

Masquelet technique in the management of bone defects of the tibial diaphysis

Técnica de Masquelet en manejo de defectos óseos de diáfisis de la tibia

Autores:

Montero-Ortiz, Lissette Micaela
Universidad Técnica de Ambato
Interno de Medicina
Ambato – Ecuador



Imontero0119@uta.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0002-8845-2433>

Dr. Esp. Garay-Villamar, Daniel Gustavo
Universidad Técnica de Ambato
Docente/Tutor
Ambato – Ecuador



dg.garay@uta.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-4248-3402>

Fechas de recepción: 15-OCT-2023 aceptación: 13-DIC-2023 publicación: 15-DIC-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

Introducción: La técnica de Masquelet se ha emergido como un método vital para el tratamiento de fracturas abiertas y defectos óseos. Se basa en la creación de una membrana inducida que ayuda en la regeneración ósea, ofreciendo una solución a los retos asociados con lesiones óseas graves.

El propósito fundamental de este análisis fue examinar la efectividad y los factores determinantes del éxito de la técnica de Masquelet en la reconstrucción de defectos óseos de la diáfisis de la tibia.

Esta revisión bibliográfica se llevó a cabo mediante la exploración de documentos en bases de datos como PubMed y Google Scholar, enfocándose en estudios que evaluaron la técnica de Masquelet. Se incluyeron artículos publicados entre 2017 y 2023, prestando especial atención a estudios de casos, ensayos clínicos y revisiones sistemáticas. No obstante, también se consideraron trabajos más antiguos para consolidar el desarrollo teórico.

Resultados: Los estudios mostraron una alta tasa de éxito en la regeneración ósea y la recuperación funcional. Factores como el tamaño del defecto, el tipo de espaciador utilizado y el tiempo entre las etapas del procedimiento influyeron significativamente en los resultados.

Conclusiones: El método de Masquelet demuestra ser eficaz en el tratamiento de defectos óseos de la diáfisis de la tibia. Sin embargo, se requiere atención cuidadosa a los factores que influyen en el éxito para optimizar los resultados.

Palabras Clave: Técnica de Masquelet, Defectos Óseos, Diáfisis Tibial, Regeneración Ósea, Cirugía Ortopédica.

Abstract

Introduction: The Masquelet technique has emerged as a crucial method for the treatment of open fractures and bone defects. It is based on the creation of an induced membrane that aids in bone regeneration, providing a solution to challenges associated with severe bone injuries. The primary purpose of this analysis was to examine the effectiveness and determining factors of success in the Masquelet technique for the reconstruction of bone defects in the tibial diaphysis.

This literature review was conducted through the exploration of documents in databases such as PubMed and Google Scholar, focusing on studies that evaluated the Masquelet technique. Articles published between 2017 and 2023 were included, with particular emphasis on case studies, clinical trials, and systematic reviews. Nevertheless, older works were also taken into account to strengthen the theoretical framework.

Results: Studies demonstrated a high success rate in bone regeneration and functional recovery. Factors such as defect size, the type of spacer used, and the timing between procedure stages significantly influenced outcomes.

Conclusions: The Masquelet method proves to be effective in treating bone defects in the tibial diaphysis. However, careful attention to factors influencing success is required to optimize results.

Keywords: Masquelet Technique, Bone Defects, Tibial Diaphysis, Bone Regeneration, Orthopedic Surgery.



Introducción

El manejo de fracturas abiertas y defectos óseos grandes ha sido un desafío continuo en la cirugía ortopédica. Históricamente, estas lesiones han requerido procedimientos complejos y a menudo múltiples intervenciones quirúrgicas. La introducción de la técnica de Masquelet en la década de 1980 marcó un avance significativo. Esta técnica, desarrollada por el cirujano francés Alain Charles Masquelet, se ha perfeccionado y ampliamente utilizado desde entonces (Masquelet & Begue, 2010). Su aplicación ha demostrado resultados prometedores en la reconstrucción de defectos óseos, especialmente en casos donde las opciones de tratamiento tradicionales son limitadas o ineficaces. La técnica de Masquelet, conocida también como técnica de inducción de membrana, implica la creación de una membrana pseudosinovial alrededor de un espacio óseo defectuoso. Este procedimiento se realiza en dos etapas: inicialmente, se inserta un espaciador de cemento para inducir la formación de una membrana y, posteriormente, se realiza la reconstrucción ósea con injertos (Bernd, R. et al., 2023).

