

Técnica de membrana inducida para la pseudoartrosis aséptica recalcitrante de fémur. Reporte de un caso

Rafael Amadei, Gonzalo M. Viollaz

Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital de Alta Complejidad Cuenca Alta "Néstor Kirchner", Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

En las pseudoartrosis asépticas recalcitrantes, coexisten la ausencia de consolidación ósea, la mala alineación y la discrepancia de longitud de miembros. Aún no hay consenso sobre cómo manejar estos casos. Presentamos a un hombre de 53 años con pseudoartrosis aséptica recalcitrante de fémur tratada con la técnica de membrana inducida. Tenía antecedente de fractura cerrada del extremo distal del fémur derecho (AO33-A3.3) y dos cirugías en otro centro. Tenía una discrepancia de longitud de los miembros de 3,1 cm, mala alineación coronal en varo de 6° y rotación interna de 8°. Después de retirar el implante previo y el desbridamiento radical, el defecto óseo medía 4,2 cm. Se procedió a la estabilización con clavo endomedular retrógrado y el relleno del defecto con cemento de polimetilmetacrilato más vancomicina. En un segundo tiempo, se retiró el cemento y se relleno el defecto con mezcla de autoinjerto y aloinjerto. Se comprobó la consolidación ósea a los 6 meses del inicio del tratamiento, con relleno del defecto y corrección de las deformidades. **Conclusión:** La técnica de membrana inducida es una opción viable para tratar los defectos óseos resultantes en las pseudoartrosis asépticas recalcitrantes de fémur.

Palabras clave: Pseudoartrosis; fémur; aséptica; técnica de Masquelet.

Nivel de Evidencia: IV

Induced Membrane Technique for Aseptic Recalcitrant Nonunion of the Femur: A Case Report

ABSTRACT

In aseptic recalcitrant nonunion, failure of bone healing coexists with malalignment and limb length discrepancy. There is still no consensus on the management of these cases. We present the case of a 53-year-old man with aseptic recalcitrant nonunion of the femur treated with the induced membrane technique. He had a history of a closed fracture of the right distal femur (AO 33-A3.3) and two previous surgeries at another institution. He presented with a limb length discrepancy of 3.1 cm, 6° of varus malalignment in the coronal plane, and 8° of internal rotation. After removal of the previous implant and radical debridement, the bone defect measured 4.2 cm. Stabilization was achieved with a retrograde intramedullary nail, and the defect was filled with polymethylmethacrylate cement mixed with vancomycin. In the second stage, the cement was removed, and the defect was filled with a mixture of autograft and allograft. Bone union was confirmed six months after treatment initiation, with filling of the defect and correction of the deformities. **Conclusion:** The induced membrane technique is a viable option for treating bone defects resulting from aseptic recalcitrant nonunion of the femur.

Keywords: Nonunion; femur; aseptic; Masquelet technique.

Level of Evidence: IV

INTRODUCCIÓN

La pseudoartrosis de fémur sigue siendo una complicación desafiante reportada hasta en el 10% de los casos.¹ Se han descrito distintos tipos de tratamiento para las pseudoartrosis asépticas, como la decorticación, la revisión de la osteosíntesis para aumentar la estabilidad e injertos óseos, con una tasa de consolidación del 80%.²⁻⁴

Recibido el 18-3-2025. Aceptado luego de la evaluación el 16-2-2026 • Dr. GONZALO M. VIOLLAZ • gonzaloviollaz@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4573-883X>

Cómo citar este artículo: Amadei R, Viollaz GM. Técnica de membrana inducida para la pseudoartrosis aséptica recalcitrante de fémur. Reporte de un caso. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2026;91(5):472-482. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2026.91.5.2148>

Cuando los intentos quirúrgicos fallan en lograr la consolidación, se considera recalcitrante.⁵ El manejo de esta entidad es dificultoso, ya que coexisten habitualmente una menor calidad ósea, defectos óseos, malas alineaciones, discrepancia de la longitud de los miembros (DLM), fatiga del material de osteosíntesis, rigideces articulares, cicatrices retráctiles o defectos de cobertura cutánea, así como también la infección.⁵⁻⁸ Todas estas variables generan una incapacidad prolongada que causa un impacto negativo en el ámbito social, pérdida de empleos, depresión, ansiedad, etcétera. Más aún, los sucesivos tratamientos imponen elevados costos económicos al paciente, su familia y el sistema de salud.⁷⁻⁹

