

Artículo original

doi: 10.35366/113959

Experiencia clínica en el manejo de defectos óseos postraumáticos de huesos largos tratados con la técnica de inducción de membrana

Clinical experience on the management of post-traumatic bone defects of long bones treated with the membrane induction technique

Quiroz-Williams J,* Gaytán-Fernández S,* Barragan-Hervella RG,*
Morgan-Padrón S,* Rojas-Durán O,* Martínez-Asención JP,* Castillo-Ramírez IO‡

Hospital de Traumatología y Ortopedia «Manuel Ávila Camacho», Instituto Mexicano del Seguro Social, Puebla, México.

RESUMEN. Introducción: los defectos óseos alteran drásticamente la calidad de vida del paciente y pueden producir serias secuelas como acortamiento disfuncional, deformidad angular, rigidez articular y trastorno irreversible de la marcha. **Objetivo:** describir la experiencia clínica en el manejo de defectos óseos postraumáticos de huesos largos tratados con la técnica de inducción de membrana. **Material y métodos:** estudio observacional, retrospectivo, de pacientes con defectos óseos mayores de 3 cm con pseudoartrosis diafisaria de huesos largos, a los que se aplicó la técnica de Masquelet. En el período de Enero de 2019 a Enero de 2021. A todos los pacientes se les realizó desbridamiento energético y estabilización de la fractura, para posteriormente colocar el espaciador de cemento. El retiro del espaciador fue a las 4-6 semanas. Se valoró el grado de consolidación y la evolución del tratamiento. **Resultados:** se incluyeron 25 pacientes, la media de edad fue de 36.8 ± 8.9 años. El diámetro de las pérdidas óseas fue de 3 a 10 cm (84%) y > 10 cm (16%). La consolidación ósea se presentó en pacientes con un defecto < 10 cm (16%). Treinta y dos por ciento de los pacientes presentó alguna complicación. **Conclusiones:** la consolidación ósea se logró sólo en aquellos pacientes con defectos < 10 cm, requiriendo procedimientos alternativos a la técnica de inducción de membrana en la mayoría de

ABSTRACT. Introduction: bone defects drastically alter the patient's quality of life, and can produce serious sequelae such as dysfunctional shortening, angular deformity, joint stiffness and irreversible gait disorder. **Objective:** to describe the experience of managing post-traumatic bone defects of long bones treated with the membrane induction technique. **Material and methods:** retrospective observational study of patients with bone defects greater than 3 cm in diaphyseal pseudoarthrosis of long bones, who underwent the Masquelet technique. Period taken from January 2019 to January 2021. All patients underwent vigorous debridement and stabilization of the fracture, to then place the cement spacer. Spacer removal was at 4-6 weeks. The degree of consolidation was assessed, as well as the evolution of the treatment. **Result:** 25 patients were included in the study; the mean age was 36.8 ± 8.9 years. Diameter of bone losses was 3 to 10 cm (84%) and > 10 cm (16%). Bone consolidation occurred in patients with a defect < 10 cm (16%). 32% of patients presented some complication. **Conclusions:** bone union was achieved only in a few patients with defects smaller than 10 cm, requiring alternative procedures in most cases. Proper selection of patients is required.

Nivel de evidencia: III

* Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia «Manuel Ávila Camacho», Instituto Mexicano del Seguro Social. Puebla, Puebla, México.

‡ Facultad de Medicina, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, México.

Correspondencia:

Dr. Jorge Quiroz-Williams

E-mail: jorge.quirozw@imss.gob.mx, jquiwill@hotmail.com

Recibido: 25-02-2022. Aceptado: 09-10-2023.

Citar como: Quiroz-Williams J, Gaytán-Fernández S, Barragan-Hervella RG, Morgan-Padrón S, Rojas-Durán O, Martínez-Asención JP, et al. Experiencia clínica en el manejo de defectos óseos postraumáticos de huesos largos tratados con la técnica de inducción de membrana. Acta Ortop Mex. 2023; 37(5): 264-269. <https://dx.doi.org/10.35366/113959>



los casos. Se requiere una selección adecuada de pacientes para lograr la consolidación ósea por medio de esta técnica.

