

Osteomielitis crónica. Bases del tratamiento quirúrgico

Julián Martínez ¹

¹ julimg21@gmail.com

Abstract: La osteomielitis crónica es un proceso inflamatorio progresivo del hueso y de los tejidos blandos circundantes que afecta fundamentalmente a la tibia y que se relaciona con la infección por *Staphylococcus Aureus*. Su manejo es complejo y requiere un diagnóstico precoz, una estadificación adecuada y un tratamiento radical, que se basará en 5 principios básicos: eliminar el tejido infectado, identificar el patógeno mediante muestras del tejido infectado, cubrir el espacio muerto restante, tratar la infección, ya sea de forma local o sistémica, y reparar el hueso y los tejidos blandos. Son muchos los tratamientos propuestos para llevar a cabo estos principios, y la elección recae en el especialista en función de su experiencia y el compromiso del paciente. A pesar de ello, el éxito terapéutico, y por ello el pronóstico, está claramente relacionado con el seguimiento de esos cinco principios.

Keywords: osteomielitis crónica; tratamiento; Cierny-Mader; espacio muerto; reconstrucción; injertos.

1. Introducción

La osteomielitis crónica es un proceso inflamatorio progresivo, mediado por patógenos, que afecta al hueso, aunque también pueda propagarse a la médula ósea, periostio y tejidos blandos circundantes, y que resulta en la destrucción ósea y la formación de secuestros (hueso muerto necrótico) y trayectos fistulosos [1,2]. La diferencia fundamental con la osteomielitis aguda reside en la presencia de necrosis y no en la patocronia de la enfermedad [3].

Esta entidad, que afecta con más frecuencia a la tibia [4], puede ser debida a una osteomielitis aguda mal tratada, pero fundamentalmente tiene un origen traumático, principalmente por fracturas abiertas [1,3,4,5], aunque también es destacable el papel de la infección postquirúrgica. Existe un claro predominio etiológico de los cocos gram positivos, siendo el agente principal el *Staphylococcus Aureus* [6], aunque también pueden encontrarse agentes como *Staphylococcus epidermidis* dentro de la familia de los cocos gram positivos, o *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli* u hongos, estos últimos sobre todo en inmunodeprimidos [2,6]. Estos son capaces de infectar el hueso lesionado, y quedarse adheridos a este mediante la formación de biofilms, estructuras bacterianas quiescentes y extremadamente resistentes a los tratamientos sistémicos, o permaneciendo de forma latente en el interior de los osteocitos, como el *S. Aureus* [1].

La osteomielitis crónica presenta unas características clínicas poco específicas, lo que hace que sea difícil de reconocer. Puede presentarse como una enfermedad recurrente o

Academic Editor: Firstname Last-name
Received: date
Accepted: date
Published: date



Copyright: © 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

intermitente y sus formas de manifestación son múltiples (imágenes 1 y 2), tales como alteraciones en la consolidación en el hueso fracturado, es decir, retrasos en la consolidación o pseudoartrosis infectadas; dolor crónico, úlceras y trayectos fistulosos, malestar general, hinchazón o sensibilidad ósea.



Imágenes 1 y 2. Aspecto macroscópico de una osteomielitis crónica ulcerada. [3]

Siendo una enfermedad extremadamente difícil de reconocer, es imprescindible en primer lugar conocer acerca de ella, y posteriormente establecer un diagnóstico de forma precoz y un tratamiento agresivo, para así mejorar el pronóstico vital y funcional del paciente [1]. Para ello, ante la sospecha clínica, deberemos emplear todos los recursos disponibles, fundamentalmente la radiografía simple, tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) como pruebas de imagen, analítica sanguínea con marcadores inflamatorios como la velocidad de sedimentación globular (VSG), la proteína C reactiva (PCR) y leucocitosis, y extraer cultivos intraoperatorios, gold standard en el diagnóstico de las osteomielitis crónicas [6].

A pesar de los avances en cirugía, el tratamiento de la osteomielitis crónica es aún desafiante y complejo [2,4,7,8], requiriendo múltiples intervenciones quirúrgicas y periodos prolongados de antibioterapia. Además, una vez tratada, la incidencia de recaída tras un tratamiento aparentemente exitoso sigue siendo alta [1].

