

---

# Técnica de Masquelet modificada con células madre mesenquimales en el tratamiento quirúrgico de defectos óseos segmentarios

*Technique of Masquelet modified with stem cells mesenquimales in the surgical treatment of osseous segmentary defects*

**Yandri Bornot-Duránd**<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8439-9885>

**Gleibis Amparo Ferrer-Matos**<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1917-5591>

**Mariano Ferrer-Matos**<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9599-6247>

**Jorge Santana-Álvarez**<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5448-5136>

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Médicas. Hospital Militar Dr. Fermín Valdés Domínguez. Servicio Ortopedia y Traumatología. Holguín, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Médicas. Hospital Pediátrico Octavio de la Concepción y de la Pedraja. Servicio Terapia Intensiva Pediátrica. Holguín, Cuba.

<sup>3</sup>Universidad de Ciencias Médicas. Centro Provincial Medicina Deportiva. Servicio Medicina Deportiva. Holguín, Cuba.

<sup>4</sup> Universidad de Ciencias Médicas. Hospital Militar Dr. Octavio de la Concepción y de la Pedraja. Centro de Desarrollo. Servicio de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. Camagüey, Cuba.

\*Autor para la correspondencia (email): [bornotyandri@infomed.sld.cu](mailto:bornotyandri@infomed.sld.cu)

---

## RESUMEN

**Introducción:** Los defectos óseos segmentarios se producen por traumas de alta energía que ocasionan pérdida aguda de hueso, alteran de forma drástica la calidad de vida del paciente y pueden producir serias secuelas como acortamiento disfuncional de la extremidad, deformidad angular, rigidez articular y trastorno irreversible de la marcha, así como, ponen a la extremidad en riesgo de amputación. Por tanto, se propuso la modificación de la técnica quirúrgica de inducción de membrana combinada con el uso de células madre para lograr la consolidación de los mismos en un tiempo mínimo.

**Objetivo:** Valorar el comportamiento del tiempo de consolidación ósea en pacientes con defectos óseos segmentarios según la técnica quirúrgica aplicada de inducción de membrana (Masquelet) combinada con la medicina regenerativa.

**Métodos:** Se realizó un estudio investigativo analítico caso-control a un total 36 pacientes de 19 a 62 años de edad, de ambos sexos, con defectos óseos segmentarios a los cuales se le realizó la técnica de Masquelet combinada con terapia celular en el grupo caso.

**Resultados:** El 70 % de los pacientes lograron la consolidación ósea en el intervalo de tiempo de tres a cinco meses. Predominó el sexo masculino con 14 (77,77 %). Se constató la tibia como la región anatómica más afectada 6 (33,33 %). Fueron más frecuentes los intervalos 3-5 y 6-7 cm de longitud del defecto 8 (44,44 %). El valor (p) menor que 0.05 en la investigación mostró significación estadística.

**Conclusiones:** La técnica de Masquelet combinada con la terapia celular resultó eficaz como alternativa en el tratamiento de los defectos óseos segmentarios.

**DeCS:** TRATAMIENTO BASADO EN TRASPLANTE DE CÉLULAS Y TEJIDOS; CÉLULAS MADRE; MEDICINA REGENERATIVA; TERAPÉUTICA; TIBIA.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** Segmental bone defects are produced by high-energy traumas that cause acute bone loss, drastically alter the patient's quality of life, and can produce serious sequelae such as dysfunctional shortening of the limb, angular deformity, joint stiffness and irreversible gait disorder, as well as putting the limb at risk of amputation. Therefore, a modification of the surgical technique of membrane induction combined with the use of stem cells was proposed to achieve consolidation of the same in a minimum time.

**Objective:** To assess the behavior of bone consolidation time in patients with segmental bone defects according to the applied surgical technique of membrane induction (Masquelet) combined with regenerative medicine.

**Methods:** An analytical case-control research study was carried out on a total of 36 patients aged 19 to 62 years, of both sexes, with segmental bone defects to whom the Masquelet technique combined with cell therapy was performed in the case group.

**Results:** 70 % of patients achieved bone consolidation within the time interval of 3 to 5 months. Males predominated with 14 (77.77 %). The tibia was found to be the most affected anatomical region 6 (33.33 %). The most frequent intervals were 3 - 5 and 6 - 7 cm of defect length 8 (44.44 %). The value (p) less than 0.05 in the research showed statistical significance.

**Conclusions:** The Masquelet technique combined with cell therapy was effective as an alternative in the treatment of segmental bone defects.

**DeCS:** CELL- AND TISSUE-BASED THERAPY; STEM CELLS; REGENERATIVE MEDICINE; THERAPEUTICS; TIBIA.

---

Recibido: 17/08/2024

Aprobado: 06/10/2024

Ronda: 1

---

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo dinámico, tan característico de las sociedades modernas, ha permitido aspirar a un aumento de nuestras expectativas de vida, hecho que expone a mayores posibilidades de sufrir accidentes de magnitud significativa. Además, los traumatismos de alta energía se enfrentan a complejas fracturas esqueléticas cuya resolución suele ser muy demandante. <sup>(1)</sup>

Los defectos óseos segmentarios (DOS), se originan por traumas de alta energía que desencadenan la pérdida aguda de hueso, también pueden aparecer en forma subaguda durante el desbridamiento quirúrgico de una fractura expuesta y también pueden aparecer en casos con evolución crónica como pseudoartrosis atrófica u osteomielitis difusa con grandes secuestros.