Palabras clave: técnica de Masquelet, consolidación ósea, pseudoartrosis, reconstrucción ósea, injerto óseo.

Keywords: Masquelet technique, bone consolidation, pseudoarthrosis, bone reconstruction, bone graft.

Introducción

Los defectos óseos son producto de traumatismos de alta energía; estos defectos primarios ocurren cuando la pérdida ósea es secuela del mismo traumatismo. También pueden ocasionarse de forma subaguda durante el desbridamiento quirúrgico de una fractura expuesta Gustillo IIIB/C.^{1,2,3,4} Y de manera crónica se pueden presentar en las pseudoartrosis,^{1,5,6,7} infecciones óseas^{1,6,8,9,10,11,12,13,14} y posterior a la resección amplia de un tumor óseo.^{7,8,9,10}

Afectan de manera drástica la calidad de vida del paciente, produciendo acortamientos y, por ende, disfuncionalidad de la extremidad, así como deformidades angulares, rigidez articular y trastornos de la marcha.⁵

El tratamiento actual para la reconstrucción de los defectos óseos ha incluido injertos óseos vascularizados, injertos no vascularizados, aloinjertos, osteogénesis por distracción e inserción de materiales bioactivos.^{7,15,16}

La técnica de Masquelet ha recobrado importancia en las últimas décadas, debido a la simplicidad de la técnica y la reproducibilidad en varios centros. Puede ser usada en defectos infectados y no infectados. Se realiza en dos etapas; en la primera, después de un desbridamiento enérgico y retiro de tejido desvitalizado, se coloca en el defecto un espaciador, elaborado generalmente de cemento óseo, con o sin antibiótico; el cual puede ser retirado momentáneamente antes de las fases finales de la polimerización; en esta fase, se estabilizan los bordes óseos con un material de osteosíntesis.^{9,10,17,18} En la segunda etapa, después de cuatro a ocho semanas, se forma una membrana que envuelve al espaciador óseo;¹⁷ durante esta etapa se busca rellenar el defecto óseo, retirando el cemento, y posteriormente se aplica el autoinjerto de hueso esponjoso. La membrana tiene el objetivo de contener y evitar la absorción del injerto, así como favorecer la revascularización y el proceso de consolidación.^{10,12,19}

Esta membrana está formada de colágeno tipo I, con predominio celular de fibroblastos y miofibroblastos. De igual modo, esta membrana cuenta con una alta concentración de factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), factor de crecimiento transformante beta-1 (TGF- β 1), proteínas morfogenéticas óseas (MBMP) y factor de transcripción 2 relacionado con Runt (Runx2); los cuales se encargan de estimular tanto la proliferación de células de la médula ósea como la diferenciación de células mesenquimales de linaje osteoblástico.¹⁰ Debido a la presencia de estas proteínas, aunado a las propiedades osteoinductivas, osteoconductoras y

osteogénicas del autoinjerto óseo, se potencializa la regeneración del defecto óseo.

Las tasas de éxito se observan con defectos mayores de 15 cm reportadas en algunas series,^{8,12,20,21,22} lográndose consolidaciones óseas de los defectos de 80 a 100%, dependiendo de la serie.^{6,18,21,23} Esta técnica no es exclusiva de huesos largos, sino que también se ha utilizado en huesos de menor tamaño, con tasas de éxito similares a las de los huesos largos.^{13,14,24,25,26} Esta técnica también puede ser llevada en conjunto con defectos de partes blandas, obteniendo resultados satisfactorios.^{2,9,27}

Además del efecto biológico y osteoinductor de la membrana fibrosa, hay estudios donde se han agregado, de manera adyuvante, factores de crecimiento externos o proteínas morfogenéticas, logrando buenos resultados.^{1,10,15,23,28,29}

Las contraindicaciones para la realización de la técnica por lo general son pocas. La única contraindicación absoluta es el pobre apego del paciente al tratamiento.³⁰

Nosotros estamos llevando a cabo esta técnica en pacientes con defectos óseos mayores a 4 cm, relativamente al poco tiempo de desarrollarla, por lo que el objetivo de este trabajo es describir la experiencia clínica en el manejo de defectos óseos postraumáticos de huesos largos tratados con la técnica de inducción de membrana en nuestro hospital.

