RT SCHEDULE
MEDICINA

USO DE IMPLANTES TRIDIMENSIONALES DE TITANIO

Por: Alejandra Michelle Villeda Aguilar

Uno de los principales retos clínicos y quirúrgicos actualmente existentes es el tratamiento de grandes defectos óseos en el pie y el tobillo; lesiones comúnmente secundarias a daños postraumáticos, necrosis avascular, fractura severa del pilón tibial, neuroartropatía de Charcot, fracaso total de artroplastia de tobillo y tumores óseos, entre otros. A pesar de los avances en las técnicas de reconstrucción, las tasas de complicaciones posquirúrgicas se han mantenido altas, con necesidad de amputación en el 19 % de los casos. Hoy en día, el método más frecuentemente utilizado para tratar los defectos óseos mayores es el trasplante de injerto, con el fin de conservar altura, longitud y funcionalidad del miembro. Estos injertos, ya sea auto o aloinjertos, favorecen el proceso de consolidación, mas conllevan riesgos elevados de infección, dolor refractario, diferencias en la longitud de las extremidades, colapso tardío y consiguiente fallo estructural. Los autoinjertos, específicamente, pueden causar morbilidad en el sitio de donación y estadía más larga en el hospital; además de que frecuentemente están limitados tanto por la cantidad y calidad del injerto que puede obtenerse, como por la imposibilidad para adoptar la forma anatómica precisa y para resistir cargas muy pesadas o grandes fuerzas (So, Mandas, & Hlad, 2017).

Todo lo anterior causa, en consecuencia, mayor susceptibilidad al colapso del injerto y al fracaso del procedimiento reconstructivo. Debido a ello, ha surgido como alternativa el uso de impresión tridimensional (también llamada manufactura aditiva) para producir objetos predefinidos y de dimensiones exactas, que puedan personalizarse para la anatomía de cada paciente a través de un repertorio más amplio de tamaños, formas y opciones de fijación modificables e intercambiables (So, Mandas, & Hlad, 2017).

Materiales y métodos

En la serie de casos realizada por So, Mandas y Hlad en 2017, se eligieron a tres pacientes femeninas que tuvieron una cirugía electiva de pie y tobillo fallida. Las tres pacientes que iniciaron protocolo (ver tabla 1) fueron evaluadas con radiografías pre y posquirúrgicas. En caso de existir infección se llevaron a cabo medidas correctivas para luego poder comenzar la reconstrucción con el diseño personalizado de una jaula de armadura de titanio producida con una impresora 3D por 4WEB Medical, en conjunción con un fijador externo. Se les realizaron tomografías multicorte preoperatorias para que sirvieran de guía para la planeación del procedimiento quirúrgico y del prototipo del implante, diseñado por un equipo multidisciplinario y evaluado constantemente por el cirujano. Los materiales adicionales, como tornillos e implantes de prueba, fueron igualmente diseñados con dimensiones anatómicas específicas. Al terminar, los implantes fueron enviados para valoración final y esterilización (So, Mandas, & Hlad, 2017).

Cada paciente fue sometida a lavados preoperatorios. A todas se les administró un bloqueo del nervio ciático en la fosa poplítea. En adición a los implantes tridimensionales, también fueron utilizados injertos; obtenidos mediante métodos distintos (So, Mandas, & Hlad, 2017). El procedimiento quirúrgico consistió en la inserción de implantes espaciadores para la jaula dentro de los defectos óseos. Se insertaron las guías para fijación interna y una cánula. La jaula de titanio se llenó con el autoinjerto correspondiente y se insertó en el espacio de la lesión. Luego de los cuidados postoperatorios pertinentes (colocación de moldes, reposo total) y la mejoría progresiva, se les hizo una tomografía multicorte a los doce meses de seguimiento (So, Mandas, & Hlad, 2017).

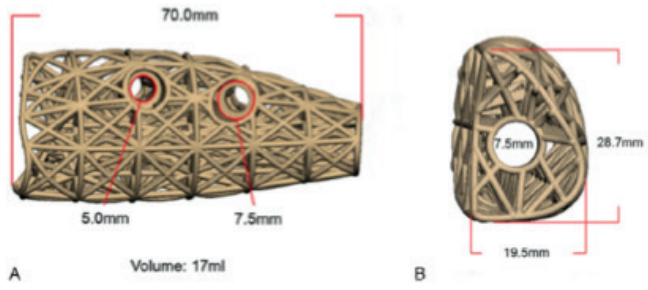


Fig. 7. *(A)* Side and *(B)* axial views of the preoperative model depicting the implant design and measurements.