Los dos alteran de manera drástica la calidad de vida del paciente y pueden producir serias secuelas como acortamiento disfuncional de la extremidad, deformidad angular, rigidez articular y trastorno irreversible de la marcha, así como, ponen a la extremidad en riesgo de amputación. <sup>(2)</sup>

La reconstrucción ósea de estos defectos es un reto para la comunidad ortopédica de todo el mundo y puede mostrar resultados a menudo impredecibles. Las técnicas actuales para la reparación de defectos óseos incluyen: El uso de injertos óseos, la osteogénesis a distracción, el injerto de peroné vascularizado, los auto o aloinjertos y los biomateriales. A pesar de la variedad, ninguno ha demostrado ser satisfactorio.

La técnica de Masquelet et al.,<sup>(3)</sup> o técnica de inducción de membrana, como procedimiento quirúrgico ha mostrado resultados alentadores, revolucionado el tratamiento de los DOS. Se comenzó a realizar a fines de la década de 1980, pero fue descrita en el 2000. Es relativamente sencilla y permite reconstruir DOS diafisarios y metafisarios de múltiples causas y dimensiones, sin necesidad de habilidades microquirúrgicas, ni de infraestructura hospitalaria de alta complejidad. <sup>(4)</sup>

En consonancia con el desarrollo y aplicación de las técnicas tradicionales, el campo de la medicina regenerativa se ha convertido en una variante prometedora; por su carácter poco invasivo, propiedad natural de las células de la médula ósea para proporcionar, no solo células madre hematopoyéticas;

sino también no hematopoyéticas, células progenitoras endoteliales, células mesenquimales entre otras y secretar varios factores angiogénicos y osteogénicos. <sup>(5)</sup>

Las células madre tienen la capacidad de auto renovarse mediante divisiones mitóticas, o bien de continuar la vía de diferenciación para la que están programadas y, por lo tanto, producir células de uno o más tejidos maduros, funcionales y diferenciados en función de su grado de multipotencialidad. <sup>(6)</sup>

Entre las experiencias obtenidas con métodos de la medicina regenerativa, se destacan los resultados prometedores que se han observado en el campo de la ortopedia y traumatología, tanto con el uso de células madre, en lo especial con las adultas, como con la utilización de plaquetas. <sup>(4,5,6)</sup>

Los primeros ensayos clínicos en Cuba, con células madre hematopoyéticas, se comenzaron a realizar en el año 2004, con el trasplante de células madre adultas autólogas procedentes de la médula ósea en un paciente con isquemia crítica de un miembro inferior con indicación de una amputación mayor. Ese mismo año, se realizó el primer caso de implantación miocárdica de células madre hematopoyéticas adultas autólogas, en un paciente con isquemia miocárdica crónica pos-infarto, quien también evolucionó de manera favorable. <sup>(7)</sup>

Considerando que no existen referencias nacionales ni internacionales en relación a una solución factible al tratamiento de los pacientes con DOS, los autores realizaron el estudio, con el objetivo de valorar el comportamiento del tiempo de consolidación ósea en pacientes con defectos óseos segmentarios utilizando según la técnica de Masquelet et al., <sup>(3)</sup> o de inducción de membrana combinada con la medicina regenerativa.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional analítico de casos-controles en pacientes con DOS, en el Hospital Militar Dr. Fermín Valdés Domínguez de la provincia Holguín, desde enero del año 2018 hasta enero del año 2024; con el objetivo de valorar el comportamiento del tiempo de consolidación ósea, en pacientes con defectos óseos segmentarios; según la técnica de Masquelet et al., <sup>(3)</sup> o de inducción de membrana, combinada con la medicina regenerativa.

La muestra estuvo constituida en total por 36 pacientes de 19 a 62 años de edad, de ambos sexos, diagnosticados con DOS y que cumplieron con los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

Grupo casos:

Pacientes sin limitaciones por enfermedades sistémicas, con defectos óseos segmentarios mayores de dos centímetros localizados en cualquier región anatómica y que consintieron en ser operados con la técnica de Masquelet, <sup>(3)</sup> tradicional combinada con el uso de células madre mesenquimales en el

segundo tiempo quirúrgico.

Grupo control:

Pacientes sin limitaciones por enfermedades sistémicas, con defectos óseos segmentarios mayores de dos centímetros, localizados en cualquier región anatómica, y que consintieron en ser operados con la técnica de Masquelet tradicional.

Criterios de exclusión

Pacientes con enfermedades sistémicas que contraindiquen la terapia celular o con ausencia de datos incluidos en el estudio y necesarios para resumir resultados.

Criterios de salida:

Pacientes que no pudieron ser evaluados al año, como tiempo establecido para el control por diferentes causas.

Para la evaluación de los resultados se consideraron las siguientes variables:

Variable dependiente:

Tiempo de consolidación ósea considerando:  $\leq 3$ , 4 -5, 6-7,  $\geq 8$  meses.