2. Clasificación de la osteomielitis crónica

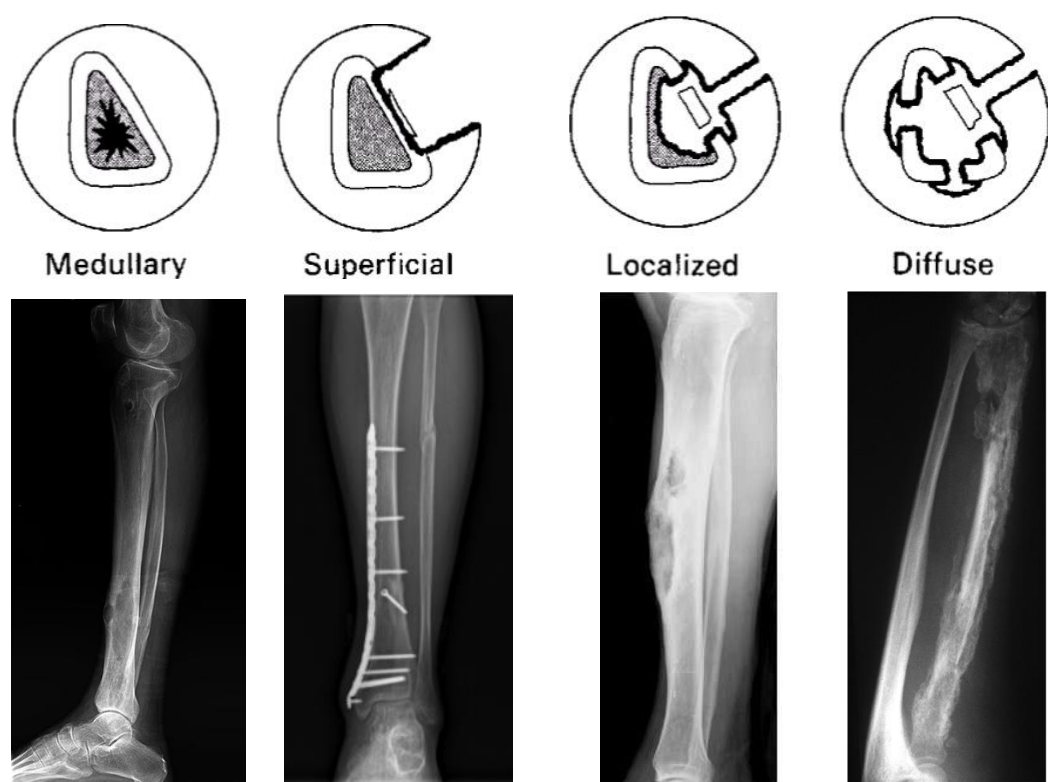
Una clasificación es útil cuando nos permite diseñar una adecuada estrategia terapéutica y nos ofrece una aproximación al pronóstico de la enfermedad a estudio [3]. En base a estos principios nació en 1985, y permanece como el sistema de clasificación más empleado en la actualidad, la clasificación de Cierny-Mader [9], que combina ítems anatómicos y fisiológicos para así definir 12 estadios clínicos (Tabla 1) y poder definir un tratamiento según el estadio.

		Clase funcional		
		A	B	C
Tipo anatómico	I (Endomedular)	IA	IB	IC
	II (Superficial)	IIA	IIB	IIC
	III (Localizada)	IIIA	IIIB	IIIC
	IV (Difusa)	IVA	IVB	IVC

Tabla 1: Clasificación de Cierny-Mader [9]. En función de la clase funcional y el tipo anatómico podremos definir 12 estadios clínicos. Además, en la clase funcional B deberemos distinguir si el

compromiso es localizado (Bl), sistémico (Bs) o mixto (Bsl), lo que aumenta el número de estadíos a 24.

Los tipos anatómicos definen la afectación ósea y se dividen en cuatro en función de la profundidad de la afectación ósea (Imagen 3). El tipo I (Imagen 4) afecta a la medular ósea (por ello llamada osteomielitis intramedular) y la lesión primaria es endostal. El tipo II (Imagen 5) afecta a la superficie del hueso (por ello llamada osteomielitis superficial) y se debe fundamentalmente a una lesión por contigüidad, en la que una alteración de las partes blandas expone el hueso y este se acaba infectando. El tipo III (Imagen 6) se conoce como osteomielitis localizada y su característica fundamental es la presencia de un sequestro cortical de espesor total, pero que no afecta a la estabilidad ósea. Finalmente, el tipo IV (Imagen 7) es una osteomielitis difusa, y como su nombre hace intuir, afecta a todo el hueso y a las partes blandas adyacentes, y este, a diferencia de su tipo anterior, sí afecta a la estabilidad del hueso, ya sea de forma intrínseca (por ejemplo, por una pseudoartrosis séptica) o debida al desbridamiento realizado para erradicar la infección.



Imágenes 3-7. Tipos anatómicos de Cierny-Mader. Arriba la clasificación anatómica (figura 3), de izquierda a derecha, de menor a mayor. Correlación entre la imagen anatómica y radiológica (imágenes 3-7). [7,8,9,10,11]

Por otro lado, las clases fisiológicas definen el tipo de paciente y nos informarán sobre la capacidad que tiene el sistema inmunitario de este para combatir la infección. Así, definimos 3 estados. La clase A se refiere a un paciente con una respuesta fisiológica normal y un estado correcto de las partes blandas; la clase B se refiere a un paciente comprometido, ya sea de forma sistémica (Bs), localizada (Bl) o combinada (Bls);

finalmente, la clase C se refiere a aquellos pacientes en los que el tratamiento o el resultado del tratamiento resultan peores para él que la misma enfermedad. Esta clase C representa una limitación clara de esta clasificación, ya que suponer que el tratamiento es peor que la enfermedad implica un elevado grado de subjetividad [3]. Para definir las clases fisiológicas nos basamos en unos ítems representados en la Tabla 2.

Estatus sistémico (S)	Estatus local (L)
Malnutrición proteica	Linfedema crónica
Insuficiencia renal crónica	Quemaduras
Alcoholismo	Estasis venoso
Inmunodeficiencia	Arteriopatía crónica
Hipoxia crónica	Piel inestable
Neoplasia maligna	Múltiples incisiones previas
Diabetes Mellitus	Radiodermitis
Edad avanzada	
Corticoterapia crónica	
Tabaquismo	

Tabla 2. Adaptada de [9]. Conjunto de ítems que nos hacen clasificar la clase funcional del paciente con osteomielitis crónica. Si presenta alguna de estas se clasificará como Bl o Bs, o Bsl si combina ítems de ambas clases funcionales.

