

Reconstrucción de defecto óseo masivo post-infección en radio y cúbito con trasplante bilateral de peroné autólogo y asistencia de la impresión 3D. Reporte de Caso.

Reconstruction of massive post-infection radius and ulna bone defect with bilateral autologue fibula transplantation technique and 3D printing assistance. Case Report.

Dr. Manuel Brito Velásquez¹ .

Fecha de recepción: 13/08/23. Fecha de aceptación: 29/01/24.

Resumen

Introducción: Cualquier trastorno que afecte simultáneamente al radio y al cúbito, también compromete el funcionamiento biomecánico del codo, antebrazo y muñeca. Los defectos óseos en el antebrazo secundarios a osteomielitis, fracturas, resecciones de tumores, o no-uniión pueden resultar en severos déficits funcionales cuando no son tratados o planificados de forma adecuada. **Reporte de caso:** Paciente femenino de 35 años, quien presentó un traumatismo en el antebrazo izquierdo complicado con fractura diafisaria abierta Gustilo y Anderson grado I de radio y cúbito, que fue tratada con reducción directa y osteosíntesis con 2 placas DCP de 3,5mmØ posteriormente complicada con un proceso infeccioso severo, tras lo cual la paciente presentó una pseudoartrosis por defecto de la diáfisis del radio y cúbito, así como importante dolor y limitación para la flexión extensión del codo y la pronosupinación del antebrazo. Fue tratada mediante un protocolo en 2 tiempos con técnica de Masquelet y la asistencia de la impresión 3D en distintas fases de su tratamiento quirúrgico. **Resultados:** Clínicamente alcanzó rangos de movimiento satisfactorios sin dolor a las 12 semanas y alcanzó la consolidación a las 16 semanas del postoperatorio del segundo tiempo. **Discusión:** La técnica de Masquelet combinada con el uso de aloinjerto masivo de peroné en grandes defectos diafisarios del antebrazo, asistido por la impresión 3D como herramienta para la planificación pre-operatoria, puede llevar a lograr buenos resultados clínicos y radiológicos en manejo de casos complejos como éste. **Rev Venez Cir Ortop Traumatol, 2024, Vol 56 (2): 127-134.**

Palabras Clave: Antebrazo, Osteomielitis, Fijación Interna de Fracturas, Seudoartrosis, Complicaciones Posoperatorias.

Nivel de evidencia: 4

Abstract

Introduction: Any disorder that simultaneously affects the radius and ulna also compromises the biomechanical functioning of the elbow, forearm, and wrist. Bone defects in the forearm secondary to osteomyelitis, fractures, tumor resections or non-union can result in severe functional deficits when they are not adequately treated or planned. **Case report:** A 35-year-old female patient, who presented trauma to the left forearm complicated by a Gustilo and Anderson grade I open diaphyseal fracture of the radius and ulna, which was later treated with direct reduction and osteosynthesis with 2 DCP 3.5mmØ plates. complicated by a severe infectious process, after which the patient presented a pseudoarthrosis due to a defect in the diaphysis of the radius and ulna, as well as significant pain and limitation for flexion, extension of the elbow and pronosupination of the forearm. She was treated using a 2-stage protocol with the Masquelet technique and the assistance of 3D printing in different phases of the surgical treatment. **Results:** Clinically, she reached satisfactory ranges of motion without pain at 12 weeks and achieved consolidation at 16 weeks postoperatively in the second stage. **Discussion:** The Masquelet technique combined with the use of massive fibular allograft in large diaphyseal defects of the forearm, assisted by 3D printing as a tool for understanding and studying the case, as well as for preoperative planning, can lead to achieving good clinical and radiological results in the management of complex cases such as this one. **Rev Venez Cir Ortop Traumatol, 2024, Vol 56 (2): 127-134.**

Key Words: Forearm, Osteomyelitis, Internal Fracture Fixation, Pseudarthrosis, Postoperative Complications.