Material y métodos

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo, en pacientes que presentaron defectos óseos secundarios a pseudoartrosis de huesos largos. El período de seguimiento se llevó a cabo de Enero de 2019 a Enero de 2021. Los criterios de inclusión fueron pacientes de 18 a 50 años de edad, con adecuada cobertura cutánea de área de afección y con defectos óseos mayores a 3 cm y menores de 15 cm de longitud en extremidades inferiores.

El presente trabajo, previo a su realización, fue sometido a aprobación y registro ante los Comités de Investigación en Salud y Ética en Investigación de Salud de la unidad, obteniéndose el número de registro R-2019-2105-064.

Se consulta la base de datos del servicio de diáfnisis y se obtuvo el registro de pacientes con defectos óseos. Posteriormente, se consultan tanto expedientes clínicos como radiográficos de los pacientes. Las variables que se tomaron fueron: comorbilidades, defecto óseo inicial, fecha de cirugía, grado de consolidación, presencia de complicaciones y el tratamiento que se ofreció en caso de no presen-

tar consolidación ósea (transporte óseo, elongador óseo e injertos óseos).

A todo paciente, previo a la realización de la técnica de Masquelet, se le realizó un desbridamiento quirúrgico agresivo para retirar todo el material desvitalizado, así como reavivamiento de los bordes óseos. Se colocó el espaciador de cemento dentro del espacio del defecto posterior a su proceso de polimerización, con el fin de evitar daño a partes blandas por calor. Los bordes óseos fueron fijados con placa de compresión dinámica (DCP) o fijador externo.

El espaciador de cemento se retiró a las 6-8 semanas posteriores, al igual que la osteosíntesis temporal y se realizó fijación definitiva con placa de compresión dinámica o clavo centromedular. Después se procedió a colocar injerto óseo autólogo de cresta ilíaca.

Para el análisis estadístico de los datos, se determinaron frecuencias y porcentajes. Las variables continuas fueron expresadas con media y desviación estándar.

Resultados

Se obtuvo una muestra de 25 pacientes en el período comprendido para el estudio. La media de edad fue de 36.8 ± 8.9 años (rango: 24-89 años), al ser una población heterogénea, se determina la mediana, la cual es de 36 años. La distribución por sexo fue de 13 (52%) hombres y 12 (48%) mujeres.

	n (%)
Sexo	
Masculino	13 (52.0)
Femenino	12 (48.0)
Hueso afectado	
Tibia	24 (96.0)
Fémur	1 (4.0)
Defecto óseo	
3-10 cm	21 (84.0)
> 10 cm	4 (16.0)
Consolidación	
Sí	4 (16.0)
No	21 (84.0)
Procedimiento alternativo	
Sí	21 (84.0)
No	4 (16.0)
Elongación ósea	
Sí	21 (84.0)
No	4 (16.0)
Injerto óseo	
Sí	25 (100.0)
Tipo de injerto óseo	
Autólogo	25 (100.0)
Complicaciones	
Sí	11 (44.0)
No	14 (56.0)
Tipo de complicación	
Infección	8 (32.0)
Amputación	3 (12.0)
Ninguna complicación	14 (56.0)

	Consolidación		
	Sí	No	Total
Defecto óseo			
3-10 cm	4	17	21
> 10 cm	0	4	4

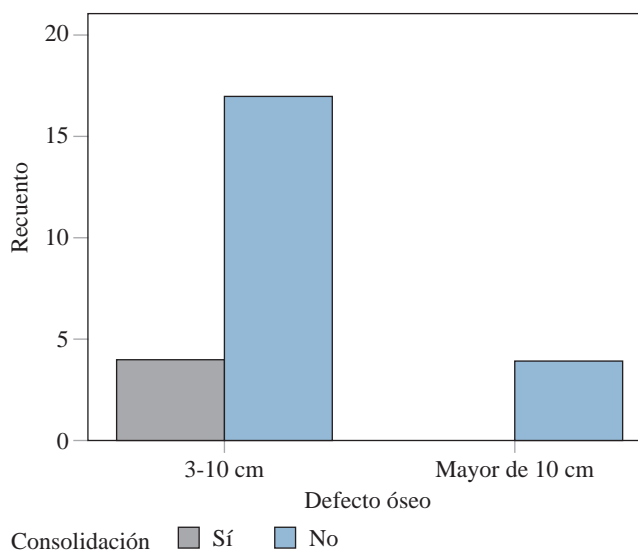


Figura 1: Consolidación ósea y defecto óseo en los pacientes tratados con la técnica de Masquelet.