3. Tratamiento

La piedra angular del tratamiento de la osteomielitis crónica es el manejo quirúrgico [1]. El tratamiento buscará prevenir la progresión de la infección, controlar el daño causado y repararlo [12] mediante el empleo de cinco principios básicos [2,3]: (1) manejo del tejido infectado, (2) identificación del patógeno, (3) manejo del espacio muerto y tratamiento local antiinfeccioso, (4) tratamiento antibiótico sistémico y dirigido y (5) reconstrucción ósea y de partes blandas. El seguimiento de estos principios prácticamente asegura el éxito del tratamiento, con unas tasas de recuperación de al menos del 80% [2].

A pesar de que queden claramente establecidos los principios del tratamiento de la osteomielitis crónica, identificar el método de tratamiento más beneficioso para los pacientes es realmente desafiante [2], debido a la gran cantidad de opciones terapéuticas y los resultados similares entre ellas [2]. La elección del tratamiento queda además complicado por la dificultad a la hora de comparar las técnicas en el ámbito investigador debido a la falta de una definición internacionalmente aceptada, que lleva a que la evidencia no sea del todo concluyente [3].

3.1. Manejo del tejido infectado

La base de este principio será la eliminación del tejido infectado, la retirada de materiales exógenos como prótesis y material de osteosíntesis, y la irrigación.

Eliminar el tejido infectado constituye el pilar fundamental del tratamiento de la osteomielitis crónica, y la calidad de este es un factor pronóstico en el éxito terapéutico [1, 3], ya que eliminará el biofilm bacteriano y permitirá a las defensas y a los antibióticos

sistémicos acceder al foco de la infección [2]. No obstante, y a pesar de ser un paso incuestionable, por sí solo es incapaz de resolver la infección [4]. Asimismo, hemos de considerar que pacientes de tipo funcional C cualquier tipo de cirugía estaría contraindicada, y se debería sostener únicamente con antibioterapia sistémica, con una expectativa de resolución pobre.

Dentro de las técnicas para eliminar el tejido infectado, debemos distinguir según la profundidad del defecto. Si el defecto afecta exclusivamente a la medular ósea (tipo I de Cierny-Mader), podremos recurrir a un fresado convencional del canal endomedular y el escariado intramedular, mediante la técnica RIA o *Reamer-Irrigator-Aspirator*; mientras que si afecta más allá, deberemos recurrir a un desbridamiento convencional, el cual dependerá del grado de afectación y deberá ser radical y atraumático [9, 13], no limitado por la preocupación del defecto óseo [1] y que incluya todo el hueso necrótico y los tejidos blandos isquémicos, pero no el involucro óseo [13], ya que este es hueso reactivo y por ello sano. Además de considerar la profundidad del defecto, hemos de considerar la presencia de material de osteosíntesis o protésico, el cual se deberá retirar siempre.

Específicamente, acerca de la osteomielitis endomedular, en la actualidad el *gold standard* para el desbridamiento intramedular continúa siendo el fresado convencional de la cavidad endomedular [14]. No obstante, esta técnica presenta reseñables inconvenientes [14], que plantean el escariado mediante la técnica RIA (imágenes 8 y 9) como una alternativa más que viable, en la que, mediante el escariado, irrigado y aspirado simultáneo de la cavidad endomedular, se pueda lograr de manera más efectiva el desbridamiento pero con menores riesgos [14,15]. Las principales ventajas e inconvenientes se plantean en la Tabla 3.



Imágenes 8 y 9 [15]. Sistema RIA. En la imagen 8 observamos los componentes del sistema: cabezal de taladro (c), el eje de transmisión (b) y sistema de tuberías (a); mientras que en la imagen 9 cómo se introduce el sistema en la cavidad medular por el trocánter mayor de forma mínimamente invasiva.

	Ventajas	Inconvenientes
Fresado convencional		Necesidad de fenestración de diáfisis para drenar los líquidos de irrigación Necrosis térmica Extracción inadecuada del contenido de la cavidad infectada Diseminación iatrogénica local y hematógena
	Menos traumático y menos complicaciones locales Reduce la intravasación de los componentes de la médula ósea Drenaje de líquidos de irrigación	Novedad Posibilidad de limitar la estabilidad torsional del hueso
Escariado RIA	Evita el daño térmico al enfriar sincrónicamente cavidad medular y corteza Posibilidad de extraer el contenido medular	

Tabla 3. Ventajas e inconvenientes del fresado medular y del escariado mediante la técnica RIA. Ambas presentan como ventaja la limpieza de la infección intramedular y ser mínimamente invasivas, mientras que presentan como inconvenientes riesgo de fractura y de sangrado

3.2. Identificación del patógeno

A la hora de diagnosticar correctamente la osteomielitis crónica, el *gold standard* es el cultivo de las muestras intraoperatorias [3]. Por ello, tras la eliminación del tejido óseo infectado y de la retirada, si la hubiera, del material protésico o de osteosíntesis, es imprescindible mandar muestras al laboratorio de los restos de hueso o de material, del tracto fistuloso y de los tejidos circundantes con el objetivo de conocer el agente causal y así dirigir el tratamiento antibiótico sistémico, así como descartar cambios malignos [1].