Variables independientes:

Edad: Se consideró en años cumplidos; sexo: Femenino y masculino; causa: Traumatismos, desbridamiento quirúrgico, pseudoartrosis atrófica, osteomielitis difusa; región anatómica: Húmero, radio, cúbito, fémur, tibia, calcáneo; longitud del defecto óseo en centímetros: de 3 a 5, 6 a 7, 8 a 9 y  $\geq 10$ .

Para el procesamiento de la información se utilizó estadística descriptiva para distribución de frecuencias, porcentajes y proporciones, la media aritmética y desviación estándar y Odds Ratio (OR). De la estadística Inferencial, las pruebas de hipótesis para la media y la proporción, Chi-cuadrado para la homogeneidad y asociación y la correlación, como fundamentos estadísticos para justificar diferencias significativas entre los grupos caso y control.

Se les solicitó a los enfermos su consentimiento y se respetaron los principios éticos garantizando la confidencialidad de la información utilizada solo con objetivos científicos tal como establece en la declaración de Helsinki.

## RESULTADOS

Se pudo observar en la tabla 1, que en el grupo de casos, fue más frecuente el tiempo de consolidación ósea entre cinco a siete meses en los pacientes comprendidos entre 30 a 39 años, para una proporción de 0,5; lo que indica que de cada 10 pacientes con DOS intervenidos, solo 5 tardan de 6 a 7 meses. Además, en este grupo que se describe, solo 1 de 3 pacientes intervenidos, en las edades comprendidas entre 19 y 29 años sobrepasó los siete meses, que representó una proporción

de 0,3. De los resultados se puede inferir de forma general, que con la técnica innovada; de cada 10 pacientes intervenidos, solo 3 sobrepasan los siete meses para lograr la consolidación ósea, en dichas edades. En general, en el grupo de casos, se observó con mayor frecuencia, que el tiempo de consolidación ósea osciló en el intervalo de tres a cinco meses, con 13/18 casos para una proporción de 0,7, lo que indica que, de cada 10 pacientes intervenidos, siete tardan no más de cinco meses en alcanzar la consolidación ósea deseada.

En el grupo control, el tiempo de consolidación ósea, a diferencia del grupo de casos, fue más frecuente en los intervalos entre seis a siete y más menos ocho meses; en el primer intervalo aparecen tres pacientes de siete intervenidos, en las edades de 19 a 29 años, que representan una proporción de 0,4. Esto indicó que cada 10 pacientes del grupo control intervenidos con la técnica quirúrgica de Masquelet en el grupo de edades, tardan de seis a siete meses en lograr la consolidación ósea deseada y los 4/7 pacientes restantes, que representan fueron de 0,6 necesitaron más de ocho meses para su consolidación. También fueron más frecuentes los pacientes intervenidos en edades entre 30 y 39 años de edad con 5/7 para una proporción de 0,7.

En general, en la muestra seleccionada ( $n_1=18$ ) del grupo control, se pudo observar que con mayor frecuencia el tiempo de consolidación ósea, apareció en el intervalo de seis a siete meses, con 6/18 pacientes intervenidos para una proporción de 0,3; y con más de ocho meses para la consolidación aparecen 12/18 para 0,7. Estos resultados muestraron, que de cada 10 pacientes intervenidos 7 tardan ocho meses o más en alcanzar la consolidación ósea deseada, resultados superiores a los alcanzados en el grupo de casos.

En consideración a los resultados anteriores respecto a los valores absolutos de los tiempos de consolidación ósea, en cada grupo, (tiempo mayor de ocho meses y tiempo menor de ocho meses), para calcular el OR (razón de productos cruzados) se obtuvo:  $OR=6,00$ ;  $p=0,01250$  ( $p < 0,05$ ) IC (0,7299; 275,9809) para un nivel de confianza  $N=0,95$ . Desde el punto de vista estadístico al interpretar los resultados, se concluye que con la aplicación de la técnica quirúrgica modificada, la consolidación ósea de los pacientes resultó seis veces más factible antes de los siete meses que con la técnica tradicional, mostrando una significación estadística de 0,05, lo que se justifica, al no incluirse el intervalo de confianza entre 19 y 49 años. Se consideraron los pacientes con edades hasta 49 años y mayores de 50 y las frecuencias obtenidas en cada grupo, de tres a siete meses y mayores o iguales a ocho meses, para un nivel de confianza de  $N=0,95$  y un  $OR= 23,83$ ; IC (2,47 a 229,34) Woolf.

En general, los pacientes en edades de 19 a 49 años, mostraron mejores resultados en la consolidación ósea con la utilización de la técnica quirúrgica modificada. La técnica propuesta ofrece aproximadamente, resultados 24 veces más factibles que la técnica tradicional en un periodo de tres a siete meses. Estos resultados además se ratifican al aplicar la prueba de asociación de

Chi-Cuadrado que aportó un  $\chi^2=8,4334$  con significación bilateral  $p=0,0037$ , mostrando asociación de dependencia entre la técnica quirúrgica innovada y el tiempo de consolidación ósea en las edades (19 a 49 años) (Tabla 1).