Level of evidence: 4

¹Especialista en Ortopedia y Traumatología-Universidad de Los Andes Mérida. AOTrauma Fellowship en Trauma Ortopédico, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia. Jefe de Servicio de Traumatología y Ortopedia Hospital Dr. Carlos Roa Moreno, La Grita, Estado Táchira, Venezuela. Autor de correspondencia: Manuel Brito Velásquez, email: drmanuelbritopicis@gmail.com
Conflicto de interés: Esta investigación fue realizada con recursos propios sin subvenciones. Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Introducción

Los defectos óseos del antebrazo representan un verdadero problema incapacitante para el paciente, así como

un gran reto reconstructivo para el traumatólogo. Estudiar y planificar de forma adecuada estos casos es fundamental para alcanzar buenos resultados. Se requieren de habilidades en cirugía reconstructiva y buen comportamiento y adhesión por parte del paciente, por la dificultad de estos procedimientos y lo prolongado de la duración de estos tratamientos^{1,2}.

Es importante tener en cuenta que cualquier trastorno que afecte al radio y al cúbito, de forma aislada o simultánea, compromete también la función de las articulaciones de la muñeca y el codo, por tratarse el antebrazo de un sistema anatómico y bio-mecánico complejo que requiere del adecuado y sincronizado funcionamiento de todos sus componentes para garantizar su movilidad¹.

La no-uni6n es una complicaci6n que ocurre del 2 al 10% en todas las fracturas del antebrazo, con o sin infecci6n o p6rdida 6sea, y depende de distintos factores biol6gicos y mecánicos como: tipo de fractura, compromiso de las partes blandas, características del paciente, comorbilidades, hábitos, causas relacionadas con el cirujano, entre otras². Los defectos 6seos en el antebrazo secundarios a osteomielitis, fracturas, resecciones de tumores o no-uni6n pueden resultar en severos d6ficits funcionales cuando no son tratados o planificados de forma adecuada. En defectos 6seos superiores a 6 cms, se requieren de procedimientos especiales o la combinaci6n de t6cnicas de reconstrucci6n¹⁻⁴. Presentamos el caso de un paciente con un defecto 6seo masivo post-infecci6n en radio y cúbito tratado con reconstrucci6n con t6cnica de

Masquelet con el uso de un doble aloinjerto no vascularizado de peron6 y la asistencia de la impresi6n 3D para su planificaci6n.

Reporte de caso

Paciente femenino de 35 a6os, natural y procedente de la localidad de Casigua, Estado Zulia, quien present6 un traumatismo en el antebrazo izquierdo complicado con fractura diafisaria abierta Gustilo y Anderson grado I de radio y cúbito (Figura 1a), que fue tratada en su etapa aguda con reducci6n directa y osteosíntesis con 2 placas DCP de 3,5mmØ (Figura 1b), posteriormente complicado, a los 2 meses, con un proceso infeccioso que requiri6 el retiro de ambas placas y la realizaci6n de



Figura 1. a: Radiografías al momento de la fractura; b: Radiografías de la operaci6n realizada en agudo; c: Radiografías posterior a la primera limpieza quirúrgica; d: Radiografías al momento del ingreso; e: Imágenes de Tomografía computarizada.

2 limpiezas quirúrgicas y la colocación de alambres de Steimann intramedulares para estabilización de las fracturas (figura 1c).

Para el momento en que acude a nuestro servicio, a 13 meses del traumatismo inicial, la paciente presenta deformidad leve en el antebrazo y severa limitación para la movilización del mismo en pronosupinación y en flexión-extensión del codo debido al dolor. En los estudios radiográficos simples, en proyección anteroposterior y lateral, se evidencia solución de continuidad en la diáfisis del radio y el cúbito con esclerosis y defectos óseos de tamaño variable, así como deformidad angular (figura 1d).