No obstante, la presencia de cultivos negativos no descarta una infección, ya que, al igual que se podría presentar en una enfermedad maligna, la infección puede no ser homogénea y presentarse en las zonas en las que precisamente no hemos tomado los cultivos. Por ello, y para aumentar la rentabilidad de las muestras, es fundamental la toma correcta de las muestras intraoperatorias y el manejo adecuado de la antibioterapia previa a la identificación. A la hora de tomar las muestras, estas deberán ser múltiples, idealmente seis, profundas, y que incluyan membranas o fragmentos óseos de aspecto necrótico [3,6]; si incluye material de osteosíntesis o protésico infectado, una vez retirado, se deberá enviar al laboratorio de microbiología y deberá procesarse mediante sonificado y posterior cultivo, así como tomar cultivos de muestras de zonas periprotésicas que estén macroscópicamente infectadas [6]. Por otro lado, en cuanto al manejo antibiótico, idealmente se debe retirar el tratamiento antibiótico hasta tres semanas antes del procedimiento quirúrgico, y retrasar la administración de profilaxis hasta la toma de muestras [3,6].

3.3. Manejo del espacio muerto y tratamiento local antiinfeccioso

Tras la eliminación del tejido infectado, es posible que dejemos un defecto óseo: el espacio muerto. Este espacio se llenará de sangre, formando un hematoma que finalmente se reemplazará por un tejido avascular [3,9]. Que haya un tejido avascular resulta nefasto para el tratamiento, dado que, al estar excluido de la circulación, no acceden ni las defensas inmunitarias ni el antibiótico sistémico, de forma que puede actuar como caldo de cultivo perfecto para que la infección perpetúe [1,3], resultando nuestro primer tratamiento completamente inútil. Por ello, este espacio necesita un manejo adecuado que permita erradicar la infección, impedir el nuevo crecimiento bacteriano en la superficie del implante y, finalmente, la regeneración ósea [1,8].

El espacio muerto puede manejarse de numerosas formas, y no existe consenso acerca de cuál es la mejor [4]. Por ello, haremos una distinción en función del número de intervenciones que sea necesario realizar para concluir el tratamiento, de forma que encontramos aquellas técnicas que requieren dos tiempos y aquellas que requieren únicamente un tiempo. A pesar de las diferencias en el manejo y en los tiempos, ambas clases presentan una efectividad similar [4]. Del mismo modo, ambas buscan reducir ese espacio muerto y alcanzar las mayores dosis de antibiótico posible en el foco de infección, superando incluso a las dosis alcanzables mediante una administración sistémica, como podría ser una vía intravenosa u oral [3], reduciendo además la toxicidad sistémica derivada de dosis tan altas.

Actualmente, el protocolo de tratamiento más utilizado es la cirugía en dos tiempos, especialmente empleando espaciadores de cemento de metacrilato de polimetilo (PMMA) cargados de antibióticos locales a altas dosis [16]. No obstante, las esferas de cemento de PMMA impregnadas también de antibióticos son asimismo alternativas al uso de estos espaciadores. A pesar de que sea el protocolo de tratamiento más empleado, no deja de presentar importantes inconvenientes [3,4,8,16], tales como la dificultad para determinar el tiempo de liberación del antibiótico, la creación de resistencias al antibiótico si se mantiene demasiado tiempo por la génesis de un biofilm bacteriano y la aparición de niveles subterapéuticos, y la comorbilidad derivada de la segunda intervención, tanto por la misma como por las dificultades derivadas de la retirada del cemento de PMMA, que puede quedarse adherido por la formación de un tejido de granulación a su alrededor.

Por otro lado, las cirugías que requieren un único tiempo constituyen tanto el presente como el futuro del tratamiento quirúrgico de las osteomielitis crónicas. Son muchos los intereses que acompañan a este tipo de técnicas, pero, sobre todo, destaca la menor morbilidad derivada de una segunda intervención. No obstante, la experiencia con este tipo de técnicas es menor, por lo que, aún con una efectividad similar, aún no es el *gold standard* de la cirugía de manejo del espacio muerto.

Entre estas técnicas, encontramos aquellas que emplean elementos biológicos y aquellas que utilizan elementos no biológicos [4]. Entre las que emplean elementos biológicos, destacan el empleo de colgajos musculares y aloinjertos óseos cargados de antibióticos, los cuales también permiten reconstruir las partes blandas circundantes. Por otro lado, entre los que emplean elementos no biológicos, también llamados sustitutos óseos, encontramos los sustitutos óseos cálcicos impregnados de antibióticos (imagen 10) y el vidrio bioactivo.



Imagen 10. Encontramos una cavidad medular recubierta de sulfato cálcico a las dos semanas de su inserción, observándose una leve reabsorción [7].