**Tabla 1 Resultados de la técnica de Masquelet modificada con células madre mesenquimales en el tratamiento quirúrgico de los defectos óseos segmentarios según tiempo de la consolidación ósea y grupos de edades**

Grupos de edades(años)	Tiempo de consolidación ósea (meses)															
	Grupo casos (n <sub>1</sub> =18)								Grupo controles (n <sub>2</sub> =18)							
	≤2		3-5		6-7		≥8		≤2		3-5		6-7		≥8	
No.	Pp	No.	Pp	No.	PP	No.	pp	No.	pp	No.	pp	No.	Pp	No.	Pp	
19 - 29	0	0	2/3	0,7	0	0	1/3	0,3	0	0	0	0	3/7	0,43	4/7	0,57
30 - 39	1/4	,25	1/4	0,25	2/4	0,5	0	0	0	0	0	0	2/7	0,29	5/7	0,7
40- 49	0	0	7/8	0,88	1/8	0,13	0	0	0	0	0	0	1/3	0,3	2/3	0,7
50- 59	0	0	1/1	1	00		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
≥ 60	0	0	2/2	1	00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	0	13/18	0,7	3/18	0,2	1	0	0	0	0	0	6/18	0,3	12/18	0,7

Fuente: Historias clínicas.

En la tabla 2 se mostraron los resultados de acuerdo al sexo. En el grupo casos, la mayor frecuencia en relación al tiempo de consolidación, se observó en el intervalo de tres a cinco meses, en el sexo masculino con 11/14 pacientes, para una proporción de 0,8 y dos del sexo femenino de las cuatro que recibieron el tratamiento, para una proporción de 0,5. Estos hacen en este intervalo de tiempo un total de 13 pacientes, de los 18 que conformaron la muestra; para una proporción de 0,7 y la menor frecuencia apareció en el intervalo de más de  $\geq 8$  meses con un paciente masculino que representó una proporción de 0,1.

Con relación a los de tiempos de consolidación y de acuerdo al sexo, en el grupo control fue mayor el intervalo de más de ocho meses en 10 pacientes masculinos de 15 intervenidos, y 2 del sexo femenino de 3 , que hacen un total 12 pacientes de los 18 que integraron la muestra, para una proporción de 0,7. El otro resultado interesante en este grupo es que en el intervalo de seis a siete meses hay seis pacientes, cinco masculinos y uno femenina mostrando predominio de los hombres en una proporción de 0,3.

En general se puede apreciar en cifras absolutas, que hay mayor cantidad de pacientes en los intervalos de tiempo de seis a siete y mayores de ocho meses en el grupo control que en el grupo casos, marcando diferencia entre la aplicación de la técnica quirúrgica innovada y la tradicional en resultados aceptables, ya que la cantidad de pacientes masculinos fue más frecuente en ambos grupos, mayor frecuencia en los tiempos señalados y solo un paciente femenino de diferencia entre ambos grupos (Tabla 2).

Tabla 2 Resultados de la técnica de Masquelet modificada con células madre mesenquimales en el tratamiento quirúrgico de los defectos óseos segmentarios según tiempo de la consolidación ósea y sexo

Sexo	Tiempo de consolidación ósea en meses															
	Grupo casos (n <sub>1</sub> =18)								Grupo controles (n <sub>1</sub> =18)							
	≤2		3-5		6-7		≥8		≤2		3-5		6-7		≥8	
No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	
Masculino	1/14	0,1	11/14	0,8	1/14	0,1	1/14	0,1	0	0	0	0	5/15	0,3	10/15	0,7
Femenino	0	0	2/4	0,5	2/4	0,5	0	0	0	0	0	0	1/3	0,3	2/3	0,7
Total	1		13/18	0,7	3/18	0,2	1						6/18	0,3	12/18	0,7

Fuente: Historias clínicas.

En el comportamiento del tiempo de consolidación ósea según la región anatómica del defecto óseo; en el grupo de casos, la mayor frecuencia se pudo observar en el periodo de tres a cinco meses y en el orden y frecuencia siguientes: húmero 4/5 casos, para una proporción de 0,8; la tibia 4/6 para una proporción aproximada de 0,7 y el calcáneo 3/4 para 0,8; para un total 11/18 pacientes y una proporción de 0,6. Esto indica que en estas regiones anatómicas, por cada 10 pacientes intervenidos con la técnica quirúrgica propuesta, seis logran consolidación ósea satisfactoria en el intervalo de tres a cinco meses y en total incluyendo las frecuencias en la región del radio (1/2 para 0,5) y cúbito (1/1 para 1), totalizan en el mismo intervalo de tiempo analizado, 13/18 pacientes del total de la muestra para una proporción de 0,7. Es interesante que solo aparezca un caso con ocho meses o más de tiempo de consolidación en la tibia para una proporción aproximada de 0,2.