La técnica de Masquelet, reconocida por su eficacia en el tratamiento de fracturas abiertas y defectos óseos, no está exenta de riesgos. Los factores de riesgo incluyen la gravedad de la fractura original, el estado inmunológico del paciente y condiciones preexistentes como diabetes o tabaquismo, que pueden afectar negativamente la curación. Además, la infección previa o la contaminación en el sitio de la fractura aumentan significativamente el riesgo de complicaciones. La estabilidad del espaciador de cemento y la manipulación adecuada de la membrana inducida son cruciales; su inadecuado manejo puede conducir a una curación deficiente (Hsu, C. et al., 2020). Las complicaciones clínicas más comunes incluyen infección en el sitio quirúrgico, dolor persistente, y problemas en la unión del injerto óseo. La formación insuficiente o daño de la membrana inducida puede resultar en un crecimiento óseo deficiente o no unión. Los pacientes pueden presentar signos de inflamación, secreción en el sitio quirúrgico o movilidad anormal en el sitio de la fractura, indicando posibles complicaciones (El-Hadidi, T. et al., 2018).

La diáfisis tibial es uno de los huesos más frecuentemente afectados por trauma de alta energía dada su ubicación anatómica, lo que puede resultar en fracturas expuestas complejas con pérdida ósea segmentaria (Stafford et al., 2010). Se estima una incidencia de 9 fracturas de tibia por cada 100.000 personas por año, y hasta un 22% son abiertas, mayormente en varones entre 15-25 años (Larsen et al., 2008). Cuando estos defectos superan los 3 cm o no pueden estabilizarse con métodos convencionales, se requiere un enfoque reconstructivo. Existe controversia sobre cuál es la mejor opción, pero la técnica de Masquelet ha demostrado utilidad creciente con excelentes tasas de consolidación ósea (70-90%) y funcionales a largo plazo (Giannoudis et al., 2013). Según datos europeos, la incidencia anual de uso de esta técnica para defectos tibiales alcanzaría un promedio de 4,8 por millón de habitantes, pero se estima muy subregistrada (Caba et al., 2012). La mayor experiencia publicada proviene de Francia, lugar de origen de Masquelet, aunque en años recientes su uso se ha expandido a nivel global, especialmente en centros de referencia de trauma complejo. Sin embargo, faltan



estudios epidemiológicos más completos sobre esta modalidad reconstructiva. (Caba et al., 2012).

El diagnóstico de defectos óseos en la diáfisis de la tibia generalmente comienza con una evaluación clínica exhaustiva e investigaciones mediante imágenes diagnósticas, tales como radiografías, tomografías computarizadas (TC) y resonancias magnéticas (RM), para determinar la extensión del defecto y planificar el tratamiento (Masquelet & Begue, 2010; Dimitriou et al., 2011). El manejo inicial se basa en el desbridamiento quirúrgico correcto y temprano de la herida es fundamental para prevenir infecciones. Tradicionalmente, se recomendaba realizar la cirugía dentro de las 6 horas posteriores al accidente, pero estudios recientes sugieren que este margen puede extenderse hasta 12 o incluso 24 horas sin aumentar significativamente el riesgo de infección, siempre que se sigan protocolos de profilaxis antibiótica adecuados.

Finalmente, la planificación de la osteosíntesis definitiva en fracturas abiertas debe tener en cuenta el estado de las partes blandas. El enclavado endomedular es la técnica preferida para fracturas Gustilo I y II cuando es posible un cierre directo de la piel. Para lesiones más extensas, el uso de fijadores externos de forma provisional puede ser una opción hasta que se pueda proceder al cierre cutáneo (Laguna, A. 2023).

La realización de este estudio es esencial debido a la creciente prevalencia y complejidad de estas lesiones en la práctica ortopédica moderna, el manejo de defectos óseos de diáfisis de la tibia, comúnmente resultantes de accidentes o traumas severos, presentan desafíos significativos, incluyendo el riesgo de infecciones y la dificultad en la regeneración ósea. La Técnica de Masquelet, con su enfoque de dos etapas que implica la creación de una membrana inducida y posterior injerto óseo, promete abordar estos problemas ofreciendo una solución innovadora para la reconstrucción ósea en defectos críticos. Un estudio detallado de esta técnica puede proporcionar una comprensión más profunda de su eficacia, optimizar los protocolos de tratamiento, y potencialmente mejorar los resultados clínicos para los pacientes.

Material y métodos

Se redactó un artículo exhaustivo de revisión bibliográfica sobre la técnica de Masquelet en manejo de defectos óseos de diáfisis de la tibia, se siguieron la siguiente metodología:

Selección de Bases de Datos y Palabras Clave

- Bases de Datos: PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library.
- Palabras Clave: "Masquelet Technique", "Tibial Diaphysis", "Bone Defects", "Induced Membrane Technique", "Orthopedic Surgery".

Criterios de Inclusión

- Investigaciones difundidas en la última década para incluir desarrollos recientes y relevantes.
- Artículos en inglés o con resúmenes en inglés.