Respecto a los sustitutos óseos, estos se emplean para recubrir la superficie de los implantes debido a sus propiedades antimicrobianas, osteoinductoras y osteoconductoras [8], y tienen la ventaja de ser biodegradables [16], es decir, se reabsorben *in situ*, por lo que no necesitan una segunda cirugía de extracción como sucedía con los espaciadores y las esferas de cemento de PMMA. Cada uno de ellos funciona mediante mecanismos distintos: por un lado, en los sustitutos óseos cálcicos, siendo el más empleado el sulfato de calcio, las propiedades antimicrobianas se las confiere el antibiótico que tienen impregnado [16] y las propiedades osteoinductoras y osteoconductoras se las confiere la capacidad de transformarse en hidroxiapatita, componente la matriz inorgánica del hueso normal [10]; mientras que en el caso de los biovidrios, siendo el más destacado el biovidrio BAG S53P4, las propiedades antimicrobianas se deben a la alcalinización del medio por contacto con los fluidos corporales del paciente y al aumento de la presión osmótica en el medio por la liberación por parte del biovidrio de iones, imponiendo por un lado un medio inviable para el crecimiento bacteriano y por otro la lisis por sobrecarga osmótica de los microorganismos infectantes [4,16], mientras que las propiedades osteoinductoras y osteogénicas se deben a la liberación de más iones por el contacto con fluidos corporales, que fomentarán genes específicos en células osteogénicas, favoreciendo el reclutamiento y remodelado óseo, y, como los sustitutos óseos cálcicos, la formación de una membrana de hidroxiapatita natural que fomenta la fijación y la osteoinducción [16].

Respecto a los espaciadores de cemento, además de la menor morbilidad por la ausencia de una segunda cirugía, presentan un perfil de elución predecible. No obstante, los sustitutos óseos cálcicos, a pesar de reabsorberse en poco tiempo, generalmente en seis semanas, no suponen un adecuado soporte estructural por rápida hidrólisis [10]; además, no resuelven el problema de las resistencias a antibióticos. Estos problema podrían resolverse con el biovidrio, que gracias a su reabsorción lenta sí supone un soporte estructural adecuado, y, además, puede erradicar hasta microorganismos altamente resistentes como los *S. Aureus* resistentes a metilina (SARM) [16]. De hecho, Ortega et al en 2022 se observaron una erradicación de la osteomielitis en el 80% de los pacientes, tras el seguimiento 43 meses, con una tasa de complicaciones del 27%, y sin exacerbaciones de la infección tras la colocación del biovidrio. [16]

Las ventajas e inconvenientes de las diferentes técnicas de manejo del espacio muerto se comentan en la Tabla 4 [1].

Title 1	Ventajas	Inconvenientes
PMMA	<i>Gold Standard</i> Liberación lenta de altas concentraciones de antibióticos, con menores efectos sistémicos Fácil de mezclar	Dos tiempos, con dificultad de retirar Riesgo de Resistencia a antibióticos
Sustitutos óseos	Biodegradables (1 tiempo) Osteoinductores, osteoconductores y antimicrobianos	Dependen de una buena cobertura de tejidos blandos
Injerto óseo simple	Osteoinductor y osteoconductor	Limitado a pequeños defectos Riesgo de reabsorción temprana Morbilidad en el sitio del donante Rechazo de la infección
Prótesis	Rapidez a la hora de restablecer la función No requiere recolectar hueso 1 tiempo	Riesgo de infección y luxación Necesidad de cirugía de reconstrucción de partes blandas Revisiones periódicas
Amputación	Movilización precoz Cirugía "one shot"	

Tabla 4. Ventajas e inconvenientes de las técnicas empleadas en el manejo del espacio muerto. Aunque no se ha comentado en la revisión, la amputación y el uso de prótesis son alternativas posibles en el tratamiento de la osteomielitis crónica. Hoy en día rara vez son planteadas.

3.4. Tratamiento antibiótico sistémico y dirigido

En asociación con el tratamiento local de la infección, el tratamiento antibiótico sistémico es otro de los pilares del tratamiento de la osteomielitis crónica [3]. Idealmente, este debe ser dirigido al patógeno causante de la infección, determinado por los cultivos obtenidos en pasos anteriores y guiados por antibioterapia, así como de forma multidisciplinar con especialistas en enfermedades infecciosas en el aparato locomotor.

Este tratamiento antibiótico debe iniciarse tan pronto como se extraigan las muestras del cultivo [1], salvo en pacientes estables [17], en los que podrán suspenderse hasta obtener el diagnóstico microbiológico. A pesar de ello, la duración y vía de administración resulta aún, a día de hoy, controversial.

Respecto al tratamiento, el consenso es que la duración del tratamiento ha de ser prolongado, aunque se haya demostrado que no haya pruebas de que el tratamiento antibiótico prolongado reduzca la tasa de recurrencia [17]. Algunos autores proponen un tratamiento de una duración mínima de 6-8 semanas, en el que el hueso haya sido cubierto por tejidos blandos bien vascularizados [3,17], mientras que otros afirman que es suficiente mantenerlo hasta que se normalicen marcadores de inflamación como la velocidad de sedimentación globular (VSG) y la proteína C reactiva (PCR) [2].

Por otro lado, la vía de administración de elección, también por consenso, es la vía intravenosa. No obstante, una revisión Cochrane habla de no diferencias entre la vía oral y la parenteral, imponiéndose como opción más atractiva la vía oral [18].

Inicialmente, si se desconoce el agente causal, el tratamiento será empírico con una combinación de dos fármacos. No obstante, si conocemos el agente causal, deberá ser dirigido a ese microorganismo y, una vez obtenidos los resultados del antibiograma, se desescalará. Los tratamientos propuestos se resumen en la Tabla 5 [17].