Con valores absolutos notables que marcan la diferencia con el grupo casos, en los controles, la mayor frecuencia aparece en el intervalo de mayores de ocho meses: fémur 5/6 para 0,8 y tibia 5/9 para 0,6 en total con 12/18 incluyendo cúbito y radio, para una proporción de 0,7 vs 1/18 para 0,06 grupo de casos. También fueron mayores las frecuencias en el grupo control en el intervalo de seis a siete meses con (4/9 en la tibia para 0,4) y en total 6/18 para 0,3 es decir solo tres de cada 10 pacientes intervenidos con la técnica Masquelet logró la consolidación ósea en este período de tiempo. Se puede probar que existió diferencia significativa, entre las proporciones de pacientes que logran la consolidación ósea entre el grupo de casos y controles en el período de tiempo entre tres a cinco y más de ocho meses: Para un nivel de significación  $\alpha=0,05$ ;  $Z=1,0062$ ;  $p=0,03143$  ( $p<0,05$ ), lo que indica que hay diferencias significativas entre las proporciones analizadas.

Por otra parte, en la prueba no paramétrica Chi-Cuadrado de independencia, se obtuvo:  $\chi^2=1,0125$  con  $p=0,03143$  ( $\alpha=0,05$ ), y la prueba de probabilidades exactas de Fisher (0,3145), lo que indica que hay dependencia de los tiempos y región anatómica según la técnica quirúrgica aplicada. Desde el punto de vista estadístico en el cálculo de  $OR=0,4<1$ , se puede interpretar que las intervenciones quirúrgicas en la tibia y el fémur, realizadas con mayor frecuencia, constituyen un factor protector que influye en el tiempo de consolidación ósea. (Por definición  $OR<1$ , factor protector) (Tabla 3).



Tabla 3 Resultados de la técnica de Masquelet modificada con células madre mesenquimales en el tratamiento quirúrgico de los defectos óseos segmentarios según tiempo de la consolidación ósea y causa

Región Anatómica	Tiempo de consolidación ósea en meses																
	Grupo casos (n <sub>1</sub> =18)								Grupo controles (n <sub>1</sub> =18)								
	≤2		3-5		6-7		≥8		≤2		3-5		6-7		≥8		
No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp		
Húmero	0	0	4/5	0,8	1/5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	1/1	1	0	0
Radio	0	0	1/2	0,5	1/2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/1	1
Cúbito	0	0	1/1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/1	1
Fémur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/6	0,2	5/6	0,8
Tibia	0	0	4/6	0,66	1/6	0,16	1/6	0,16	0	0	0	0	4/9	0,4	5/9	0,6	0,6
Calcáneo	1/4	0,21	3/4	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1		13/	180,7	3/18	0,2	1/18		0	0	0	0	6/18	0,3	12/18	0,7	

Fuente: Historias clínicas.

En la tabla 4, se pudo mostrar que con un tiempo de consolidación  $\leq 2$  meses, en el grupo de casos, solo aparecen dos pacientes con defectos óseos de 3 a 5 cm, de los ocho en estudio, con una proporción de 0,3 con relación al grupo dimensional y 0,1 respecto a la muestra en ese periodo de tiempo; mientras que en el grupo control no aparece ningún paciente en este periodo de tiempo.

En el período de tiempo de tres a cinco meses en el grupo de casos, con defecto óseo de 3 a 5 cm y 6 a 7 cm, aparecen 5/8 pacientes en ambos con dicho defecto, para una proporción de 0,6 y con respecto a la muestra 10/18 para 0,6; mientras que en el grupo control, no aparecen pacientes en este período de tiempo de consolidación.

En el período de tiempo de seis a siete meses en el grupo de casos, la mayor frecuencia de pacientes con defectos óseos de longitud de 6 a 7 cm fue tres pacientes de ocho que presentaron defectos y una proporción de 0,4. En este periodo, se trataron 4/18 pacientes para 0,2; resultados estos que frente al grupo control son en total 7/18 para una proporción de 0,4, mostrando estos pacientes defectos óseos en los respectivos intervalos de longitud:(4/6 para 0,7 y 3/6 para 0,5).

Las diferencias más notables en el tiempo de consolidación ósea, en valores absolutos, aparecen en el intervalo de tiempo de ocho o más meses: (3 a 5 cm: en los casos 1/8 - 0,1 vs en los controles 3/3 - 1,0); (8 a 9 cm: grupo de casos 1/2 - 0,5 vs grupo control (3/6 - 0,5). En total en el grupo de casos 2/18 - 0,1 vs en el grupo control 11/18 - 0,6) (Tabla 4).

Tabla 4 Resultados de la técnica de Masquelet modificada con células madre mesenquimales en el tratamiento quirúrgico de los defectos óseos segmentarios según tiempo de la consolidación ósea y longitud del defecto óseo

Longitud del defecto óseo (cm).	Tiempo de consolidación ósea (Meses)															
	Grupo casos (n <sub>1</sub> =18)								Grupo controles (n <sub>1</sub> =18)							
	≤2		3-5		6-7		≥8		≤2		3-5		6-7		≥8	
No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	No.	Pp	
3 - 5	2/8	0,3	5/8	0,6	0	0	1/8	0,1	0	0	0	0	0	3/3	1	
6 - 7	0	0	5/8	0,6	3/8	0,4	0	0	0	0	0	0	4/6	0,7	2/6	0,3
8 - 9	0	0	0	0	1/2	0,5	1/2	0,5	0	0	0	0	3/6	0,5	3/6	0,5
≥ 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3/3	1
Total	2/18	0,1	10/18	0,6	4/18	0,2	2/18	0,1	0	0	0	0	7/18	0,4	11/18	0,6

Fuente: Historias clínicas.