En los laboratorios se encontró Leucocitos=13.000mm², VSG=42mm/h y PCR= 6,7mg/dL.

La Tomografía Computarizada (TC) evidenció ausencia de consolidación en la diáfisis del radio y cúbito, reabsorción de bordes y esclerosis local en ambos huesos (Figura 1e).

Se decidió elaborar un modelo hecho con impresión 3D a tamaño real del antebrazo afectado, para la planificación preoperatoria del caso, elección de implantes, guías de osteotomía, así como para explicarle a la paciente, el problema y las técnicas a ser utilizadas para su resolución, que fue manufacturado en el Laboratorio de Impresión 3D en Traumatología del Hospital Dr. Carlos Roa Moreno de La Grita, Estado Táchira.

Las imágenes fueron obtenidas a partir de la TC y de los archivos DICOM de la misma y fueron procesados y convertidos en un archivo STL con el programa Ultimaker CURA v4.9.0 (Ultimaker Enterprise, Utrecht, Países Bajos). El modelo se imprimió utilizando una impresora Creality Ender 3PRO (Comgrow 3d Technology Co., Shenzhen, China) y el material utilizado fue el filamento de ácido poliláctico premium (PLA+) de IIDMAX de 1,75mmØ (IIDMAX, Miami, Florida, USA) (Figura 2).

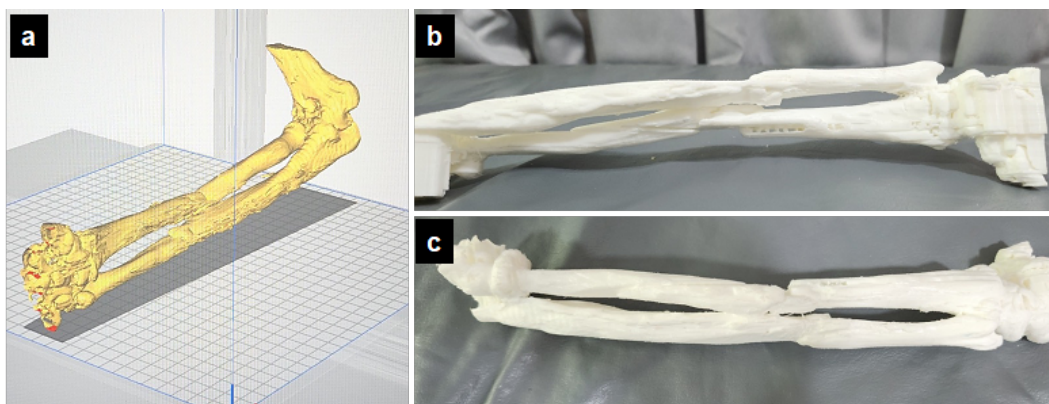


Figura 2. (a) Imagen posterior a su procesamiento y visualizada con el software Ultimaker CURA ® previa a su impresión. (b) Modelo anatómico impreso en PLA+ a tamaño real (proporción 1:1) el cual fue utilizado para establecer los límites de corte y longitud de placas a utilizar.

Resolución quirúrgica

Se planificó para una resolución en 2 tiempos según técnica descrita por Masquelet^{5,6}. En el primer tiempo, se realizó el desbridamiento y escisión de los fragmentos óseos desvitalizados, sequestros y partes blandas no viables. El desbridamiento se realizó hasta conseguir el signo de Paprika⁷ en ambos extremos de ambos huesos. Se utilizó cemento óseo de polimetilmetacrilato (PMMA) con antibiótico en el defecto óseo de ambos huesos, moldeando dichos espaciadores de acuerdo al diámetro y al tamaño de cada defecto tanto en el radio como en el cúbito. Se realizó la estabilización del antebrazo mediante la colocación de un fijador externo lineal de 1 barra, 4 rótulas simples y 4 pines (figura 3). Se tomaron muestras intra-operatorias para cultivo, antibiograma y biopsia.