Aunque la evidencia científica es escasa respecto al manejo de las pseudoartrosis asépticas recalcitrantes (SAR), se han descrito numerosas tácticas quirúrgicas para resolverla, sin que aún se haya llegado a un consenso. Se han mencionado como estimulantes biológicos y mecánicos, el fresado de canal con intercambio de clavo endomedular, la decorticación y estabilización con placas y tornillos, los injertos óseos vascularizados y la osteogénesis por distracción, con resultados clínicos variados.⁹⁻¹³ La técnica de membrana inducida (TMI), también conocida como técnica de Masquelet, es un procedimiento reconstructivo en etapas que se utiliza, con frecuencia, para defectos óseos sépticos.¹⁴

Desde su descripción inicial, se ha popularizado su uso por su eficacia y reproducibilidad.¹⁴⁻¹⁸ En 2020, Masquelet informó de la aplicación de su técnica en casos de SAR con mala alineación.¹⁸ Por este motivo, presentamos este caso como ejemplo de nuestra experiencia utilizando la TMI en pacientes con SAR de fémur.



Figura 1. Caso clínico: pseudoartrosis recalcitrante de fémur.

CASO CLÍNICO

Hombre de 53 años, con antecedente de fractura cerrada extrarticular en el extremo distal del fémur derecho, con extensión diafisaria y conminución (AO33-A3.3). Se había sometido a dos cirugías en otro centro. Concurrió 10 meses luego de la última cirugía y 3 años después del trauma, con SAR. Definimos la pseudoartrosis como la ausencia de consolidación en tres de las cuatro corticales en las radiografías de frente y de perfil, a los nueve meses de la lesión, sin evolución de la consolidación radiológica en los últimos tres meses (Figura 1).^{16,19} Por el fracaso previo de uno o más tratamientos quirúrgicos la consideramos recalcitrante.⁵

En búsqueda de gérmenes asociados, se realizaron dos pruebas seriadas de laboratorio con reactantes de fase aguda, y biopsia ósea por punción con envío de cinco muestras a bacteriología y cultivo enriquecido durante 15 días. Ambos estudios resultaron negativos y, de acuerdo con la clasificación de Weber,²⁰ la consideramos una pseudoartrosis aséptica.²¹

Se realizó un escanograma de miembros inferiores para evaluar la DLM, y se utilizó el programa Synapse para analizar las imágenes en las que se observó un acortamiento del miembro inferior derecho de 3,1 cm. Con una tomografía computarizada (TC) se evaluó la alineación en los ejes coronal, sagital, y rotatorio: se detectó un desaje coronal de 6° en varo y rotación interna de 8° (Figura 2).