Terapia empírica	Vancomicina + Cefalosporina 3 ^o -4 ^a generación
SASM	Cefazolina, Oxacilina, Nafcilina, Fuxacilina o Ceftriaxona
SARM	Vancomicina, Daptomicina o Teicoplanina Alternativas: Rifampicina y ácido fusídico
Gram negativos	Aminoglucósidos: ciprofloxacino y levofloxacino; Cefalosporinas: ceftriaxona, ceftazidima, cefepime; o Carbapenems: ertapenem, meropenem

Tabla 5. Antibioterapia dirigida en el tratamiento de la osteomielitis crónica [17]. El tratamiento será intravenoso, inicialmente empírico según sospecha y posteriormente dirigido según los resultados de los cultivos y antibiograma.

3.5. Reconstrucción ósea y de partes blandas

La reconstrucción de partes blandas es otra de las partes fundamentales del tratamiento de la osteomielitis crónica [3]. Este permitirá crear un búnker que aislará de patógenos externos a la zona desbridada, facilitará su revascularización y la obliteración del espacio muerto [3]. Esta puede llevarse a cabo en la misma cirugía de desbridamiento (reconstrucción inmediata) o retrasarse unos días (reconstrucción retardada).

El tratamiento temporal del defecto se puede realizar de forma eficaz mediante el uso de terapia de presión negativa o con la técnica *bead pouch*, en la cual utilizando rosarios cargados de antibióticos se oblitera el espacio muerto y, a continuación, se sella con una membrana semipermeable tipo *Opsite* [19]; mientras que la reconstrucción definitiva puede involucrar musculares pediculados o no y colgajos miocutáneos, no debe demorarse más de una semana y deberá acompañarse de un nuevo desbridamiento y retirada de los sistemas cobertura del espacio muerto, si los hubiera, que se emplearan en el primer tiempo [3].

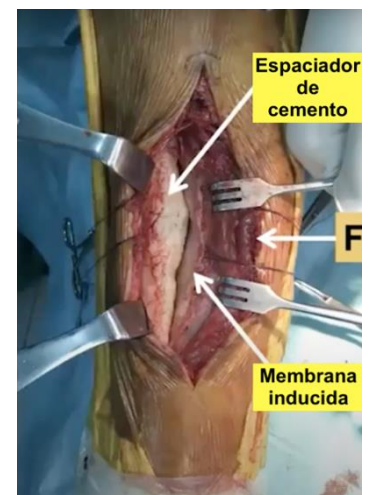
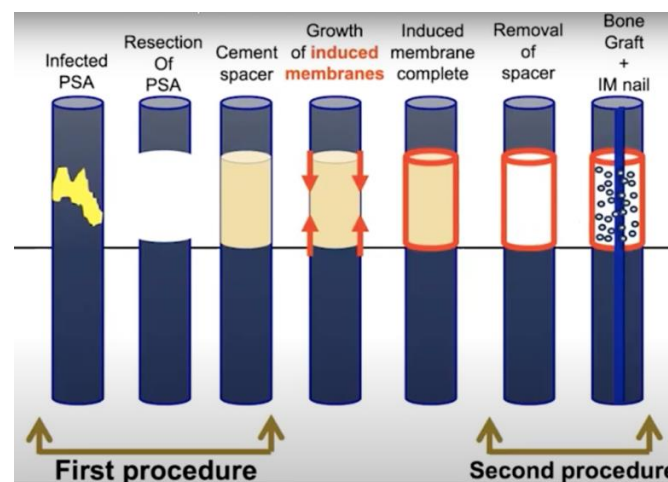
Por otro lado, también es vital la reconstrucción ósea. Dentro de los sistemas de reconstrucción ósea que emplearemos, en orden creciente de complejidad, serán: injerto óseo simple, técnica de la membrana inducida o técnica de Masquelet, técnica de Ilizarov y colgajos óseos vascularizados, como el peroné libre o pediculado. A día de hoy, no existe evidencia de la superioridad de una técnica respecto a otra [3], de forma que la elección recaerá en la preferencia del cirujano. No obstante, se suele preferir el uso de colgajos óseos vascularizados para tratar defectos óseos en el miembro superior y las técnicas de Masquelet e Ilizarov para tratar defectos del miembro inferior, empleando en cualquiera de ambas técnicas injertos óseos simples, si fuera necesario, para reforzar la estructura o rellenar el espacio muerto [9]. Las ventajas e inconvenientes se reúnen en la Tabla 6 [3].

	Necesidad Injerto	Tamaño de defecto	Morbilidad zona donante	Corrección de deformidades	Tiempo	Calidad hueso	Dificultad	Evidencia
Injerto autólogo	Sí	Pequeño	Sí	No	Corto	Alta	Baja	Alta
Masquelet	Sí	Grande	Sí	No	Intermedio	Baja	Baja	Intermedia
Peroné vascularizado	Sí	Grande	Sí (y alta)	No	Intermedio	Alta	Alta	Alta
Transporte óseo	No	Grande	No	Sí	Prolongado	Alta	Alta	Alta

Tabla 6. Ventajas e inconvenientes de las técnicas de reconstrucción ósea. A destacar que la corrección de deformidades es únicamente posible con el transporte óseo de Ilizarov, y que las técnicas que consiguen una remodelación en grandes defectos son el colgajo óseo de peroné, la técnica de Masquelet y el transporte óseo de Ilizarov.