Table
Patient demographics, failed index procedure, implant characteristics, fixation methods, and limb salvage

Variable	Patient Number		
	1	2	3
Age (y)	38	29	64
Gender	Female	Female	Female
Failed procedure	Total ankle replacement implant failure	Evans calcaneal osteotomy, septic nonunion	Lapidus bunionectomy, septic nonunion
Dimensions (mm)			
Height		NA	NA
Overall	25.4		
Superiorly	43.8 × 35.5		
Inferiorly	43.8 × 44.6		
Length	NA		
Overall		24.5	70
Anteriorly		18.5 × 25.6	14.5 × 13.5
Posteriorly		24.4 × 27.0	28.7 × 19.5
Orthobiologics	Trinity ELITE DBM (Orthofix, Lewisville, TX) and autogenous fibular bone graft	5 mL Paragon V92 MSCs (Paragon28 Inc., Englewood, CO) and 40 mL of BMA from right tibia	Trinity ELITE DBM (Orthofix) and 40 mL of bone graft major from left femur by reamer-irrigator-aspirator
Follow-up (mo)	21	14	17
Limb salvage	Yes	Yes	Yes
Complications	Superficial wound dehiscence	None	None
Fixation	13 × 200-mm retrograde nail with 6 interlocking screws (Orthofix)	7.0-mm screw (Paragon28 Inc.)	6.5-mm beaming screw with two 4.0-mm interlocking screws (Wright Medical Technologies, Memphis, TN)

Abbreviations: BMA, bone marrow aspirate; MSCs, mesenchymal stem cells; NA, not applicable.

Resultados

De las tres pacientes estudiadas, dos (66 %) sanaron sin incidentes de importancia y una (33 %) desarrolló una complicación posquirúrgica.

Esta última había recibido previamente un reemplazo total de tobillo, con compromiso de la piel de la porción anterior; mas fue exitosamente tratada con cuidado local de la herida y antibióticos orales. Las tres pacientes (100 %) fueron capaces de deambular sin dolor después de doce semanas posteriores a la cirugía, y se volvieron candidatas para utilizar una ortesis personalizada o una abrazadera ortopédica. Durante el seguimiento de doce semanas no se observaron muestras de descomposición cutánea inminente, de infección o de fallo en la consolidación en ninguna de las tres pacientes (100 %). La tomografía multicorte realizada a los seis meses después de la cirugía demostró integración ósea del implante mayor al 50 %, y el injerto óseo dentro del implante mismo. No se hallaron signos

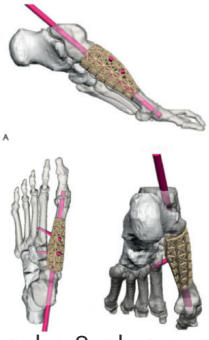
tempranos de hundimiento, colapso del implante o pérdida de la corrección durante el seguimiento total de 17.33 +/- 3.51 meses (So, Mandas, & Hlad, 2017).

Discusión

El autoinjerto proveniente de la cresta iliaca es considerado el estándar de oro para las artrodesis, puesto que es menos costoso y posee un alto potencial osteoinductor. Es, sin embargo, susceptible a morbilidad en el sitio de donación en el 73.3 % de los casos (So, Mandas, & Hlad, 2017). El aloinjerto, por otro lado, si bien elimina el riesgo de morbilidad, incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades y de colapso tardío, y tiene una mayor incidencia en consolidación fallida. A pesar de ser recursos relativamente fáciles de conseguir, los injertos han probado ser deficientes en la reconstrucción ósea, por no poseer la forma exacta del defecto que busca corregirse y por carecer de la capacidad para soportar la cantidad de peso correspondiente a la extremidad inferior del cuerpo. Los defectos de los injertos sintéticos han resultado ser muy similares (So, Mandas, & Hlad, 2017). Por otra parte, los implantes hechos de tantalio se han vuelto un recurso promisorio para la cirugía ósea reconstructiva, mostrando capacidad para proveer un eficaz soporte estructural en diferentes áreas, tanto en artroplastias de rodilla (de Paula Mozella, Reiniger , Alexandre, & Barros, 2014) como en defectos de pie y tobillo (So, Mandas, & Hlad, 2017), debido mayormente a sus fuertes propiedades osteoconductoras (Paganias, Tsakotos, Koutsostathis, & Macheras, 2012).

El implante tridimensional hecho de titanio, asimismo, ha demostrado una prometedora capacidad para remediar defectos óseos de distintos tamaños, formas y ubicaciones, debido principalmente al atributo de personalización que conlleva su diseño computarizado; mismo que deja entrever su vasto potencial terapéutico para pacientes que anteriormente eran relegados a no tener más opción que someterse a amputación o a complicados intentos para salvar la extremidad (So, Mandas, & Hlad, 2017).