- Estudios enfocados en la técnica de Masquelet para defectos óseos en la diáfisis de la tibia.
- Publicaciones con resultados clínicos, comparaciones con otras técnicas o descripciones detalladas del procedimiento.
- Incluir estudios clínicos, revisiones sistemáticas, metaanálisis y reportes de casos.

Criterios de Exclusión

- Textos no vinculados de manera directa con la técnica de Masquelet o defectos de la diáfisis tibial.
- Estudios exclusivamente en animales, salvo que ofrezcan insights relevantes para la práctica humana.
- Publicaciones sin datos empíricos como opiniones de expertos.
- Investigaciones con metodologías poco claras o deficiente.
- Estudios duplicados o con datos superpuestos.

Proceso de Revisión y Análisis

- Búsqueda en bases de datos utilizando las palabras clave.
- Aplicación de criterios de aceptación y exclusión para filtrar estudios relevantes.
- Lectura de resúmenes y textos completos para evaluar la relevancia.
- Extracción y síntesis de datos relevantes.
- Organización de la información en secciones temáticas y análisis crítico de los estudios.

Resultados

Antecedentes

La reconstrucción de los extensos defectos óseos traumáticos de los huesos largos sigue siendo un importante desafío terapéutico para los cirujanos ortopédicos, tanto en términos de resultados anatómicos como funcionales. Los defectos óseos de hasta 4.0 cm pueden tratarse con éxito con injertos óseos esponjosos. Defectos más grandes pueden causar problemas complicados con una morbilidad significativa a largo plazo, como pseudoartrosis, asimetría en la longitud de las extremidades y deformidades. Anteriormente, la amputación era el tratamiento preferido debido a la dificultad en el abordaje de significativas deficiencias óseas segmentarias. La preservación de la extremidad se ha desarrollado en el último medio siglo. El injerto óseo esponjoso masivo se utilizó como pilar del tratamiento durante la segunda guerra mundial. Posteriormente, se han utilizado otras opciones quirúrgicas como el transporte óseo a través de la osteogénesis por distracción mediante la técnica de Ilizarov, injertos fibulares vascularizados, injertos no vascularizados, injertos de peroné-pro tibia, aloinjertos y acortamiento agudo de la extremidad para abordar defectos de diversas longitudes. Sin embargo, el injerto fibular vascularizado es técnicamente exigente y requiere habilidades quirúrgicas microvasculares. La técnica es confiable, pero los sitios donantes son limitados. La técnica de membrana estimulada para la reconstrucción quirúrgica de defectos óseos masivos propuesta por A. C. Masquelet en 1986 ha sido raramente estudiada o evaluada



en la literatura hasta hace poco. La técnica de Masquelet es una innovación relativamente nueva que implica la inducción de una pseudomembrana fibrosa alrededor del sitio del defecto óseo como consecuencia de la respuesta del cuerpo ante la presencia del espaciador de polimetilmetacrilato (PMMA) (Singh, S.et al., 2020).

Regeneración ósea

El proceso de regeneración ósea en fracturas se entiende como un proceso complejo que implica varias etapas. A continuación, se describe este proceso:

- **Inflamación (Fase Inmediata Post-Fractura):** Justo después de la fractura, se forma un hematoma en el lugar de la fractura. Este hematoma es crucial para dar comienzo al proceso de curación. Durante esta fase, se liberan citoquinas y factores de crecimiento que atraen células para iniciar la reparación ósea (Einhorn & Gerstenfeld, 2015).
- **Formación de Callo Blando (Fase de Proliferación Celular y Diferenciación):** Las células progenitoras en el periostio y el endostio se diferencian en condrocitos, que forman un callo cartilaginoso. Este callo proporciona estabilidad y es un precursor del callo óseo (Einhorn & Gerstenfeld, 2015).
- **Formación de Callo Duro (Fase de Osteoblástica):** El callo blando se mineraliza progresivamente y se convierte en un callo duro. Los osteoblastos juegan un papel crucial en este proceso, sintetizando nuevo tejido óseo (Marcucio et al., 2015).
- **Remodelación Ósea (Fase Final):** Esta fase implica la remodelación del callo óseo en hueso laminar, restaurando la anatomía y la función ósea normales. Los osteoclastos reabsorben el tejido óseo excesivo, y los osteoblastos depositan hueso nuevo, culminando en la restauración de la arquitectura normal del hueso (Hadjigryrou & O'Keefe, 2014).