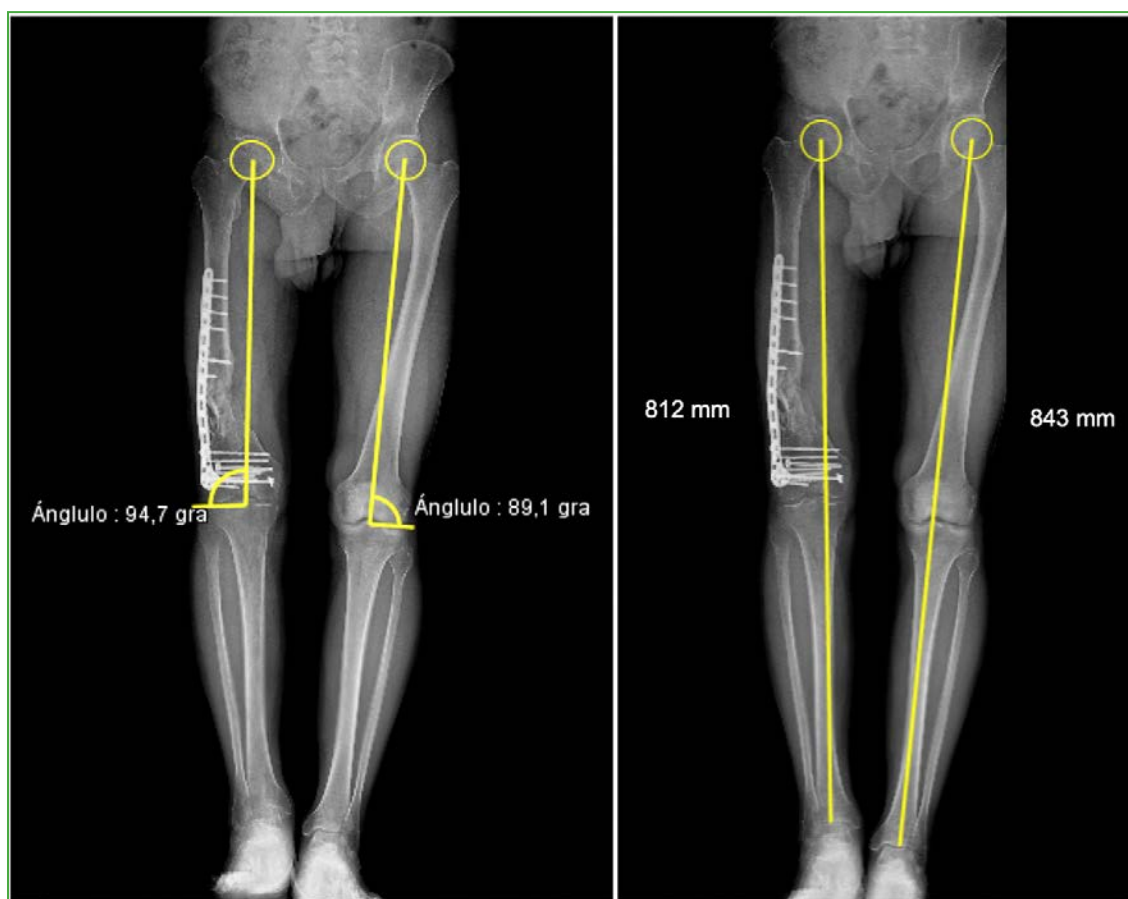


Figura 2. Escanograma de miembros inferiores.

Se corroboraron clínicamente el deseje y el acortamiento (Figura 3). Paralelamente, se realizó una evaluación vasculonerviosa del miembro, de estado de partes blandas, cicatrices previas, y el estado clínico general.



Figura 3. Acortamiento clínico.

Técnica quirúrgica

Con el paciente en decúbito dorsal, se abordó el miembro sobre la cicatriz lateral del muslo previa, se retiraron la placa y los tornillos, abordando el foco de pseudoartrosis. Se resecó en bloque el segmento óseo desvitalizado hasta obtener extremos óseos con sangrado puntiforme (Paprika),²² no se hallaron tejidos que hicieran sospechar una infección. Sobre la base de la DLM y la mala alineación, se planificó la cirugía con asistencia de un distractor femoral universal (Synthes) (Figura 4).



Figura 4. Uso del distractor.

El defecto óseo resultante luego del desbridamiento fue de 4,2 cm. Se corrigieron los ejes y las discrepancias de longitud según la planificación preoperatoria utilizando la técnica descrita por Ganz,²³ para después, proceder a la estabilización del fémur con un clavo endomedular retrógrado acerrojado (South American Implants). Nuevamente se tomaron cinco muestras de hueso y partes blandas para los estudios microbiológico e histopatológico. Luego se rellenó el defecto óseo generado con dos dosis de cemento quirúrgico de polimetilmetacrilato, adicionado a 4 g de vancomicina por dosis de cemento, para finalmente cerrar, con cuidado, todos los planos de la herida (**Figura 5**).



Figura 5. Resultado radiológico del primer tiempo.

Se permitió la carga de peso corporal según la tolerancia inmediatamente después del primer tiempo quirúrgico.

