuadro de compleja resolución y requiere de un tratamiento quirúrgico agresivo; de lo contrario, es difícil lograr el éxito terapéutico.

La zona de la pseudoartrosis infectada habitualmente se extiende a la cavidad endomedular y está rodeada por un tejido fibroso sumamente engrosado que incluye a los músculos y, muchas veces, al tejido celular subcutáneo. Esto crea un ambiente avascular que, a menudo, hace ineficaz el tratamiento antibiótico sistémico, lo que explica el alto número de cultivos positivos del foco de pseudoartrosis, aunque muchos pacientes hayan recibido un tratamiento antibiótico sistémico previo.

Por lo tanto, la resección completa de todo este tejido cicatricial y el fresado del canal son pasos fundamentales del tratamiento quirúrgico.

El CERA le agrega la posibilidad de la liberación local del antibiótico y cierta estabilidad del foco. Se presenta como una buena alternativa para tratar las pseudoartrosis infectadas de huesos largos. En una revisión reciente, Koury y cols.⁹ reportaron tasas de éxito de entre el 80% y el 100%. Selhi y cols.¹⁰ evaluaron a 16 pacientes (15 casos en el miembro inferior y uno en el húmero) y, en 14 de ellos, lograron la erradicación de la infección y la consolidación ósea. Conway y cols.⁴ comunicaron 43 casos de pseudoartrosis infectada de huesos largos de miembro inferior con consolidación y remisión de la infección en todos los pacientes. Kanakaris y cols.,¹¹ y Bharti y cols.¹² obtuvieron los mismos resultados.

Como se desprende de la bibliografía, este tratamiento se ha comunicado ampliamente en el fémur y la tibia, pero son escasos los reportes en el húmero. Se ha descrito el uso de tutores externos en el miembro superior para tratar la SIH. Ferreira y cols.¹³ evaluaron a ocho pacientes con SIH tratados, en un primer tiempo, con desbridamiento y colocación de fijador externo circular, y en una segunda etapa, con el agregado de injerto óseo autólogo, con resolución del cuadro en todos los casos.

También Bassiony y cols.¹⁴ reportaron el uso de un fijador externo Orthofix en ocho pacientes, con lo que se erradicó la infección y se logró la consolidación ósea en todos los casos. El tiempo de uso fue, en promedio, 38 semanas en la primera serie y 6.5 meses en la segunda serie. Si bien los resultados finales arrojan un alto porcentaje de erradicación de la infección y de consolidación, el tiempo prolongado de uso del tutor externo necesita de una higiene estricta, lo que convierte a este método en un tratamiento sumamente incómodo para el paciente.

Las ventajas del uso de un CERA, además de obtener similares resultados finales, son que no requiere una higiene diaria y es mejor tolerado por el paciente.

El tamaño del defecto óseo remanente puede ser importante al definir el mejor método para erradicar el proceso infeccioso. Sancheti y cols.⁵ evaluaron los defectos óseos remanentes luego del desbridamiento quirúrgico, combinando las clasificaciones de May y cols.¹⁵ (defectos <6 cm y >6 cm) y de Jain y Sinha¹⁶ (defectos <4 cm y >4 cm). Estos autores dividieron a sus pacientes en tres grupos: defectos <4 cm (promedio de 2,2 cm), de 4 a 6 cm (promedio de 4,4 cm) y >6 cm (promedio de 6,6 cm) y concluyeron en que el CERA es eficaz para controlar la infección en los dos primeros grupos, que el tiempo de erradicación es más prolongado en pacientes con defectos <4 cm y que no recomiendan su uso en defectos >6 cm, ya que, en estos casos, no lograron un correcto control del cuadro infeccioso ni una adecuada estabilidad de la fractura. En estas situaciones, sugieren usar un tutor externo tipo Ilizarov.

En nuestra serie, el defecto mayor fue de 5 cm, por lo que decidimos dividir a los pacientes en aquellos con defectos <2 cm (7 casos) y ≥2 cm (4 casos). Dicha división era la que permitía realizar un análisis estadístico de los resultados (aunque sabemos que el número de pacientes es bajo y no permite sacar conclusiones evidentes). De todos modos, no se hallaron diferencias en la erradicación de la infección entre ambos grupos.

Como en la mayoría de los estudios, el germen aislado más frecuente fue SARM y el antibiótico más utilizado en la preparación del clavo y en el tratamiento sistémico fue vancomicina.

En nuestra serie, todos los defectos óseos fueron, en su mayoría, pequeños, el mayor medía 3,5 cm y se logró erradicar la infección y la consolidación de la fractura en todos los pacientes, independientemente del tamaño del defecto y el germen aislado.

Este estudio presenta varias limitaciones, principalmente su carácter retrospectivo y la pequeña cantidad de pacientes; sin embargo, se trata de un cuadro en el húmero sobre el que se ha publicado muy poco, lo que torna interesante su reporte.