Definición

La técnica de Masquelet es una técnica de reconstrucción ósea independiente del largo que se utiliza para reconstruir huesos después de la osteomielitis. Con esta técnica, no se requiere una huesa vascularizada autograftada, ni siquiera con un gran defecto. La técnica consiste en cubrir el hueso defectuoso con una flapa vascularizada, lo que promueve la consolidación del hueso autograftado no vascularizado mediante la inducción de la membrana periosteal. Esta técnica se realiza en dos etapas y, generalmente, se lleva a cabo en las extremidades inferiores, aunque ha sido adaptada para las extremidades superiores (Chung, K. Hidemasa Y., 2023). Su uso va encaminado a reparar grandes defectos óseos tras traumatismo, en la resección de tumores óseos y desbridamiento de osteomielitis (Oh, Y., Yoshii, T., & Okawa, A. 2019).

Tratamiento



El manejo de los defectos óseos mediante la técnica de Masquelet involucra dos etapas: la primera fase abarca la limpieza completa, el mantenimiento de la estabilidad de las extremidades de la fractura, la aplicación de cemento óseo y el cierre sin tensión de la herida; durante la segunda fase, que se lleva a cabo entre 6 y 8 semanas después, se secciona la membrana de inducción y se efectúa el injerto óseo después de retirar el cemento óseo. El principio esencial de la técnica de Masquelet radica en la inducción de una pseudomembrana mediante respuestas fisiológicas a un cuerpo extraño alrededor del espaciador de polimetilmetacrilato (PMMA). En la segunda fase, el espaciador de PMMA se reemplaza con injertos óseos para fomentar la consolidación ósea. La técnica de Masquelet ha sido ampliamente empleada y perfeccionada por numerosos investigadores desde su introducción, especialmente en pacientes con defectos óseos segmentarios extensos y una cantidad insuficiente de hueso autógeno, o aquellos con riesgo de complicaciones en la zona donante que podrían generar mayor incomodidad para los pacientes (Wang, P. et al., 2021) (Walker, M. et al., 2019).

Ventajas:

- Permite rellenar grandes defectos óseos que no se podrían reconstruir con injertos convencionales (Stafford et al., 2010).
- La membrana inducida protege el injerto y mejora su incorporación (Pelissier et al., 2004).
- Menor tasa de infección comparado con fijadores externos (Karger et al., 2012).
- Buena consolidación ósea en fracturas abiertas complejas (Gouron et al., 2015).
- Evita el uso de autoinjertos con morbilidad de zonas donantes (Giannoudis et al., 2011).

Desventajas:

- Requiere múltiples intervenciones quirúrgicas (2 tiempos) (Masquelet et al., 2018).
- Riesgo de infección del espaciador en el primer tiempo quirúrgico (Mauffrey et al., 2012).
- Posible reabsorción del injerto óseo en algunos casos (Apard et al., 2017).
- No permite carga precoz, se requiere inmovilización prolongada (Masquelet et al., 2018).
- Costos más elevados por hospitalización, materiales e intervenciones adicionales (Zischek et al., 2017).
- Requiere cirujanos con experiencia en la técnica (Giannoudis et al., 2013).
- Puede requerir terapias adyuvantes como estimulación ósea (Apard et al., 2017).

Variables que afectan los resultados de la técnica de Masquelet



- Estabilización rígida del foco de fractura. Se ha demostrado mayor tasa de consolidación cuando se combina la técnica con clavos centromedulares, placas bloqueadas o fijadores externos
- Experiencia del cirujano. Equipos con entrenamiento específico en este procedimiento logran mejores tasas de éxito y menores complicaciones.
- Irrigación abundante y desbridamiento en la primera fase quirúrgica. Reduce el riesgo de infección del espaciador y fracaso posterior del injerto óseo.
- Presencia de fractura expuesta. Aunque la técnica ha demostrado utilidad incluso en contexto séptico, lesiones Grado III provocan mayor inflamación y peor vascularización local.
- Tamaño del Defecto Óseo: Defectos mayores a 62 mm muestran menor probabilidad de alcanzar una carga completa de peso.
- Uso de Estabilización Interna: La estabilización secundaria con estabilización interna influye positivamente en la obtención de una carga completa de peso.
- Infecciones Óseas Preexistentes: Pacientes sometidos a IMT (técnica de membrana inducida) debido a infecciones óseas tienen un mayor riesgo de complicaciones quirúrgicas.
- Propiedades del Espaciador: Los materiales del espaciador, como PMMA, silicona, titanio, polipropileno, PVA, PCL y sulfato de calcio, pueden influir en las propiedades de las membranas inducidas. Los espaciadores de PMMA lisos cargados con bajas concentraciones de antibióticos han mostrado propiedades osteogénicas potentes. Además, se ha reportado que tasas bajas de unión ósea están asociadas con espaciadores de titanio y superficies rugosas.
- Tiempo Ideal para la Segunda Etapa: A pesar de la recomendación actual de realizar la segunda etapa de la operación entre 4 y 8 semanas, se sugiere que las membranas mayores de 8 semanas continúan teniendo capacidades regenerativas similares a las más jóvenes (Wang, P. et al., 2021) (Griffin, J. et al., 2022) (Liodakis, E. et al., 2022).