Se aseguró la cobertura del hueso y el espaciador de cemento de forma adecuada mediante el cierre primario y cuidadoso de las partes blandas. No se colocaron

férulas u otros dispositivos ortésicos en el postoperatorio.

La biopsia PC-1363-22 reportó: Proceso crónico de tipo osteomielitis en radio y cúbito (figura 3c). 6 semanas después del primer tiempo, la paciente se encontraba clínicamente estable, los estudios de laboratorio reportaron Leucocitos=7.500mm², VSG=10mm/h y PCR= 0,5mg/dL. Se decidió realizar el segundo tiempo quirúrgico.

En el segundo tiempo (figura 4), se procedió al retiro del espaciador de cemento en ambos huesos y del fijador externo, cuidando no dañar la membrana inducida y siguiendo las recomendaciones descritas por Sánchez y cols⁶ y Bejarano y cols⁸, entre las que destacan: grosor de 1 a 3 mm, superficie interna no adherida al espaciador, de aspecto epitelial y color rojizo pálido, y superficie adherida al plano superior de tejido (Figura 4).

Se utilizó un aloinjerto masivo de peroné no vascularizado de ambas piernas para cada hueso, los cuales fueron tomados utilizando

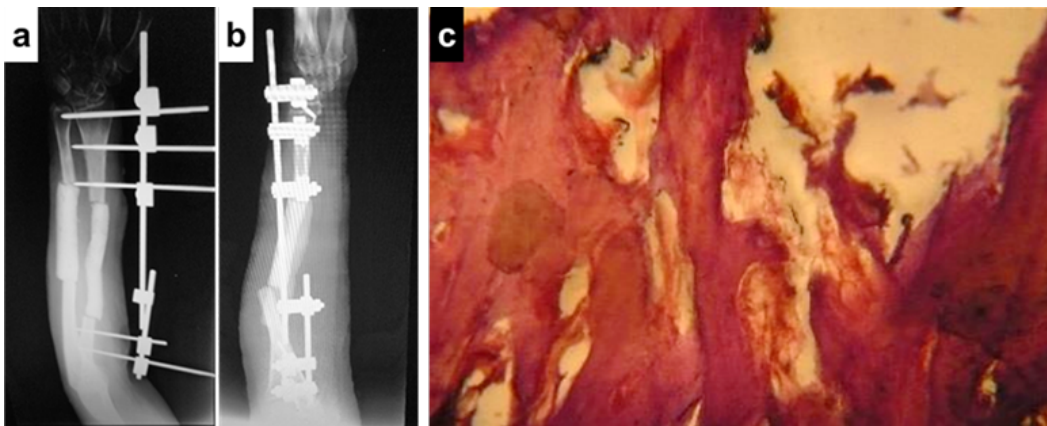


Figura 3. Primer tiempo quirúrgico: Radiografías postoperatorias en sus proyecciones anteroposterior y lateral.