En un segundo tiempo, a las 8 semanas del primero, no había signos clínicos o microbiológicos de infección. Se revisó el foco de pseudoartrosis mediante la apertura de la membrana inducida, el retiro del espaciador de polimetilmetacrilato y el curetaje del interior de la neocápsula para estimular su sangrado. Se tomaron nuevamente muestras de tejido para un estudio bacteriológico, y se rellenó el defecto con autoinjerto óseo y aloinjerto en proporción 1:1 (Figuras 6 y 7). Por último, se cerraron la membrana con sutura reabsorbible, y el resto de los planos. No se realizó el recambio del implante porque se mantenía estable (Figura 8). Tras el segundo tiempo quirúrgico, se restringió la carga de peso corporal por el término de 30 días, y se permitió la carga parcial hasta comprobar la consolidación.



Figura 6. Apertura de la membrana inducida.

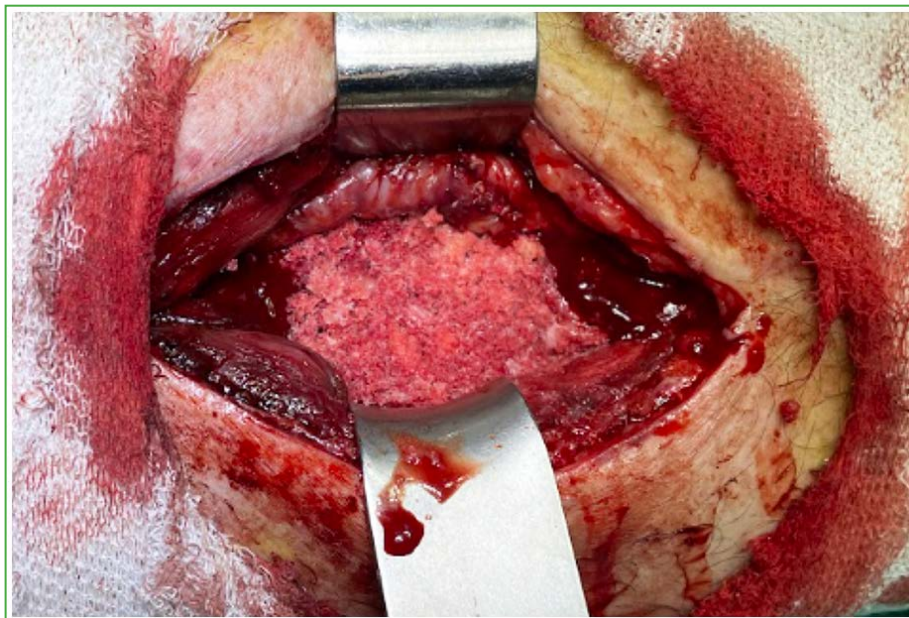


Figura 7. Relleno del defecto con injerto óseo molido.



Figura 8. Resultado radiológico luego del segundo tiempo.

Al final del seguimiento luego de un año desde el último procedimiento, se observó la consolidación e integración completa del injerto, con un relleno completo del defecto, no fueron necesarias nuevas cirugías ni reabsorción del injerto. La DLM fue corregida parcialmente (recuperación de 1,6 cm de longitud) y la corrección de la mala alineación fue completa en el plano coronal y rotatorio (Figura 9). El paciente recuperó su estado funcional y laboral luego del tratamiento (Figura 10).