El hueso donde se aplicó la técnica de Masquelet fue 96% (n = 24) en tibia y sólo un paciente de diáfisis de fémur.

El reporte del defecto óseo se distribuye en el rango de 3 a 10 cm de pérdida en 84% (n = 21) y con una pérdida mayor a 10 cm en 16% (n = 4).

Al analizar la consolidación ósea, ésta se da a los seis meses; no obstante, sólo se registró consolidación completa en 16% (n = 4) de los pacientes, mientras que en 84% (n = 21) no se observan datos de consolidación ósea (Tabla 1). En comparativo de defecto y consolidación, los que presentaron consolidación fueron los pacientes con un defecto entre los 3 a 10 cm, mientras que los que tuvieron un defecto mayor de 10 cm no consolidaron (Tabla 2 y Figura 1).

Al comparar la edad con la consolidación ósea, se encontró que la media de pacientes que sí presentaron consolidación fue de 45 ± 2.2 años y los que no presentaron consolidación tuvieron un promedio de 35.3 ± 8.9 años (Tabla 3 y Figura 2).

Los casos que necesitaron un procedimiento alternativo fueron 21 (84%); 100% de los pacientes requirieron aporte de injerto, y el injerto que se utilizó fue el autólogo (Tabla 1).

Los pacientes que presentaron complicaciones fueron 11 (44%), las cuales comprendieron: infección en 32% (n = 8)

y amputación de la extremidad en 12% (n = 3) debido a complicaciones o ausencia de consolidación ósea.

Discusión

El manejo del defecto óseo secundario a un proceso traumático y/o infeccioso es un reto para el cirujano ortopedista, ya que el acortamiento de la extremidad conlleva una discrepancia en la extremidad y, por ende, a trastornos de la marcha, limitación funcional y disminución de la calidad de vida de los pacientes.

En la actualidad, el rescate osteoarticular de la extremidad afectada con un defecto óseo mayor a 3 cm, puede ser manejado mediante diversas técnicas quirúrgicas.^{16,31,32} El transporte óseo y la elongación han mostrado resultados favorables a regulares, dependiendo de la serie y de la capacidad biológica del individuo, así como de la experiencia del cirujano y del apego del paciente al cuidado de los implantes colocados.^{1,15,33} Por lo general, se utilizan fijadores externos con o sin una barra dinámica durante un tiempo prolongado, con las adversidades que esto conlleva. La técnica de inducción de membrana realizada por Masquelet, en sus diversas modalidades, ha mostrado ser una opción adecuada para el rescate de defectos menores a 10 cm en diversas series.^{4,31,34} Esta técnica ha sido modificada y adaptada al contexto y al hospital donde se lleva a cabo.^{3,15,16,21,22,28,31,35,36,37} Los resultados comparativos con la elongación ósea de Ilizarov han mostrado resultados similares; sin embargo, con la técnica de Masquelet se observan mejores resultados funcionales.¹¹ Nosotros no comparamos estas técnicas, ya que no fue el objetivo de este estudio, sino mostrar la experiencia en el uso de la técnica de inducción de membrana (técnica de Masquelet).

Se encontró que el tiempo de consolidación fue mayor a seis meses en 16% de los pacientes, mientras que en 84% no consolidó y requirieron un procedimiento alternativo. Sólo tres pacientes persistieron con la infección, la cual se generalizó; o bien, la extremidad resultó severamente dañada debido a las múltiples intervenciones, por lo que se optó por la amputación. Los autores que han tratado los defectos óseos con la técnica de Masquelet reportan tasas de consolidación cercanas a 100%, atribuyendo el éxito de esta técnica a la selección adecuada de pacientes;^{8,11,15,19,33,38,39,40} mientras que otros autores atribuyen los resultados satisfactorios al tipo de implante utilizado para la estabilización definitiva.^{40,41} Finalmente, hay autores que agregan al tratamiento factores biológicos para incrementar la consolidación ósea, tales como las proteínas morfogenéticas, en especial la BPM-2,