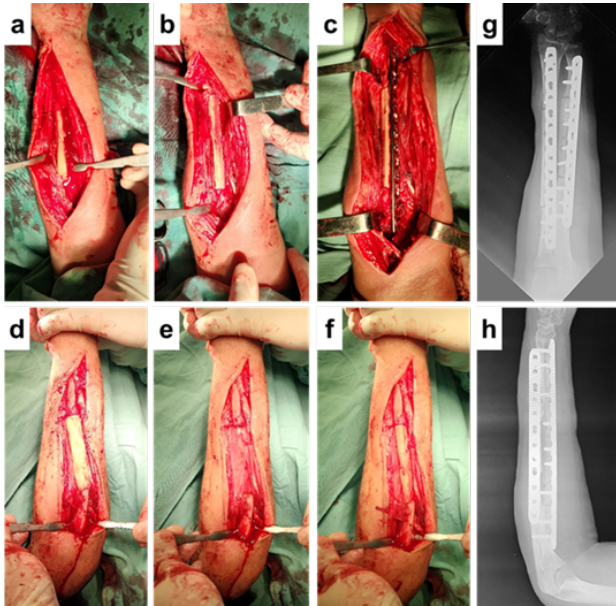


Figura 4. Segundo tiempo quirúrgico: a: Retiro del espaciador de cemento del radio; b: Colocación del aloinjerto masivo de peroné en el radio; c: Estabilización con placa LCP 3,5mm; d y e: Retiro del espaciador de cemento en el cúbito; f: Colocación de aloinjerto masivo del peroné en el cúbito; g y h: Radiografías postoperatorias.

una guía de osteotomía elaborada con impresión 3D en nuestro laboratorio y se estabilizó cada aloinjerto con una placa larga LCP 3,5mmØ, el tamaño de la placa se había escogido pre-operatoriamente de acuerdo a la planificación tradicional y la simulación realizada con el modelo elaborado con impresión 3D.

En el post operatorio no se utilizaron dispositivos como férulas u ortesis. La paciente utilizó un cabestrillo por 15 días.

Fue evaluada a las 2, 4, 8, 12 y 24 semanas. No se presentaron complicaciones de ningún tipo. Clínicamente alcanzó rangos de movimiento satisfactorios sin dolor a las 12 semanas (figura 5a-5f). Se estableció la consolidación ósea desde el punto de vista radiológico como la presencia de continuidad en 3 de 4 corticales en 2 proyecciones para cada hueso. La paciente alcanzó la consolidación a las 16 semanas del postoperatorio. Para los 24 meses del post-operatorio no se evidenciaron signos de absorción del aloinjerto masivo en ninguna de sus proyecciones (figura 5g y 5h).



Figura 5. Evolución a largo plazo. Fotos clínicas a las 16 semanas del postoperatorio: Flexión y extensión (a, b, e y f); Pronación y supinación (c y d). Radiografías control en sus proyecciones anteroposterior y lateral a los 24 meses del postoperatorio (g y h).

Discusión

En casos de no-unión del radio y cúbito asociada a defectos óseos se requiere de cuidadosa planificación y habilidades y técnicas especiales de reconstrucción ósea, sobre todo cuando estos defectos superan los 6cms^{1,2,4,8,9}. Restaurar la anatomía es un concepto clave para la recuperación funcional de este segmento anatómico único que funciona como una doble articulación donde la longitud, alineación axial y rotación correcta asegura el equilibrio articular en la muñeca y el codo^{2,8}.

La reconstrucción debe lograr la consolidación ósea manteniendo la longitud y alineación del hueso, erradicar la infección y conseguir rangos de movimiento funcionales y satisfactorios^{1,3,8}. Por lo general, en estos pacientes las condiciones del hueso y de las partes blandas circundantes, llevan a un ambiente de pobres condiciones locales que deben ser tomados en cuenta ya que pueden conducir a trastornos de consolidación ó resultados funcionales insatisfactorios si no son tratados adecuadamente^{3,4}.

En caso de defectos óseos del antebrazo, la literatura describe múltiples procedimientos para su reconstrucción como: el transporte óseo, injerto autólogo de tibia vascularizado y no-vascularizado, la técnica de membrana inducida de Masquelet, entre otras. La elección del tratamiento es determinada por la etiología del defecto, su tamaño, las condiciones del pacientes, los recursos disponibles y la experiencia del cirujano^{1,2,4,8}.

Presentamos el caso de un paciente femenino de 35 años, lo cual concuerda con la epidemiología reportada por Dimartino y

cols², con una no unión infectada complicada con defecto óseo simultáneamente en radio y cúbito.