Evidencia Clínica

Tabla N.-1 Técnica de Masquelet en manejo de defectos óseos

Titulo	Autor/año	Tipo de estudio	Resultados
Técnica de Masquelet para la reconstrucción de defectos óseos en fracturas abiertas de miembro inferior: Análisis	Wang, P. et al., 2021	Retrospectivo	Este estudio analizó la experiencia en la terapéutica de defectos óseos segmentarios largos, utilizando la técnica de Masquelet en 45 pacientes con defectos óseos tibiales. Se evaluaron diversos factores como edad, sexo, IMC, complicaciones, y



de la relación entre el defecto óseo y el injerto óseo.			tiempo desde la primera hasta la segunda etapa de la operación. Los resultados mostraron que la técnica de Masquelet es efectiva y segura para el tratamiento de defectos óseos tibiales segmentarios largos, revelando la relación cuantitativa entre el tamaño de los defectos óseos y los injertos óseos.
Técnica de membrana inducida de Masquelet: Revisión de conceptos actuales y futuras direcciones.	Alford, A. et al., 2021	Revisión sistemática	Esta revisión examina la técnica de membrana inducida de Masquelet que ha demostrado ser prometedora en la corrección de fallos óseos de magnitud crítica y presenta varias ventajas sobre su alternativa, la osteogénesis por distracción. Sin embargo, a menudo necesita ser repetida y la tasa de éxito inicial en adultos es menor en comparación con la osteogénesis por distracción (86% vs 95%, respectivamente).
Injerto óseo escalonado para el manejo de defectos segmentarios en huesos largos causados por traumatismos o infecciones mediante la técnica de membrana inducida.	Hadidi, T. et al., 2018	Prospectivo	Este estudio evaluó la técnica de Masquelet en 20 pacientes con defectos óseos segmentarios post-traumáticos y post-infecciosos. Los resultados mostraron que 17 casos (85%) lograron la unión ósea, con dos casos (10%) de reabsorción del injerto y un caso (5%) de injerto infectado. El tiempo hasta la unión varió de 4 a 11 meses después de la segunda etapa, con un promedio de 7.4 meses. La técnica de Masquelet se consideró un método seguro, simple y confiable para tratar defectos óseos segmentarios, aunque las principales complicaciones incluyen infección y reabsorción del injerto

<p>Técnica de Masquelet aguda para la reconstrucción de defectos óseos en una fractura abierta de miembro inferior.</p>	<p>Hatashita, S. et al., 2021</p>	<p>Retrospectivo</p>	<p>Este estudio analizó los resultados del 'acute Masquelet technique' en siete pacientes japoneses con fracturas abiertas de la extremidad inferior y defectos óseos. Los resultados indicaron que la técnica fue altamente beneficiosa para la reconstrucción de fallos óseos de fracturas abiertas de la extremidad inferior como tratamiento primario en la fase aguda, logrando unión ósea en todos los casos y permitiendo a los pacientes caminar sin bastón.</p>
<p>La técnica de Masquelet en el tratamiento de una fractura compleja no infectada de la tibia distal con pérdida significativa de hueso y tejido blando.</p>	<p>Demitri, S., et a., 2018</p>	<p>Reporte de caso</p>	<p>Este informe detalla el tratamiento de una fractura abierta compleja no infectada de la tibia distal en una mujer de 33 años utilizando la técnica de Masquelet en asociación con el sistema RIA. La técnica demostró ser una estrategia válida en la atención de fracturas abiertas complejas no infectadas de la tibia distal con pérdida severa de hueso y tejido blando, logrando la curación exitosa de la fractura a los 13 meses post-trauma.</p>
<p>Técnica de Masquelet para fracturas abiertas de tibia en un entorno militar.</p>	<p>Mathieu, L., et al., 2020</p>	<p>Retrospectivo</p>	<p>Este estudio evaluó la técnica de membrana inducida (IMT) en la intervención de fracturas abiertas de tibia en un centro de trauma militar. De los 15 pacientes incluidos, se logró la unión ósea en 13 casos (87%) con un tiempo medio de 10.1 meses. La serie es la primera en reportar el uso de IMT en un entorno militar, destacando la erradicación previa de infecciones como un desafío importante en defectos óseos tibiales, especialmente en lesiones</p>