## DISCUSIÓN

Los autores consideran que el tratamiento de los DOS es desafiante, complejo y continúa siendo un reto para la comunidad médica mundial. La técnica de la membrana inducida desarrollada por Masquelet,<sup>(3)</sup> y modificada con el uso de la medicina regenerativa ofrece una alternativa terapéutica novedosa, simple y eficaz para la reconstrucción ósea.<sup>(8)</sup> Cuando se analizaron los resultados en relación al tiempo de consolidación y grupos de edades, se encontró coincidencia con otros autores.

En la investigación desarrollada por Sánchez,<sup>(9)</sup> el autor relaciona el manejo de defectos óseos segmentarios con la técnica de Masquelet <sup>(3)</sup> y constató predominio en edades promedio de 39,6 años y un tiempo de consolidación de nueve meses. Montero et al.,<sup>(10)</sup> reportaron en su estudio que el grupo etario más afectado, como promedio, fue de 36,16 años, así como, se logró la consolidación y la deambulación alrededor de los 11 meses.

La mayoría de los estudios publicados en la literatura científica coinciden con lo expresado en la tabla anterior, donde el sexo masculino es el que más prevalece en relación al femenino.

Expósito,<sup>(11)</sup> en su trabajo de actualización de la técnica de Masquelet en el tratamiento de la pseudoartrosis encontró que de 765 pacientes estudiados, el 60 % pertenecían al sexo masculino.

Wang et al.,<sup>(12)</sup> en una pesquisa sobre reconstrucción de defecto óseos en fracturas abiertas, con la técnica de inducción de membrana muestran que el sexo masculino predominó en el 45 % del total de los casos, asociados a un tiempo de consolidación mayor de 7 meses.

Los autores consideran, que la tibia es la localización anatómica y el segmento que con mayor frecuencia presenta esta entidad, y a la vez donde más se realiza la técnica quirúrgica.

Hoit et al.,<sup>(13)</sup> al realizar una revisión de un total de 427 pacientes con DOS, tratados con la técnica de membrana inducida; el 62 % de ellos tenían lesionada la tibia, con un promedio de tiempo de consolidación de 7 meses. Azi et al., <sup>(14)</sup> realizaron la osteogénesis inducida por membranas en el tratamiento de defectos óseos postraumáticos en 33 pacientes, 19 de ellos en la región anatómica de la tibia y un tiempo medio de unión fue de 8,5 meses.

Los autores coinciden con otros en que los DOS, se pueden producir de forma subaguda durante el desbridamiento quirúrgico de una fractura expuesta, y también pueden observarse en casos crónicos como: Pseudoartrosis y osteomielitis.<sup>(15)</sup>

Hatashita et al.,<sup>(16)</sup> en el uso de la técnica de Masquelet aguda para reconstruir defectos óseos de fracturas expuestas de miembros inferiores plantean como primera causa de los DOS secundarios al desbridamiento la osteomielitis crónica con el 66 % y pseudoartrosis séptica con un 33 % respectivamente. El total de ellos superó los 8,5 meses para lograr la unión ósea.

Está ampliamente demostrado y en ello coinciden los autores de la investigación, que el manejo operatorio de las osteomielitis crónicas y pseudoartrosis infectados de los huesos largos; es altamente

demandante y generalmente se asocia a múltiples complicaciones, bajas tasas de consolidación y pobres resultados funcionales. <sup>(17,18)</sup>

Vejerano,<sup>(19)</sup> encontró con respecto a la etiología de los DOS, que el 45 % correspondían a casos de pseudoartrosis séptica con varias cirugías previas y tiempos de enfermedad mayores a nueve meses. El 25 % fueron catalogadas como osteosíntesis infectadas; 15 % correspondían a osteomielitis crónica difusa sin antecedentes de osteosíntesis y el 15 % restante eran fracturas expuestas con pérdida aguda de hueso.

Pesciallo et al.,<sup>(20)</sup> en una serie de casos registraron un total de 24 pacientes con defectos óseos secundarios a osteomielitis crónica, que conformaron el 66 % de los pacientes estudiados. En los pacientes lograron con la utilización de la técnica tradicional, una tasa de consolidación del 100 % de los casos en un periodo promedio de siete meses, siendo superior a lo reportado en la investigación de los autores.

Luna et al.,<sup>(21)</sup> señalaron que de los 29 pacientes que presentaban defectos óseos segmentarios, la etiología fue: postraumática, pseudoartrosis séptica y osteomielitis crónica en 5, 18 y 6 casos respectivamente.

Los autores coinciden con Rico et al.,<sup>(22)</sup> en que los enfermos que presentan estas causas, requieren alto grado de especialización e implicación del especialista que lleva a cabo la atención del proceso. Jover et al.,<sup>(23)</sup> comunicaron en su investigación, que el tamaño promedio del defecto óseo era de 7,7 cm, el de menor tamaño tenía una dimensión de 5 cm (pseudoartrosis séptica de cúbito) y el de mayor tamaño, 17 cm (osteosarcomas tibiales).