Debido a lo complejo del caso, se utilizó la planificación preoperatoria a través de un modelo elaborado con impresión 3D a tamaño real 1:1, para una mejor comprensión de la patología y del problema a resolver, y para hacer posible la traslación de la planificación virtual o escrita a modelos tangibles y reales, con el objetivo de alcanzar una mejor preparación y planificación del caso, lo cual concuerda con lo reportado por Pachera y cols¹ y Wong¹⁰ y Pérez y cols¹¹. En nuestro caso el modelo elaborado con impresión 3D permitió predecir el lugar de las osteotomías y el tamaño del defecto óseo resultante, igualmente permitió elaborar una guía de corte utilizada en el transoperatorio y la elección el tamaño de las placas en ambos huesos pre-operatoriamente. El modelo en 3D también permitió la orientación del equipo quirúrgico durante el intraoperatorio.

La impresión 3D es una herramienta que se utiliza con cada vez mayor frecuencia en la medicina desde hace algunos años, y recientemente está comenzado a ser utilizada en la traumatología y ortopedia con aplicaciones específicas tal y como lo reportan distintos autores^{1,10-12}.

Se escogió la técnica de Masquelet⁵ para la resolución de este caso por tratarse de un defecto óseo mayor a 6cms simultáneo en la diáfisis de ambos huesos del antebrazo. Esta técnica ha reportado tasas de consolidación que van del 83 al 100% en medianos y grandes defectos óseos sin la necesidad de procedimientos de microcirugía^{1,3-6}. Según Vejarano y cols⁸ la realización de

un procedimiento de reconstrucción en 2 tiempos permite un medio aséptico seguro para estabilizar con fijación interna en pacientes con antecedentes como el que presentamos en nuestro caso. Sánchez y cols⁵ recomiendan que el tiempo entre ambos procedimientos no sea mayor a 6 semanas, tal y como se hizo en nuestro caso.

Con esta técnica se alcanzan tiempos de consolidación que van de 3 a 6 meses según algunos autores^{2,4,5,8}. Estos datos son consistentes con los encontrados en nuestro caso, donde la paciente presentó consolidación radiológica a los 4 meses del postoperatorio.

En cuanto a la elección del injerto, se decidió utilizar un injerto autólogo masivo estructurado de peroné no-vascularizado bilateral por el gran tamaño a reconstruir en ambos huesos. Por sus características anatómicas y mecánicas, Dimartino y cols², recomiendan el uso del peroné autólogo para la reconstrucción de los huesos del antebrazo por tener un diámetro similar a los mismos y son lo suficientemente parecidos estructuralmente, como para proporcionar rigidez y estabilidad al radio y cúbito, además de suficiente longitud para reconstruir los defectos diafisarios que afecten a ambos huesos^{9,13}.

Ahora bien, con respecto al uso de peroné vascularizado o no vascularizado, la literatura reporta tasas de consolidación que van desde 64 hasta 100% para el primero y de 51 hasta 92% para el segundo^{9,13-16}. En el antebrazo, El-Sayed y cols¹⁴ reportaron 100% de unión en la reconstrucción de defectos del cúbito de longitud promedio de 9cms usando aloinjertos no vascularizados de peroné.

Igualmente manifiestan que el éxito depende de la capacidad de las partes blandas circundantes de dar cobertura al constructo y revascularizar al injerto, lo cual concuerda con lo reportado por Nahar y Nahar⁹.

Con respecto al sitio donante, en nuestro caso no se presentaron complicaciones, ni morbilidad en ambas extremidades, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura por otros autores^{9,12,14,15}.

En conclusión, la técnica de Masquelet combinada con el uso de aloinjerto masivo de peroné en grandes defectos diafisarios del antebrazo, asistido por la impresión 3D como herramienta para la comprensión y estudio del caso, así como para la planificación preoperatoria, puede llevar a lograr buenos resultados clínicos y radiológicos en manejo de casos complejos como este.