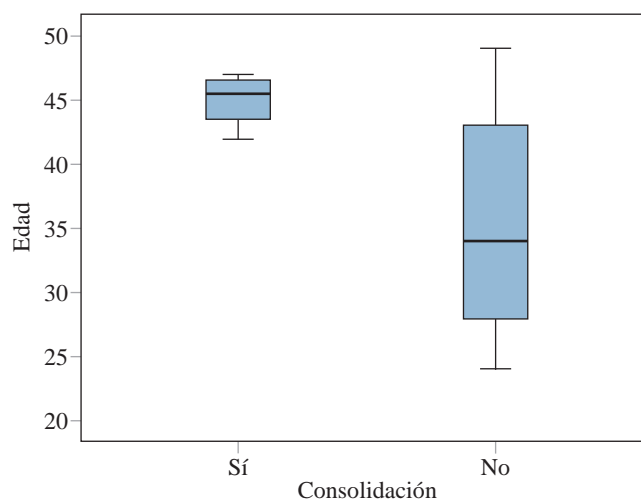


Figura 2: Consolidación ósea y edad en los pacientes con defectos óseos tratados con la técnica de Masquelet.

o la mezcla con hidroxiapatita o algunos otros factores de crecimiento aunados a la técnica de inducción de membrana con resultados satisfactorios.^{1,10,15,23,28,29} Una desventaja es la cantidad de injerto óseo disponible para rellenar el espacio,⁴⁰ por lo que algunos autores recomiendan el mezclar con sustitutos de injerto óseo, ya que mezclados con injerto autólogo, disminuyen de 25 a 40% la tasa de complicaciones como pseudoartrosis y reabsorción del injerto.^{1,15,17} Desafortunadamente, en muchos centros hospitalarios de nuestro medio, no hay la disponibilidad de utilizar sustitutos óseos.

Una debilidad de este estudio es que la muestra fue pequeña, por lo que se requiere de más pacientes, así como de un seguimiento mayor a los seis meses. A pesar de que la mayoría de las publicaciones actuales son series de casos o reportes de caso clínico, hay pocos metaanálisis¹⁵ y pocos estudios que muestren poblaciones mayores de 20 pacientes.^{27,40,41}

Las fortalezas de este estudio consisten en que es un reporte preliminar del uso de la técnica en nuestro medio y que además muestra el uso de esta técnica en población mexicana y latinoamericana.

La propuesta sería dar mayor seguimiento a los pacientes y realizar un estudio prospectivo con una muestra mayor y con criterios de selección más estrictos, además de realizar pruebas funcionales, así como agregar factores de crecimiento y/o proteínas morfogenéticas que potencien la consolidación ósea y, en los casos que el injerto sea insuficiente, utilizar aloinjertos.

Conclusiones

En este estudio la consolidación ósea a los seis meses se observó sólo en 16% de los pacientes, y con defectos óseos menores de 10 cm. La edad no fue un factor que favoreciera la consolidación.

Tabla 3: Consolidación ósea y edad en los pacientes.

Consolidación ósea	Edad
Sí	45 ± 2.2
No	35.3 ± 8.9

Se requiere de una muestra mayor y de un criterio de selección más estricto para la aplicación de esta técnica, así como el seguir adecuadamente cada uno de los pasos de la técnica de inducción de membrana.

Agradecimientos

Al Servicio de Diágnosis de la Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Traumatología y Ortopedia «Manuel Ávila Camacho» por su apoyo.