En el estudio de Boretto et al.,<sup>(24)</sup> 13 pacientes fueron tratados con diagnóstico de defectos óseos segmentarios a nivel de miembros inferiores, con una longitud media del defecto fue de 11 cm. Después de un seguimiento promedio de 36 meses, todos los casos lograron la consolidación ósea. Morgan et al.,<sup>(25)</sup> reportó que la distribución de la longitud de los defectos óseos estuvo en el rango de 3 a 10 cm, en el 84 % de los pacientes (n=21) y el 16 % (n=4) con una pérdida mayor a 10 cm. Al analizar la consolidación ósea, esta resultó al cabo de los seis meses.

Partiendo de los resultados encontrados en la investigación y de la experiencia de otros autores, se demostró que la modificación de la técnica constituye una posibilidad demostrada en el arsenal terapéutico para mejorar la evolución y los resultados de los defectos óseos segmentarios.

## CONCLUSIONES

La técnica de Masquelet combinada con la terapia celular demostró ser eficaz y segura. Existieron diferencias entre los grupos estudiados, siendo superior donde se utilizó la técnica de membrana

inducida con la terapia con células madres, expresado en la disminución del tiempo de consolidación ósea de los defectos óseos segmentarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Godino Izquierdo M. Capacitación osteogénica in vitro de células madre mesenquimales de médula ósea para su aplicación en resecciones segmentarias de hueso. Rev Esp Cir Ortop Traumatol [Internet]. 2020 [citado 23 Jul 2024];64(4):236–43. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revistarevistaespanolacirugiaortopedica-traumatologia-129>
2. Lara Villca R, Undurraga Carmona N. Técnica de membrana inducida en la reconstrucción de defectos óseos postraumáticos. Gac Med Bol [Internet]. 2018 [citado 29 de Jul 2024]; 41(2):18–20. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S101229662018000200005](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S101229662018000200005)
3. Masquelet AC, Fitoussi F, Begue T, Muller GP. Reconstruction of the long bones by the induced membrane and spongy autograft. Ann Chir Plast Esthet [Internet]. 2000 [citado 13 Abr 2023];45(3):346-53. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10929461/>
4. Pesciallo C, Garabano G, Montero Vincas A, Gómez DJ, Bidolegui F, Cid Casteulani A. Defectos óseos segmentarios infectados en huesos largos: tratamiento con técnica de Masquelet. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol [Internet]. 2019 [citado 20 Feb 2023]; 84(1):15-26. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S185274342019000100004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185274342019000100004)
5. Muneta T, Koga H, Mochizuki T, Suzuki K, Makino H, Umezawa A, et al. Increased proliferation of human synovial mesenchymal stem cells with autologous human serum: Comparisons with bone marrow mesenchymal stem cells and with fetal bovine serum. Arthritis and Rheumatism [Internet]. 2008 [citado 23 Jun 2024]; 58:501-10. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/art.23219>
6. Salej Villada DF, Apolo Torres DA, Mesache Villagómez EJ, Santos León KM. Aplicaciones de la terapia con células madre en traumatología. Avances, evidencias clínicas y futuras perspectivas. RECIAMUC [Internet]. 2023 [citado 29 jul 2024]; 7(2):944-52. Disponible en: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1186>
7. Roque Pérez L, Alfonso Alfonso Y, Plaín Pazos C. Aplicaciones de las células madre en la angiología cubana. Universidad Médica Pinareña [Internet]. 2018 [citado 20 May 2024]; 14(3): [aprox. 12 p.]. Disponible en: <https://revgaleno.sld.cu/index.php/ump/article/view/298/html>
8. Vago Anaya F, Crosa JI, Goveo MA, Loncharich E, Pesciallo CA. Reconstrucción de defectos óseos en la región del tobillo mediante la técnica de Masquelet. Presentación de casos. Rev Asoc Arg Ort y Traumatol [Internet]. 2024 [citado 29 de Jul de 2024];89(2):164-75. Disponible en: <https://mail.raaot.org.ar/index.php/AAOTMAG/article/view/1800>  
<http://revistaamc.sld.cu/>