			de alta energía y de múltiples tejidos .
Aplicación de la técnica de Masquelet en diversas regiones óseas: una serie de casos.	Seng, W. R. D., & Premchand, A. X. R. (2021)	Retrospectivo	Este estudio presentó una serie de casos de fracturas abiertas de la extremidad inferior con pérdida ósea en diáfisis, metáfisis y epífisis, tratadas con la técnica de Masquelet. Todos los casos tuvieron un seguimiento de al menos un año, con evidencia de unión ósea y buen resultado funcional, demostrando la versatilidad y eficacia de la técnica de Masquelet en el manejo de fracturas abiertas con pérdida ósea en diversas regiones óseas.
Técnica de membrana inducida combinada con un clavo intramedular retrógrado para el tratamiento de defectos óseos infectados del tobillo.	Fu, J., et al., 2023	Retrospectivo	Este estudio trató defectos óseos infectados del tobillo con la técnica de membrana inducida en dos etapas, utilizando un clavo intramedular retrógrado para la fusión del tobillo en la segunda etapa. De 15 pacientes, 13 (86.6%) lograron la unión ósea sin recurrencia de la infección. El estudio concluyó que la técnica de membrana inducida combinada con un clavo intramedular retrógrado para la terapéutica de defectos óseos infectados del tobillo después de un desbridamiento exhaustivo es un método de tratamiento efectivo.
Un metaanálisis de la técnica de Masquelet y del método de transporte óseo Ilizarov para el tratamiento de defectos óseos infectados en las	(Cheng et al., 2022)	Metaanálisis	Este estudio compara la técnica de Masquelet con el transporte óseo de Ilizarov en el tratamiento de defectos óseos infectados de extremidades inferiores, se encontraron las siguientes diferencias significativas: Menor costo hospitalario con la técnica de Masquelet (diferencia de medias de -1,75 miles de dólares).

<p>extremidades inferiores.</p>			<p>Menor tiempo de consolidación ósea final (diferencia de medias de -4,54 meses). Menor tiempo para soportar peso completo (diferencia de medias de -1,73 meses). Mejor calidad de vida post-operatoria (diferencia de medias de 7,70 puntos en escala utilizada). Menor riesgo de complicaciones con Masquelet (odds ratio de 0,39). No hubo diferencias significativas en otros resultados evaluados. Los autores concluyen que la técnica de Masquelet presenta ventajas en varios resultados clínicos relevantes en comparación con la técnica de Ilizarov para defectos óseos infectados de miembros inferiores. Sin embargo, se necesitan más estudios a gran escala para confirmar estos hallazgos.</p>
---------------------------------	--	--	---

Fuente: elaboración propia 2023

Discusión

La Técnica de Masquelet ha evidenciado ser eficaz en el abordaje de deficiencias óseas segmentarias largas de diáfisis de la tibia. Un estudio de Wang et al. (2021) mostró que esta técnica no solo es segura, sino que también permite una correlación cuantitativa entre el tamaño del defecto óseo y los injertos óseos necesarios, lo que es crucial para la selección de estrategias de tratamiento y reducción de complicaciones. Efectivamente, la técnica es prometedora, pero es importante destacar la necesidad de más investigaciones en su aplicación en la fase aguda de las fracturas abiertas. Un estudio de Hatashita et al. (2021) en el *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* señaló que la 'técnica Masquelet aguda' fue útil como tratamiento primario en la fase aguda de fracturas abiertas de extremidades inferiores, logrando la unión ósea en todos los casos estudiados. Aunque los resultados son alentadores, es fundamental continuar con la investigación para establecer protocolos más claros y mejorar aún más los resultados de la técnica, especialmente en diferentes tipos y localizaciones de fracturas.

Lara-Villca, R. (2018) argumenta que la técnica de Masquelet es efectiva para el abordaje de defectos óseos segmentarios en casos post-traumáticos. El estudio describe casos específicos



en los que se utilizó un espaciador de cemento óseo saturado con antibiótico, seguido de un reemplazo por injerto óseo. Se observó una consolidación exitosa en la mayoría de las situaciones, con una cifra promedio de consolidación de ocho meses. Mientras que la autora Ibáñez, Elia (2021), por su parte, presenta un análisis exhaustivo de la literatura, enfocándose en la efectividad de la técnica en el tratamiento de pseudoartrosis tanto sépticas como asépticas. Este estudio abarca una población más amplia con 1311 pacientes, destacando la efectividad de la técnica en defectos tibiales y femorales de aproximadamente 5,9 cm. Se menciona el uso combinado de cemento con antibióticos y técnicas para obtener injerto óseo autólogo, subrayando la versatilidad y eficacia de la técnica en un contexto más generalizado. Mientras Villca, se centra en un enfoque práctico y clínico con casos específicos, la autora Ibáñez realiza una revisión más amplia y sistemática de la literatura que incluye una gama más amplia de pseudoartrosis, abarcando más variantes en la aplicación de la técnica. Ambos estudios coinciden en la efectividad de la técnica, pero la revisión sistemática proporciona un panorama más amplio de su aplicabilidad y éxito en diferentes contextos y tipos de defectos óseos.