Referencias

- 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.
- Kang Y, Wu Y, Ma Y, Liu J, Gu J, Zhou M, et al. "Primary free-flap tibial open fracture reconstruction with the Masquelet technique" and internal fixation. *Injury*. 2020; 51(12): 2970-4.
- Ramos O, Mariorenzi M, Johnson JP, Hayda RA. Adding a fibular strut allograft to intramedullary nail and cancellous autograft during stage II of the Masquelet technique for segmental femur defects: a technique tip. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2020; 4(7): e1900179.
- Niccolai F, Di Mento L, Mocchi M, Berlusconi M. Modified Masquelet's technique with nail and allograft: a case report. *Injury*. 2018; 49 Suppl 4: S21-4.
- Raven TF, Moghaddam A, Ermisch C, Westhauser F, Heller R, Bruckner T, Schmidmaier G. Use of Masquelet technique in treatment of septic and atrophic fracture nonunion. *Injury*. 2019; 50(Suppl 3): 40-54. doi: 10.1016/j.injury.2019.06.018.
- Siboni R, Joseph E, Blasco L, Barbe C, Bajolet O, Diallo S, et al. Management of septic non-union of the tibia by the induced membrane technique. What factors could improve results? *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018; 104(6): 911-5.
- Dhar SA, Dar TA, Mir NA. Management of infected nonunion of the forearm by the Masquelet technique. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2019; 14(1): 1-5.
- Alford AI, Nicolaou D, Hake M, McBride-Gagy S. Masquelet's induced membrane technique: review of current concepts and future directions. *J Orthop Res*. 2021; 39(4): 707-18. doi: 10.1002/jor.24978.
- Chadayammuri V, Hake M, Mauffrey C. Innovative strategies for the management of long bone infection: a review of the Masquelet technique. *Patient Saf Surg*. 2015; 9: 32.
- Klein C, Monet M, Barbier V, Vanlaeys A, Masquelet AC, Gouron R, et al. The Masquelet technique: current concepts, animal models, and perspectives. *J Tissue Eng Regen Med*. 2020; 14(9): 1349-59.
- Tong K, Zhong Z, Peng Y, Lin C, Cao S, Yang Y, Wang G. Masquelet technique versus Ilizarov bone transport for reconstruction of lower extremity bone defects following posttraumatic osteomyelitis. *Injury*. 2017; 48(7): 1616-22.
- Giannoudis PV, Faour O, Goff T, Kanakaris N, Dimitriou R. Masquelet technique for the treatment of bone defects: tips-tricks and future directions. *Injury*. 2011; 42(6): 591-8.
- Qu W, Wei C, Yu L, Deng Y, Fu P, Kang Z, et al. Three-stage Masquelet technique and one-stage reconstruction to treat foot and ankle tuberculosis. *Foot Ankle Int*. 2020; 41(3): 331-41.
- Hara A, Yokoyama M, Ichihara S, Kudo T, Maruyama Y. Masquelet technique for the treatment of acute osteomyelitis of the PIP joint caused by clenched-fist human bite injury: a case report. *Int J Surg Case Rep*. 2018; 51: 282-7.
- Masquelet AC. The induced membrane technique. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020; 106(5): 785-7.
- Careri S, Vitiello R, Oliva MS, Ziranu A, Maccauro G, Perisano C. Masquelet technique and osteomyelitis: innovations and literature review. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2019; 23(2 Suppl): 210-6.
- Han W, Shen J, Wu H, Yu S, Fu J, Xie Z. Induced membrane technique: advances in the management of bone defects. *Int J Surg*. 2017; 42: 110-6.
- Garabano G, Pesciallo C, Montero-Vinces A, Gómez DJ, Bidolegui F, et al. Defectos óseos segmentarios infectados en huesos largos: tratamiento con técnica de Masquelet. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol*. 2019; 84(1): 15-26.
- Morelli I, Drago L, George DA, Gallazzi E, Scarponi S, Romanò CL. Masquelet technique: myth or reality? A systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2016; 47 Suppl 6: S68-S76.
- 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.
- Mathieu L, Bilichtin E, Durand M, de l'Escalopier N, Murison JC, Collombet JM, Rigal S. Masquelet technique for open tibia fractures in a military setting. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020; 46(5): 1099-105.
- Choufani C, Demoures T, De l'Escalopier N, Chapon MP, Barbier O, Mathieu L. Application of the Masquelet technique in austere environments: experience from a French forward surgical unit deployed in Chad. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022; 48(1): 593-9.
- Dilogo IH, Primaputra MRA, Pawitan JA, Liem IK. Modified Masquelet technique using allogeneic umbilical cord-derived mesenchymal stem cells for infected non-union femoral shaft fracture with a 12 cm bone defect: a case report. *Int J Surg Case Rep*. 2017; 34: 11-6.
- Abdulazim AN, Reitmaier M, Eckardt H, Osinga R, Saxer F. The Masquelet technique in traumatic loss of the talus after open lateral subtalar dislocation-A case report. *Int J Surg Case Rep*. 2019; 65: 4-9.
- Saito T, Noda T, Kondo H, Demiya K, Nezu S, Yokoo S, et al. The Masquelet technique for septic arthritis of the small joint in the hands: case reports. *Trauma Case Rep*. 2019; 25: 100268.
- Liu F, Huang RK, Xie M, Pan H, Zhao JJ, Lei B. Use of Masquelet's technique for treating the first metatarsophalangeal joint in cases of gout combined with a massive bone defect. *Foot Ankle Surg*. 2018; 24(2): 159-63.
- Meng C, Ye S, Jing J. [Masquelet technique combined with flap transplantation for infectious bone and soft tissue defects of lower leg]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2020; 34(6): 756-60. Chinese.
- Tarchala M, Harvey EJ, Barralet J. Biomaterial-stabilized soft tissue healing for healing of critical-sized bone defects: the Masquelet technique. *Adv Healthc Mater*. 2016; 5(6): 630-40.
- Wang W, Zuo R, Long H, Wang Y, Zhang Y, Sun C, Luo G, Zhang Y, Li C, Zhou Y, Li J. Advances in the Masquelet technique: myeloid-derived suppressor cells promote angiogenesis in PMMA-induced membranes. *Acta Biomater*. 2020; 108: 223-36.
- Micev AJ, Kalainov DM, Soneru AP. Masquelet technique for treatment of segmental bone loss in the upper extremity. *J Hand Surg Am*. 2015; 40(3): 593-8.
- Ayoubia 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.
- Olesen UK, Eckardt H, Bosemark P, Paulsen AW, Dahl B, Hede A. The Masquelet technique of induced membrane for healing of bone defects. A review of 8 cases. *Injury*. 2015; 46 Suppl 8: S44-7.
- 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.
- Vejarano-Solano JC, Ruiz-Semba CF, Ganoza-Arróspide CJ, Hurtado-Fernández JE. Reconstrucción de defectos óseos segmentarios postraumáticos mediante técnica de inducción de membrana. *Rev Med Hered*. 2015; 26(2): 76-85.
- 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.
- Wang G, Tang Y, Wu X, Yang H. Masquelet technique combined with microsurgical technique for treatment of Gustilo IIIC open distal tibial fractures: a retrospective single-center cohort study. *J Int Med Res*. 2020; 48(4): 300060520910024.