9. Sánchez Valenciano C. Manejo de defectos óseos complejos por la técnica de inducción de membrana Membrane inducida técnica en el manejo de defectos óseos complejos. Rev Venez Cir Ortop [Internet]. 2020 [citado 29 de Jul 2024];53(1):10-19. Disponible en:  
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/06/1252872/art-3.pdf>
10. Montero-Ortiz LM, Garay-Villamar DG. Técnica de Masquelet en manejo de defectos óseos de diáfisis de la tibia. MQR Investigar [Internet]. 2023 [citado el 27 de noviembre de 2024];7(4):3053-69. Disponible en:  
<https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/867>
11. Expósito Ibáñez E. Actualización de la Técnica de Masquelet en Pseudoartrosis: Revisión Sistemática [tesis]. Santander: Universidad de Cantabria; 2021. [citado 29 Jul 2024]. Disponible en:  
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/23482/EXPOSITO%20IBA%c3%91EZ%2c%20ELIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Wang P, Wu Y, Rui Y, Wang J, Liu J, Ma Y. Técnica de Masquelet para la reconstrucción de defectos óseos en fractura abierta de miembro inferior: Análisis de la relación entre defecto óseo e injerto óseo. Injury [Internet]. 2021 [citado 28 Jul 2024]; 52 (4): 988-995. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.12.009>
13. Hoit G, Kain MS, Sparkman JW, Norris BL, Conway JD, Watson JT; et al. The induced membrane technique for bone defects: Basic science, clinical evidence, and technical tips. OTA Int [Internet]. 2021 [citado 28 Jul 2024]; 4(Suppl 2). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37608856/>
14. Azi ML, Teixeira AA de A, Cotias RB, Joeris A, Kfuri M Jr. Membrane induced osteogenesis in the management of posttraumatic bone defects. J Orthop Trauma [Internet]. 2016; 30(10):545-50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/BOT.0000000000000614>
15. Bornot Duránd Y, Ferrer Matos GA. Regeneración celular en los defectos óseos segmentarios. Arch méd Camagüey [Internet]. 2023 [citado 20 May 2024]; 27 Disponible en:  
<https://revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/9700/4732>
16. 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. European Journal of Trauma and Emergency Surgery [Internet]. 2021 [citado 28 May 2024];47: 1153-1162. Disponible en:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00068-019-01291-2>
17. Antonova E, Le T K, Burge R, Mershon J. Tibia shaft fractures: costly burden of nonunions. BMC musculoskeletal disorders [Internet]. 2013 [citado 28 May 2024]; 14:42. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23351958/>
18. Quesada A, Videla Ávila F, Horué Pontoriero G, Filisetti JE. Transporte sobre clavo respetando la membrana de Masquelet en defectos segmentarios severos. Serie de casos. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol [Internet]. 2023 [citado 29 Jul 2024]; 88(1): 79-90. Disponible en:  
<http://revistaamc.sld.cu/>

<https://raaot.org.ar/index.php/AAOTMAG/article/view/1570>

19. 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 [Internet]. 2015 [citado 13 Abr 2023]; 26:76-85. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v26n2/a03v26n2.pdf>

20. Pesciallo C, Garabano G, Montero Vincas A, Gómez DJ, Bidolegui F; et al. Defectos óseos segmentarios infectados en huesos largos: tratamiento con técnica de Masquelet. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol [Internet]. 2019 [citado 20 Feb 2023];84(1). Disponible en:

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S185274342019000100004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185274342019000100004)

21. Luna González F, Delgado Rufino B, Queipo de Llano Temboury A, Santos De La Fuente J, Quirante Sánchez V. Uso de BMP-7 en el tratamiento de los defectos óseos segmentarios en tibia por osteogénesis a distracción mediante transporte óseo. Estudio prospectivo aleatorizado comparativo entre la BMP-7 y el injerto autólogo. Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología [Internet] 2010. [citado 26 May 2024]; 54(suppl 1): 19-23. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1888441510700047>

22. Rico Ferrández M, Segura Llópis F, Tejeda Gómez A, Guillén Botaya E, Silvestre Muñoz A. Reconstrucción de grandes defectos óseos mediante osteogénesis por distracción: Serie de casos y revisión de la literatura. Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología [Internet]. 2023 [citado 15 Jul 2024];58:129-135 Disponible en:

[http://www.cirugiaosteoarticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/2596\\_6.%20Transportes%20%C3%B3seos.pdf](http://www.cirugiaosteoarticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/2596_6.%20Transportes%20%C3%B3seos.pdf)

23. Jover Carbonell P, Zarzuela Sánchez VM, Marín Bertolín S, Marquina Moraleda V, Martínez Bovaira G, Castillo Ruipérez L, et al. Reconstrucción biológica de grandes defectos óseos con autoinjerto de peroné vascularizado en huesos largos. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol[Internet]. 2023 [citado 15 Jul 2024];88(6):620-629. Disponible en: <https://raaot.org.ar/index.php/AAOTMAG/article/view/1591/5443>

<https://raaot.org.ar/index.php/AAOTMAG/article/view/1591/5443>

24. Boretto J, Holc F, Avanzi R, Victorica PB, Puigdengolas NM, Abrego M, et al. Colgajo de peroné vascularizado para el manejo de defectos óseos segmentarios del miembro superior. Resultados y complicaciones. AAOT-TL [Internet]. 2022 [citado el 27 de noviembre de 2024]; Disponible en:

<https://trabajoscientificoscongresoaaot.com.ar/index.php/temaslibres/article/view/859>

25. Morgan Padrón S. Técnica de inducción de membrana: experiencia en la UMAE HTO Puebla [tesis]. Puebla: Universidad Autónoma de Puebla; 2021. [citado 24 Jun 2024]. Disponible en:

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/6e2c2252-d31e-4cd2-8f6f-0878f65f50a0/content>

<http://revistaamc.sld.cu/>



## **CONFLICTOS DE INTERESES**

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses.

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yandri Bornot Duránd: (Conceptualización. Análisis formal. Metodología. Curación de datos. Redacción del borrador original. Investigación).

Gleibis A Ferrer Matos: (Análisis formal. Metodología. Redacción del borrador original. Revisión. Edición).

Mariano Ferrer Matos: (Análisis formal. Metodología. Redacción del borrador original. Revisión. Edición).