CONCLUSIONES

La utilización de un CERA es una buena opción terapéutica en el primer tiempo quirúrgico para un paciente con SIH. Es un método simple y de bajo costo que permite una cierta estabilización del foco, y libera antibiótico en la zona, factores fundamentales para erradicar la infección. Después de retirar el clavo y del tratamiento antibiótico adecuado, fue posible la reconstrucción diafisaria con distintos métodos y la consolidación de la pseudoartrosis.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID iD de J. Bennice: <http://orcid.org/0000-0001-6004-1240>
 ORCID iD de J. G. Boretto: <http://orcid.org/0000-0001-7701-3852>
 ORCID iD de E. Zaidenberg: <http://orcid.org/0000-0002-1535-0586>

ORCID iD de P. De Carli: <http://orcid.org/0000-0002-9474-8129>
 ORCID iD de G. L. Gallucci: <http://orcid.org/0000-0002-0612-320X>

BIBLIOGRAFÍA

1. Atkins RM. Principles of management of septic non-union of fracture. *Injury* 2007;38(2):23-32. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(07\)80006-4](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(07)80006-4)
2. Lugones A, Paganini F, Fattor E, Allende B. Polimetilmetacrilato impregnado con antibiótico en el tratamiento de la pseudoartrosis infectada y en defectos óseos segmentarios. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2009;74(3):249-57. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-74342009000300007&lng=es&nrm=iso
3. Panteli M, Pountos I, Jones E, Giannoudis PV. Biological and molecular profile of fracture non-union tissue: Current insights. *J Cell Mol Med* 2015;19(4):685-713. <https://doi.org/10.1111/jcmm.12532>
4. Conway J, Mansour J, Kotze K, Specht S, Shabtai L. Antibiotic cement-coated rods. *Bone Joint J* 2014;96(10):1349-54. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B10.33799>
5. Shyam AK, Sancheti P, Patel S, Rocha S, Shyam A. Use of antibiotic cement-impregnated intramedullary nail in treatment of infected non-union of long bone. *Indian J Orthop* 2009;43(4):396-402. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.55468>
6. Patzakis MJ, Wilkins J, Wiss DA. Infection following intramedullary nailing of long bones. Diagnosis and management. *Clin Orthop Relat Res* 1986;212:182-91. <https://doi.org/10.1097/00003086-198611000-00020>
7. Cierny G, Mader JT, Penninck JJ. A clinical staging system for adult osteomyelitis. *Clin Orthop Relat Res* 2003;414:7-24. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000088564.81746.62>
8. Gallucci G, Donndorff A, Boretto J, Constantini J, De Carli P. Infected nonunion of the humerus treated with an antibiotic cement rod. Case report. *Chir Main* 2007;26(4-5):248-51. <https://doi.org/10.1016/j.main.2007.07.006>
9. Koury KL, Hwang JS, Sirkin M. The antibiotic nail in the treatment of long bone infection: Technique and results. *Orthop Clin N Am* 2017;48(2):155-65. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2016.12.006>
10. Selhi HS, Mahindra P, Yamin M, Jain D, De Long WG Jr, Singh J. Outcome in patients with an infected nonunion of the long bones treated with a reinforced antibiotic bone cement rod. *J Orthop Trauma* 2012;26(3):184-88. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318225f77c>
11. Kanakaris N, Gudipati S, Tosounidis T, Harwood P, Britten S, Giannoudis PV. The treatment of intramedullary osteomyelitis of the femur and tibia using the Reamer-Irrigator-Aspirator system and antibiotic cement rods. *Bone Joint J Br* 2014;96(6):783-88. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B6.32244>
12. Bharti A, Saroj UK, Kumar V, Kumar S, Omar BJ. A simple method for fashioning an antibiotic impregnated cemented rod for intramedullary placement in infected non-union of long bones. *J Clin Orthop Trauma* 2016;7(2):171-6. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2016.08.004>
13. Ferreira N, Marais LC, Serfontein C. Two stage reconstruction of septic non-union of the humerus with the use of circular external fixation. *Injury* 2016;47(8):1713-8. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.06.014>
14. Bassiony AA, Almoatasem AM, Abdelhady AM, Assal MK, Fayad TA. Infected non-union of the humerus after failure of surgical treatment: Management using the Orthofix external fixator. *Ann Acad Med Singapore* 2009;38(12):1090-4. <http://www.annals.edu.sg/pdf/38VolNo12Dec2009/V38N12p1090.pdf>
15. May JW, Jupiter JB, Weiland AJ, Byrd HS. Clinical classification of post-traumatic tibial osteomyelitis. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71(9):1422-8. https://journals.lww.com/jbjsjournal/Citation/1989/71090/Clinical_classification_of_post_traumatic_tibial.27.aspx
16. Jain AK, Sinha S. Infected nonunion of the long bones. *Clin Orthop Relat Res* 2005;(431):57-65. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000152868.29134.92>