En el estudio de series de casos aquí revisado, no se observaron fallos en la consolidación, pérdida de la corrección, hundimiento o colapso del injerto; probablemente como consecuencia de la elevada fuerza mecánica del implante de armadura y al coeficiente de fricción de su superficie altamente texturizada (So, Mandas, & Hlad, 2017); planteando así un significativo potencial terapéutico digno a considerar. No obstante, este estudio tiene claras limitaciones: presencia de artefacto en las tomografías (hecho que dificultó la evaluación de crecimiento óseo interno), desconocimiento de los resultados a largo plazo y, especialmente, un bajo número de casos reportados y la falta de comparación directa entre injertos e implantes de titanio; condiciones que pueden fácilmente suscitar escepticismo al convertirlo en un estudio insuficientemente representativo y que no incorpora un número significativo de variables que generen eficazmente una perspectiva clara del alcance y la funcionalidad de los implantes de titanio tridimensionales. Se plasma, en consecuencia, la necesidad de realizar ensayos clínicos de mayores dimensiones que lleven a consideración un número más alto de variables y que comparen activa y directamente los implantes contra los injertos.



Otro aspecto para tomar en cuenta es el análisis costo-beneficio en la creación y aplicación de implantes tridimensionales de titanio

Puesto que los gastos de manufactura son elevados; sin mencionar los costos adicionales al tratamiento, como la realización de estudios de imagen y la estadía en el hospital. Esta situación podría fácilmente desmeritar el potencial curativo del implante, al ser inaccesible para varios grupos poblacionales y algunas instituciones de salud. Sin embargo, independientemente de su precio elevado, el andamio de armadura de titanio tridimensional es una opción digna de estudiar y considerar en vez del enfoque tradicional para el tratamiento de los defectos óseos, debido a su formidable potencial personalizable y a su gran funcionalidad estructural. Esta técnica puede proveer muy buenos resultados en el salvamiento de extremidades con defectos óseos que de otro modo requerirían de complejos esfuerzos y el uso de injertos con alta probabilidad de fallo (So, Mandas, & Hlad, 2017).

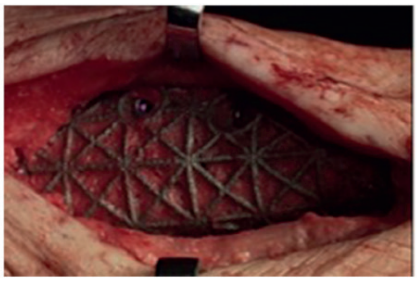


Fig. 10. Intraoperative photograph showing final implantation of the truss implant with definitive fixation and filled with femoral autograft (reamer-irrigator-aspirator). Shown with permission.

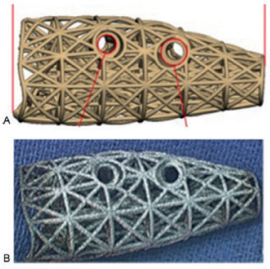


Fig. 9. (A) Diagram of the computer model implant geometry showing the measurements and architecture with the open truss design. (B) Clinical photograph of the truss implant before implantation. Shown with permission.

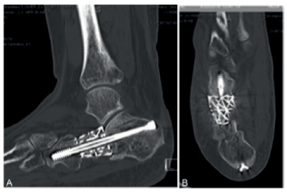


Figura 16. Vistas tomográficas del seguimiento a doce meses posoperatorios mostrando osteointegración del implante y fijación. En "Large osseous defect reconstruction using a custom three-dimensional printed titanium truss implant" por So, E. et al, 2018, The journal of foot & ankle surgery, 57, pág. 203. Derechos de autor [2018] por So, E. et al.

Referencias:

Bajantri, B., Bharathi, R., & Sabapathy, R. (2012). Wound Coverage Considerations for Defects of the Lower Third of the Leg. Indian Journal of Plastic Surgery, 45, 283-290.

Bistolfi, A., Giuseppe, M., Verné, E., & et al. (27 de mayo de 2011). Hindawi. Obtenido de International Scholarly Research Network: http://dx.doi.org/10.5402/2011/290851

Cox, G., Jones, E., McGonagle, D., & Giannoudis, P. (2011). Reamer-irrigator-aspirator indications and clinical results: a systematic review. International Orthopaedics, 35, 951-956.

de Paula Mozella, A., Reiniger, R., Alexandre, H., & Barros, A. (2014). Use of a trabecular metal cone made of tantalum, to treat bone defects during revision knee arthroplasty. Revista brasileira de ortopedia, 49, 245-251.

Paganias, C., Tsakotos, G., Koutsostathis, S., & Macheras, G. (2012). Osseous integration in porous tantalum implants. Indian Journal of Orthopaedics, 46, 505-513.

So, E., Mandas, V., & Hlad, L. (2017). Large Osseous Defect Reconstruction Using a Custom Three-Dimensional Printed Titanium Truss Implant. The Journal of Foot & Ankle Surgery, 57, 196-204.

García, A., Carradori, & Moreno, M. (2004). Bloqueo del nervio ciático en el hueco poplíteo. Revista Argentina de Anestesiología, 62, 505-509