Referencias

1. Pachera G, Santolini E, Galuppi A, Dapelo E, Demontis G, Formica M, Santolini F, Briano S. Forearm segmental bone defect: Successful management using the Masquelet Technique with the aid of 3D printing technology. *Trauma Case Rep* 2021;36:100549. DOI: 10.1016/j.tcr.2021.100549. Erratum in: *Trauma Case Rep*. 2023;45:100813.
2. Dimartino S, Pavone V, Carnazza M, Cuffaro E, Sergi F, Testa G. Forearm Fracture Nonunion with and without Bone Loss: An Overview of Adult and Child Populations. *J Clin Med*. 2022;11(14):4106. DOI: 10.3390/jcm11144106.
3. Yakup E, Kaan G. Is Non-Vascularized Fibular Grafting an Effective Choice in the Treatment of the Upper Extremity Pseudarthrosis?. *J Clin Pract Res*. 2020; 42(2): 167-173. DOI: 10.14744/etd.2019.80148
4. Walker M, Sharareh B, Mitchell S. Masquelet Reconstruction for Posttraumatic Segmental Bone Defects in the Forearm. *J Hand Surg Am*. 2019;44(4):342.e1-342.e8. DOI: 10.1016/j.jhsa.2018.07.003.

5. Masquelet A, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am.* 2010 Jan;41(1):27-37; table of contents. DOI: 10.1016/j.ocl.2009.07.011.
6. Sánchez C. Manejo de defectos óseos complejos por la técnica de inducción de membrana. *Rev Venez Cir Ortop Traumatol* 2021;53(1):10-9. DOI: 10.55137/2021.53.1.002.
7. Lazzarini L, Mader J, Calhoun J. Osteomyelitis in long bones. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(10):2305-18. DOI: 10.2106/00004623-200410000-00028.
8. Vejarano J, Ruiz C, Ganoza C, Hurtado J. Reconstrucción de defectos óseos segmentarios postraumáticos mediante técnica de inducción de membrana. *Rev Med Hered* 2015; 26(2):76-86.
9. Nahar K, Nahar N. Non-vascularized large free fibular bone graft in post- traumatic and infectious ulnar bone defect: a case report. *Int J Res Orthop* 2020;6(6):1350-54. DOI: 10.18203/issn.2455-4510. IntJResOrthop20204612.
10. Wong K. 3D-printed patient-specific applications in orthopedics. *Orthop Res Rev* 2016;8:57-66. DOI: 10.2147/ORR.S99614.
11. Pérez R, Calvo J, Arnal J, Chana F, Sanz P, Vaquero J. Nuestra experiencia con impresión 3D doméstica en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hazlo tú mismo, *Rev Latinoam Cir Ortop* 2016;1(2):47-53.
12. Brito M, Shiozawa J, Landaeta F, Castillo J. Aplicación clínica de la Impresión 3D en el manejo de fracturas abiertas de tibia: Nuevas fronteras en Traumatología. Estudio Experimental. *Rev Venez Cir Ortop Traumatol* 2022;54(2):53-61.
13. Estrella E, Wang E. A Comparison of Vascularized Free Fibular Flaps and Nonvascularized Fibular Grafts for Reconstruction of Long Bone Defects after Tumor Resection. *J Reconstr Microsurg.* 2017;33(3):194-205. DOI: 10.1055/s-0036-1594299.
14. El-Sayed M, El-Hadidi M, El-Adl W. Free non-vascularised fibular graft for treatment of post-traumatic bone defects. *Acta Orthop Belg.* 2007 Feb;73(1):70-6.
15. Yadav A, Pawar E, Prasanna G, Mane A, Harssor A, Shet V, Bansal S. Functional outcome of non-vascularized fibula in gap non union. *Int J Res Orthop* 2020;6:205-8.
16. Liu S, Tao S, Tan J, Hu X, Liu H, Li Z. Long-term follow-up of fibular graft for the reconstruction of bone defects. *Medicine (Baltimore)* 2018;97(40):e12605. DOI: 10.1097/MD.00000000000012605.