La técnica de elección para rellenar los espacios muertos y facilitar la reconstrucción ósea son los injertos óseos procedentes de la médula ósea [12]. Estos pueden provenir del mismo paciente (autólogo) o de un hueso donado y congelado (autólogo), y contienen una importante capacidad osteoconductora, osteoinductora y osteogénica (esta última sólo en autoinjertos). No obstante, debido inconvenientes como dolor postoperatorio, chasquidos al caminar, alteraciones de la marcha, dolores nerviosos, hematomas y el rechazo agudo como consecuencia de la infección, se ha estudiado, con éxito en un estudio reciente [17], el injerto de grasa autóloga obtenido por lipoaspirado, el cual al contener gran cantidad de células estromales mesenquimales es capaz de diferenciarse a células óseas.

La técnica de la membrana inducida de Masquelet [20,21,22,23] (imágenes 11 y 12) es una técnica de reconstrucción ósea en dos tiempos en la que se forma una membrana pseudosinovial, con propiedades osteoinductoras y rica en vascularización y colágeno, como consecuencia de una reacción inflamatoria al espaciador de cemento de PMMA colocado en el primer tiempo. En el segundo tiempo, y al retirar el espaciador de cemento, se busca mantener esa pseudomembrana y rellenarla de un injerto de hueso autólogo, el cual acabará anclando y creciendo alrededor de esa membrana reduciendo asimismo el espacio muerto. No obstante, siendo probablemente el método principal de tratamiento de los defectos óseos por infección, tiene sus inconvenientes, tales como la absorción del injerto, la incapacidad de cubrir defectos demasiado grandes, la formación de pseudoarticulaciones, el agrietamiento de la herida y que puede no corregir las discrepancias en longitud de los miembros, así como que requiere dos tiempos [21,22]



Imágenes 11 y 12 [23]. Observamos los pasos que componen a esta técnica en la imagen 11. A destacar el aspecto macroscópico de la membrana inducida en un paciente real, representada en la imagen 12, la cual a la hora de intervenir deberemos tener cuidado de no retirarla y acompañarla de hueso autólogo para que estimule la osteogénesis.

Por otro lado, la técnica de Ilizarov [22] es una técnica mínimamente invasiva en la que, mediante una tracción lenta y continua del hueso, y basándose en el principio del estrés por tracción, permite una osteogénesis y un transporte óseo que permite el

alargamiento del hueso, siendo por ello ideal para reparar los defectos óseos que acompañan al desbridamiento del tejido óseo infectado. Esta técnica emplea un fijador externo anular con alambres a tensión perforados a través del hueso y fijados bajo tensión (imagen 13) cuyas ventajas principales son que los alambres perforan el hueso sano y, por ello, no afecta al tramo de hueso infectado, por lo que no facilita la diseminación de la infección como sí harían otras técnicas, y que se puede ensamblar individualmente según las necesidades del tratamiento y las características del hueso, permitiendo ajustar el dispositivo a gusto del terapeuta y modular correctamente la elongación. No obstante, la duración del tratamiento suele ser prolongada, suele asociar dolor por distracción y supone una gran incomodidad para los pacientes, así como otras consecuencias como infecciones de las uñas o rigideces en articulaciones cercanas por la inmovilidad. Por lo general se emplea de intervenciones en un solo tiempo y se acompaña de transporte óseo simple si el defecto es pequeño, o de injerto óseo si el defecto es mayor, con el objetivo de rellenar ese espacio muerto.



Imagen 13 [24]. Dispositivo de Ilizarov

Manteniendo los principios y los resultados de estas técnicas, y paliando sus inconvenientes, se han postulado alternativas como la técnica del piston [21], una técnica que combina la membrana de Masquelet y la técnica de Ilizarov, en la que el primer tiempo es similar a la técnica de Masquelet, pero en un segundo tiempo, retirando el cemento óseo, se coloca un fijador externo como el que acompaña a la técnica de Ilizarov, de forma que ha demostrado reducir el tiempo de la fijación externa y las complicaciones derivadas de esta, con unos resultados similares, así como evita el injerto óseo.

Finalmente, como técnica de reconstrucción ósea, se encuentran los colgajos óseos vascularizados [23]. Entre ellos destacamos el colgajo de peroné. Este colgajo se acompaña de los vasos peroneos o tibiales anteriores, e incluso de un colgajo de piel, y permiten cubrir defectos de hasta 22-26 centímetros, por lo que son muy útiles, como se ha comentado ya, para tratar en un único tiempo defectos óseos derivados de una osteomielitis crónica de los miembros superiores [3], aunque estos sean, por lo general, minoría. No obstante, al ser autólogos, corremos el riesgo de fracaso del prendimiento en aquellos pacientes con enfermedad vascular periférica, pues su vascularización estará comprometida [25].

4. Conclusiones

Son múltiples las posibilidades en el tratamiento quirúrgico de la osteomielitis crónica. No obstante, las expectativas de resolución son mejorables y queda a la espera la aparición de nuevos procedimientos que nos permitan alcanzar una resolución completa y que no muestre los inconvenientes que sí presentan las técnicas actuales. Así, son muchos los pacientes que, con los procedimientos actuales, viven con secuelas funcionales que limitan de gran manera su calidad de vida. Por ello, es imprescindible establecer una definición común de la enfermedad con el objetivo de poder realizar ensayos estandarizados, y así mejorar los resultados de estas intervenciones, con el beneficio del sistema, pero sobre todo del paciente.