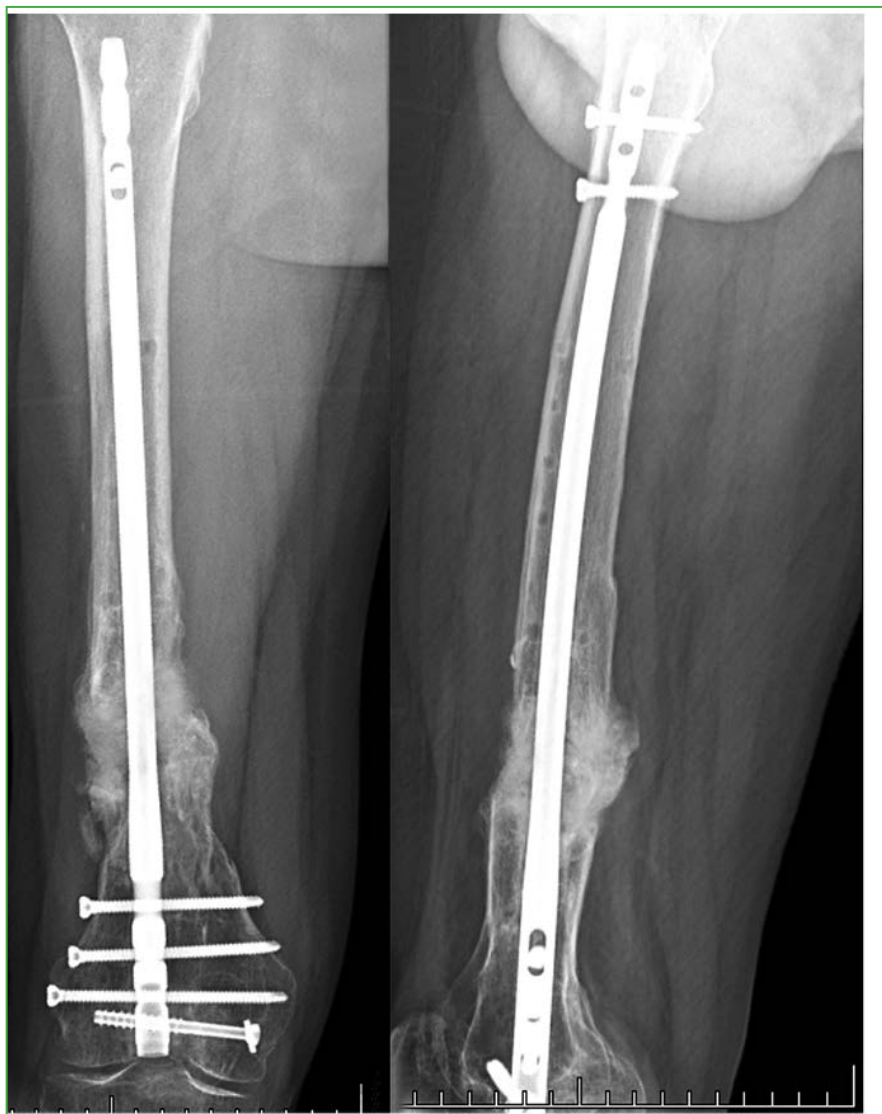


Figura 9. Resultado radiológico final.



Figura 10. Resultado clínico final.

DISCUSIÓN

En esta presentación de un caso, pudimos mostrar la posible indicación de la TMI para el tratamiento de las SAR de fémur, se logró no solo la consolidación ósea, sino también la corrección de las deformidades por secuelas, como previamente reportó Masquelet.¹⁵

Las SAR continúan siendo un tema de debate. Wiss y cols. analizaron 122 pseudoartrosis femorales tratadas con clavos endomedulares o placas y tornillos. La tasa de consolidación fue del 83,6% y hubo un 17,2% de reintervenciones. En esa serie, se identificaron los siguientes factores de riesgo: infecciones, tabaquismo, enfermedades metabólicas y el antecedente de tres o más cirugías.^{24,25}

Desde su descripción inicial por Masquelet, la TMI ha evolucionado optando por la fijación interna sobre la externa y agregando antibióticos al cemento.¹⁴⁻¹⁹

En nuestro caso, se utilizó un clavo endomedular acerrojado, en la primera etapa sin recambio del implante, brindando una excelente estabilidad con un máximo confort y estimulación a la rehabilitación.^{26,27} Además, se permitió la carga de peso desde el inicio estimulando el trofismo muscular, la propiocepción y la movilidad articular.²⁸ Respecto al uso de antibióticos, agregamos vancomicina al cemento ante la sospecha de una infección de bajo grado no

detectada; decisión fundamentada por estudios que han hallado colonias bacterianas por secuenciaciones de ARN en pacientes con cultivos bacterianos negativos.²⁹ Además, según algunos estudios experimentales, los antibióticos actuarían sobre el grosor de la membrana y su vascularización,²⁹ cruciales para crear el microentorno necesario para la cicatrización ósea, denominado por Giannoudis “usina biorreactiva”.³⁰

En esta presentación, mostramos otra “evolución” de la TMI al utilizarla para la SAR. El sustento en la bibliografía es aún escaso; sin embargo, Ma comunicó buenos resultados en 12 SAR de fémur distal tratadas con TMI modificada en tres etapas: 1) desbridamiento y elongación ósea con tutor externo, 2) corrección de ejes, colocación de espaciador de cemento y estabilización con placa y tornillos, 3) recambio de cemento por injerto en pseudocapsula.³¹

En nuestro caso, no fue necesario realizar un primer tiempo para generar el espacio, ya que nos valimos de la asistencia de un distractor femoral para la elongación y manipulación del foco, permitiéndonos manejar un defecto de 4,2 cm sin complicaciones neurovasculares, y corrigiendo, en el mismo acto, las malas alineaciones presentes.