37. Hatashita S, Kawakami R, Ejiri S, Sasaki N, Toshiki N, Ito M, et al. 'Acute Masquelet technique' for reconstructing bone defects of an open lower limb fracture. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021; 47(4): 1153-1162.
38. Andrzejowski P, Masquelet A, Giannoudis PV. Induced membrane technique (Masquelet) for bone defects in the distal tibia, foot, and ankle: systematic review, case presentations, tips, and techniques. *Foot Ankle Clin*. 2020; 25(4): 537-86.
39. Karger C, Kishi T, Schneider L, Fitoussi F, Masquelet AC; French Society of Orthopaedic Surgery and Traumatology (SoFCOT). Treatment of posttraumatic bone defects by the induced membrane technique. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012; 98(1): 97-102.
40. Wang P, Wu Y, Rui Y, Wang J, Liu J, Ma Y. Masquelet technique for reconstructing bone defects in open lower limb fracture: analysis of the relationship between bone defect and bone graft. *Injury*. 2021; 52(4): 988-95.
41. Morwood MP, Streufert BD, Bauer A, Olinger C, Tobey D, Beebe M, et al. Intramedullary nails yield superior results compared with plate fixation when using the Masquelet technique in the femur and tibia. *J Orthop Trauma*. 2019; 33(11): 547-52.

Conflicto de intereses: los autores declaran no existir conflicto de intereses alguno en este manuscrito.

Financiamiento: los autores manifestamos que no hubo financiamiento externo ni patrocinios para la realización de dicho estudio.