References

- Panteli, M., & Giannoudis, P. V. (2017). Chronic osteomyelitis: what the surgeon needs to know. *EFORT open reviews*, 1(5), 128–135. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.000017>
- Arshad, Z., Lau, E. J., Aslam, A., Thahir, A., & Krkovic, M. (2021). Management of chronic osteomyelitis of the femur and tibia: a scoping review. *EFORT open reviews*, 6(9), 704–715. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200136>
- Corona, P. (2019). Osteomielitis. *MBA institute*, 2(21).
- Pincher, B., Fenton, C., Jeyapalan, R., Barlow, G., & Sharma, H. K. (2019). A systematic review of the single-stage treatment of chronic osteomyelitis. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 14(1), 393. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1388-2>
- UpToDate. Osteomyelitis associated with open fractures in adults.
- Esteban, J., Marín, M., Meseguer, M. & Sánchez, M. (2009). *Procedimientos en Microbiología Clínica. Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. SEIMC.
- Elhessy AH, Rivera JC, Shu HT, Andrews TJ, Herzenberg JE, Conway JD. Intramedullary Canal Injection of Vancomycin- and Tobramycin-loaded Calcium Sulfate: A Novel Technique for the Treatment of Chronic Intramedullary Osteomyelitis. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2022;17(2):123-130. doi:10.5005/jp-journals-10080-1554
- Geurts, J. A. P., van Vugt, T. A. G., & Arts, J. J. C. (2021). Use of contemporary biomaterials in chronic osteomyelitis treatment: Clinical lessons learned and literature review. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 39(2), 258–264. <https://doi.org/10.1002/jor.24896>
- Cierny G 3rd, Mader JT, Penninck JJ. A clinical staging system for adult osteomyelitis. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;(414):7-24. doi:10.1097/01.blo.0000088564.81746.62
- Tatay Díaz A et al. Sustitutos óseos Rev. S. And. Traum. y Ort., 2008;26(1/2):2-13
- Qin Z, Deng Y, Li X, Li M. Bone cement implantation syndrome induced by antibiotic-loaded bone cement covering the infected bone surface: A case report. *Int J Surg Case Rep.* 2021;89:106627. doi:10.1016/j.ijscr.2021.106627
- Reinisch, K. B., Zuk, G., Raptis, D. A., Bueter, M., Guggenheim, M., Stasch, T., & Palma, A. F. (2019). Autologous lipotransfer for bone defects secondary to osteomyelitis: A report of a novel method and systematic review of the literature. *International wound journal*, 16(4), 916–924. <https://doi.org/10.1111/iwj.13119>
- Tetsworth K, Cierny G 3rd. Osteomyelitis debridement techniques. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(360):87-96. doi:10.1097/00003086-199903000-00011
- Voskuil, R. T., Viscomi, B., Holt, G. E., & Bruce, J. (2019). Reamer-Irrigator-Aspirator Multiuse Application in the Treatment of Chronic Osteomyelitis. *Journal of orthopaedic case reports*, 9(5), 47–50. <https://doi.org/10.13107/jocr.2250-0685.1528>
- Pfeifer, R., Kobbe, P., Knobe, M. et al. Das Reamer-Irrigator-Aspirator (RIA)-System. *Oper Orthop Traumatol* 23, 446–452 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00064-011-0117-8>
- Ortega Yago, Argüelles Linares & Baeza Oliete. (2022). Papel del biovidrio en el tratamiento de la osteomielitis focal crónica. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular*, 40-47. <https://doi.org/10.37315/sotocav20222905740>
- UpToDate. Nonvertebral Osteomyelitis in adults: treatment.
- Conterno LO, Turchi MD. Antibiotics for treating chronic osteomyelitis in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013, Issue 9. Art. No.: CD004439. DOI: 10.1002/14651858.CD004439.pub3. Accedida el 24 de noviembre de 2022
- Taylor GI, Corlett RJ, Ashton MW. The Evolution of Free Vascularized Bone Transfer: A 40-Year Experience. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(4):1292-1305. doi:10.1097/PRS.0000000000002040
- Masquelet A, Kanakaris NK, Obert L, Stafford P, Giannoudis PV. Bone Repair Using the Masquelet Technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101(11):1024-1036. doi:10.2106/JBJS.18.00842

-
21. Du, J., Yin, Z., Cheng, P. *et al.* Novel piston technique versus Ilizarov technique for the repair of bone defect after lower limb infection. *J Orthop Surg Res* **16**, 704 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02844-1>
 22. Li, J., Li, M., Wang, W., Li, B. & Liu, L. (2022). Evolution and Development of Ilizarov Technique in the Treatment of Infected Long Bone Nonunion with or without Bone Defects. *Orthopaedic Surgery*, 14(5), 824-830. <https://doi.org/10.1111/os.13218>
 23. Harvard Global Orthopaedics Collaborative. (2022, 31 marzo). *Masquelet's Induced Membrane Technique* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8vAEo9FyzQQ>
 24. Sri Sathya Sai Institute of Higher Medical Sciences. (2015, 29 diciembre). *Sri Sathya Sai Ilizarov Conference - Complete Surgical Demonstration* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=p56LWcxROO8>
 25. Taylor GI, Corlett RJ, Ashton MW. The Evolution of Free Vascularized Bone Transfer: A 40-Year Experience. *Plast Reconstr Surg*. 2016;137(4):1292-1305. doi:10.1097/PRS.0000000000002040