La principal limitación de este reporte es la carencia de evidencia científica para sustentar la técnica, que obliga al futuro desarrollo de estudios con un número mayor de casos que corrobore el hallazgo. Sin embargo, en el contexto de un cuadro con una alta tasa de fracasos terapéuticos, describir una técnica reproducible y eficaz para el manejo de defectos óseos, resulta, a nuestro criterio, muy valioso. Consideramos, por lo tanto, que la TMI es potencialmente eficaz para tratar la SAR de fémur e instamos a profundizar en el uso de la técnica para obtener mayor evidencia que permita avalar su uso.

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

ORCID de R. Amadei: <https://orcid.org/0000-0002-0032-3016>

BIBLIOGRAFÍA

1. Vandekarr MF, Ruppenkamp JW, Vanderkarr M, Holy CE, Blauth M. Risk factors and healthcare costs associated with long bone fracture non-union: a retrospective US claims database analysis. *J Orthop Surg Res* 2023;18(1):745. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04232-3>
2. Weir JC, Osinga R, Reid R, Roditi A, Duncan MacLean A, Lo SJ. Free vascularized medial femoral condyle periosteal flaps in recalcitrant long bone non-union: a systematic review. *Arch Orthop Traumat Surg* 2020;140(11):1619-31. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03354-1>
3. Phillips MR, Harrison A, Metha S, Nolte PA, Bhandari M, Zura R. A scoping review of operative and non-invasive management in the treatment of non-unions. *Injury* 2022;53(12):3872-8. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03354-1>
4. Nicholson JA, Makaram N, Simpson A, Keating JF. Fracture nonunion in long bones: a literature review of risk factors and surgical management. *Injury* 2021;52(Suppl 2):S3-S11. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.11.029>
5. Ring D, Barrick WT, Jupiter JB. Recalcitrant nonunion. *Clin Orthop Relat Res* 1997;(340):181-9. <https://doi.org/10.1097/00003086-199707000-00023>
6. Ma CH, Chiu YC, Tu YK, Yen CY, Wu CH. Three-stage treatment protocol for recalcitrant distal femoral nonunion. *Arch Orthop Traumat Surg* 2017;137(4):489-98. <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2634-x>
7. Jiang Y, Wang X, Huang W, Zhu Y, Zhang K, Feng D. A novel bone graft technique combined with plating for aseptic recalcitrant long bone nonunion. *BMC Musculoskelet Disord* 2022;23(1):873. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05830-8>
8. Ma CH, Chiu YC, Tsai KL, Tu YK, Yen CY, Wu CH. Masquelet technique with external locking plate for recalcitrant distal tibial nonunion. *Injury* 2017;48(12):2847-52. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.10.037>
9. Paniagua AR, Cunningham DJ, LaRose MA, Morriss NJ, Gage MJ. Psychological resilience as a predictor of opioid consumption after orthopaedic trauma. *Injury* 2022;53(6):2047-52. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.10.037>