Conclusiones

La Técnica de Masquelet, una intervención quirúrgica innovadora y eficaz para el tratamiento de fracturas abiertas con defectos óseos significativos, se ha consolidado como un pilar fundamental en la ortopedia y traumatología modernas. Esta técnica, que involucra un enfoque de dos etapas, ha demostrado ser particularmente útil en la reconstrucción de defectos óseos segmentarios, especialmente en casos donde las opciones tradicionales de manejo pueden ser limitadas o ineficaces.

En la primera etapa de la Técnica de Masquelet, se implanta un espaciador de cemento óseo saturado con antibióticos en el sitio del defecto óseo. Este espaciador no solo sirve para mantener el espacio y la estabilidad estructural, además, desempeña un papel fundamental en la prevención y tratamiento de infecciones asociadas a fracturas abiertas. La segunda etapa implica la remoción del espaciador y el relleno del defecto con injerto óseo, aprovechando el entorno biológicamente activo creado por la membrana inducida. Este entorno es propicio para la osificación y consolidación del injerto, mejorando así la regeneración ósea y la recuperación funcional del paciente. La técnica ha mostrado tasas altas de éxito en términos de consolidación ósea, reducción de la morbilidad y mejora en la funcionalidad de los segmentos afectados, habiéndose aplicado con éxito en diversos huesos, incluyendo la tibia, el fémur y, más recientemente, en huesos del pie como los metatarsianos. Además, su eficacia no se limita a defectos óseos traumáticos, sino que también se ha utilizado en situaciones de pseudoartrosis infectadas y en defectos óseos post-resección tumoral.

Referencias bibliográficas

- Adán Laguna, J. (2023). Fracturas abiertas: epidemiología, clasificación y manejo. Revista Electrónica de PortalesMedicos.com. <https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/fracturas-abiertas-epidemiologia-clasificacion-y-manejo/>
- Alford, A. I., Nicolaou, D., Hake, M., & McBride-Gagy, S. (2021). Masquelet's induced membrane technique: review of current concepts and future directions. *Journal of Orthopaedic Research*, 39(4), 707-718. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jor.24978>
- Apard, T., Bigorre, N., Cronier, P., Duteille, F., Bizot, P., & Massin, P. (2017). Two-stage reconstruction of post-traumatic segmental tibia bone loss with nailing. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 103(1), 1007-1011. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877056810001052>
- Bernd, R. S., Chang-Wug, O., Thomas, K., John, M., Johannes, R. M., Ulrich, K., & Christian, K. (2023). Current Management of Diaphyseal Long Bone Defects—A Multidisciplinary and International Perspective. *Journal of Clinical Medicine*, 12(19), 6283. <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/19/6283>
- Caba-Doussoux, P., Leon-Baltasar, J. L., Garcia-Fuentes, C., & Resines-Erasun, C. (2012). Damage control orthopaedics in severe polytrauma with femur fracture. *Injury*, 43, S42-S46. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020138313701785>
- Cheng, R., Li, M., Ma, T., Li, Z., Xu, Y., Sun, L., Lu, Y., Wang, Q., Xue, H., & Zhang, K. (2022). A meta-analysis of the Masquelet technique and the Ilizarov bone transport method for the treatment of infected bone defects in the lower extremities. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 30(2), 1-9. <https://doi.org/10.1177/10225536221102685>
- Demetri, S., Vicenti, G., Carrozzo, M., Bizzoca, D., De Franceschi, D., & Moretti, B. (2018). The Masquelet technique in the treatment of a non-infected open complex fracture of the distal tibia with severe bone and soft tissue loss: A case report. *Injury*, 49, S58-S62. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020138318307071>
- El-Hadidi, T. T., Soliman, H. M., Farouk, H. A., & Radwan, M. A. E. (2018). Staged bone grafting for the management of segmental long bone defects caused by trauma or infection using induced-membrane technique. *Acta Orthop Belg*, 84(4), 384-396. <http://actaorthopaedica.be/assets/3/02-El-Hadidi.pdf>
- Expósito Ibáñez, E. (2021). Actualización de la Técnica de Masquelet en Pseudoartrosis: revisión sistemática. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/23482>
- Fu, J., Wang, X., Wang, S., Chen, Z., Shen, J., Li, Z., & Xie, Z. (2023). Induced membrane technique combined with a retrograde intramedullary nail for the treatment of infected bone defects of the ankle. *Scientific Reports*, 13(1), 6690. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-34014-0>