10. Wu CC. Modified retrograde-locked nailing for aseptic femoral supracondylar nonunion with severe osteoporosis in elderly patients. *J Trauma* 2011;71(2):26-30. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181f64ab1>
11. Amorosa LF, Jayaram PR, Wellman DS, Lorich DG, Helfet DL. The use of the 95-degree-angled blade plate in femoral nonunion surgery. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2014;24(6):953-60. <https://doi.org/10.1007/s00590-013-1267-1>
12. Ali F, Saleh M. Treatment of distal femoral nonunions by external fixation with simultaneous length and alignment correction. *Injury* 2002;33(2):127-34. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(01\)00032-8](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(01)00032-8)
13. Özdemir A, Osabasi E, Eravsar E, Safali S, Acar MA. Treatment of recalcitrant femur nonunion with pedicle corticoperiosteal medial femoral condyle flap. *Sci Rep* 2023;13(1):202326. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47432-x>
14. Masquelet AC, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am* 2010;41(1):27-37. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2009.07.011>
15. Masquelet AC. Induced membrane technique: Pearls and pitfalls. *J Orthop Trauma* 2017;31(Suppl 5):S36-S38. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000979>
16. Giannoudis PV, Harwood PJ, Tosounidis T, Kanakaris NK. Restoration of long bone defects treated with the induced membrane technique: protocol and outcomes. *Injury* 2016;47(Suppl 6):S53-S61. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(16\)30840-3](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(16)30840-3)
17. Mi M, Papakostidis C, Wu X, Giannoudis PV. Mixed results with the Masquelet technique: A fact or a myth? *Injury* 2020;51(2):132-5. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.12.032>
18. Masquelet AC, Gaillard J, Boutroux P, Beauthier-Landauer V, Cambon-Binder A. The wrapping-induced membrane technique for treating recalcitrant nonunions. *Ann Chir Plast Esthet* 2020;65(4):320-5. <https://doi.org/10.1016/j.anplas.2020.04.004>
19. Pesciallo CA, Garabano G, Dainotto T, Ernst G. Masquelet technique in post-traumatic infected femoral and tibial segmental bone defects. Union and reoperation rates with high proportions (up to 64%) of allograft in the second stage. *Injury* 2021;52(11):3471-7. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.08.031>
20. Weber BG, Cech O. *Pseudoarthrosis. Pathophysiology, biomechanics, therapy, results*. Berna: Huber; 1976.
21. Metsemakers WJ, Morgenstern M, McNally MA, Moriarty TF, McFayen I, Scarborough M, et al. Fracture-related infection: A consensus on definition from an international expert group. *Injury* 2018;49(3):505-10. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.08.040>
22. Cierny G 3rd, 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>
23. Ganz R, Horowitz K, Leunig M. Algorithm for femoral and periacetabular osteotomies in complex hip deformities. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468(12):3168-80. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1489-z>
24. Wiss DA, Garlich J, Hasmi S, Neustein A. Risk factors for development of recalcitrant femoral nonunion: A single surgeon experience in 122 patients. *J Orthop Trauma* 2021;35(12):619-25. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002276>
25. Wiss DA, Garlich J, Sherman R. Healing the index tibial nonunion: risk factors for development of a recalcitrant nonunion in 222 patients. *J Orthop Trauma* 2021;35(9):e316-e321. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002060>
26. Ayoub G, Lemonne F, Kombate NK, Bakriga B, Yaovi Edem J, André-Pierre Max U. Interest of nailing associated with the Masquelet technique in reconstruction of bone defect. *J Orthop* 2019;20:228-31. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.12.014>
27. Garabano G, Pesciallo CA. Definitive fixation in the first stage of induced membrane technique for septic segmental bone defects. Why not? *J Clin Orthop Trauma* 2022;37:102089. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2022.102089>
28. Kubiak EN, Beebe MJ, North K, Hitchcock R, Potter MQ. Early weight bearing after lower extremity fractures in adults. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21(12):727-38. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-21-12-727>
29. Natoli RM, Marinos DP, Montalvo RN, Degani Y, Ochenjele G, Griffith C, et al. Poor agreement between next-generation DNA sequencing and bacterial cultures in orthopaedic trauma procedures. *J Bone Joint Surg Am* 2022;104(6):497-503. <https://doi.org/10.2106/JBJS.21.00785>
30. Nau C, Seebach C, Trumm A, Schible A, Konradowitz K, Meier S, et al. Alteration of Masquelet's induced membrane characteristics by different kinds of antibiotic-enriched bone cement in a critical size defect model in the rat's femur. *Injury* 2016;47(2):325-34. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.10.079>
31. Andrzejewski P, Giannoudis PV. The diamond concept for long bone non-union management. *J Orthop Traumatol* 2019;20(1):21. <https://doi.org/10.1186/s10195-019-0528-0>