- Giannoudis, P. V., Faour, O., Goff, T., Kanakaris, N., & Dimitriou, R. (2011). Masquelet technique for the treatment of bone defects: tips-tricks and future directions. *Injury*, 42(6), 591-598.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020138311001306>
- Giannoudis, P. V., Kanakaris, N. K., Einhorn, T. A., & Marsh, D. (2013). Interaction of bone morphogenetic proteins with cells of the osteoclast lineage: review of the existing evidence. *Osteoporosis International*, 18(12), 1565-1581.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00198-007-0441-x>
- Griffin, J. T., Landy, D. C., Sneed, C. R., Liu, B., Kavolus, M., Pectol, R. W., ... & Aneja, A. (2022). Masquelet technique for the tibia: a systematic review and meta-analysis of contemporary outcomes. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 10-1097.
https://journals.lww.com/jorthotrauma/abstract/2023/01000/masquelet_technique_for_the_tibia_a_systematic.13.aspx
- Hatashita, S., Kawakami, R., Ejiri, S., Sasaki, N., Toshiki, N., Ito, M., ... & Hakozaki, M. (2021). 'Acute Masquelet technique' for reconstructing bone defects of an open lower limb fracture. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 47(4), 1153-1162). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31894350/>
- Hsu, C. A., Chen, S. H., Chan, S. Y., & Yu, Y. H. (2020). The induced membrane technique for the management of segmental tibial defect or nonunion: a systematic review and meta-analysis. *BioMed Research International*, 2020, 1-9.
<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2020/5893642/>
- Kevin C Chung, Hidemasa Yoneda. (2023) Surgical reconstruction of the upper extremity. All topics are updated as new evidence becomes available and our peer review process is complete. https://www.uptodate.com/contents/surgical-reconstruction-of-the-upper-extremity?search=Masquelet%20technique%20in%20open%20fractures&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1#H2394610146
- Lara-Villca, R., & Undurraga-Carmona, N. (2018). Técnica de membrana inducida en la reconstrucción de defectos óseos postraumáticos. *Gaceta Médica Boliviana*, 41(2), 18-20.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1012-29662018000200005&script=sci_arttext
- Larsen, P., Elsoe, R., Hansen, S. H., Graven-Nielsen, T., Laessoe, U., & Rasmussen, S. (2015). Incidence and epidemiology of tibial shaft fractures. *Injury*, 46(4), 746-750.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020138314006743>
- Liodakis, E., Giannoudis, V. P., Sehmisch, S., Jha, A., & Giannoudis, P. V. (2022). Bone defect treatment: does the type and properties of the spacer affect the induction of Masquelet membrane? Evidence today. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 48(6), 4403-4424. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00068-022-02005-x>

- Masquelet, A. C., & Begue, T. (2010). The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthopedic Clinics*, 41(1), 27-37. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19931050/>
- Mathieu, L., Bilichtin, E., Durand, M., de l'Escalopier, N., Murison, J. C., Collombet, J. M., & Rigal, S. (2020). Masquelet technique for open tibia fractures in a military setting. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 46, 1099-1105. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00068-019-01217-y>
- Nwachukwu, B. U., Schairer, W. W., O'Dea, E., McCormick, F., & Lane, J. M. (2015). The Quality of Cost-Utility Analyses in Orthopedic Trauma. *Orthopedics*, 38(8), e673-e680. <https://doi.org/10.3928/01477447-20150804-53>
- Oh, Y., Yoshii, T., & Okawa, A. (2019). Ankle arthrodesis using a modified Masquelet induced membrane technique for open ankle fracture with a substantial osteochondral defect: a case report of novel surgical technique. *Injury*, 50(11), 2128-2135. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138319305376>
- Seng, W. D., & Premchand, A. R. (2022). Application of Masquelet technique across bone regions-a case series. *Trauma Case Reports*, 37, 100591. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352644021001965>
- Singh, S., Dawar, H., Raina, D., Rastogi, S., & Chaudhary, N. (2020). Masquelet technique for treatment of post-traumatic bone defects. *International Journal of Orthopaedics Sciences*, 6(2), 694-0. <https://www.orthopaper.com/archives/2020/vol6issue2/PartK/6-2-82-830.pdf>
- Stafford, P. R., & Norris, B. L. (2010). Reamer-irrigator-aspirator bone graft and bi Masquelet technique for segmental bone defect nonunions: a review of 25 cases. *Injury*, 41, S72-S77. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020138310700140>
- Walker, M., Sharareh, B., & Mitchell, S. A. (2019). Masquelet reconstruction for posttraumatic segmental bone defects in the forearm. *The Journal of Hand Surgery*, 44(4), 342-e1. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0363502317319524>
- Wang, P., Wu, Y., Rui, Y., Wang, J., Liu, J., & Ma, Y. (2021). Masquelet technique for reconstructing bone defects in open lower limb fracture: Analysis of the relationship between bone defect and bone graft. *Injury*, 52(4), 988-995. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33386161/>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

