

REPORTE DE CASO

Uso de biomodelos impresos en 3D para la planificación preoperatoria de artroplastia total de cadera luego de fractura acetabular: reporte de un caso

3D printed biomodels for preoperative planning of total hip arthroplasty following an acetabular fracture: a case report

Iván Callupe¹, Alfredo Aybar², Pedro Morales-Gallo², Pedro Morales-Covarrubias¹, Wildor Samir Cubas³

¹ Complejo Hospitalario Alberto Barton, Servicio de Ortopedia y Traumatología, Lima, Perú.

² Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, Servicio de Ortopedia y Traumatología, Lima, Perú.

³ Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins, Departamento de Cirugía de Tórax y Cardiovascular, Lima, Perú.

Resumen

Introducción. Las fracturas de acetábulo constituyen un reto para los ortopedistas por la dificultad de su tratamiento y las complicaciones asociadas.

Presentación del caso. Hombre de 53 años que ingresó al servicio de urgencias de un hospital del tercer nivel de atención por policontusión en tórax y pelvis causada por un accidente de tránsito. Presentó dolor en tórax y cadera, y no se identificó lesión ósea, por lo que se dio el alta a las 48 horas. Siete días después, el paciente asistió al servicio de urgencias por dolor en la cadera izquierda y limitación para caminar. En los exámenes imagenológicos, se evidenció fractura de acetábulo izquierdo, pero fue operado luego de dos meses debido a dificultades económicas y del aseguramiento en salud. Se realizó reducción abierta más fijación interna y relleno con injerto de cresta ilíaca, y artroplastia total de cadera (ATC). A los seis meses, el paciente presentó capacidad de ambulación limitada y dolor en la cadera izquierda. Luego de los exámenes físico e imagenológico, se diagnosticó deformación severa del acetábulo izquierdo con migración posterosuperior de la cabeza femoral, necrosis de la cabeza femoral completa y defecto óseo posterosuperior de acetábulo (tipo IIIB según clasificación de Paprosky), por lo que se realizó ATC asistida por biomodelos 3D. El paciente presentó una recuperación óptima.

Conclusión. Utilizar biomodelos 3D impresos optimiza la planificación preoperatoria, ya que permite reconocer la lesión, plantear el abordaje más adecuado, elegir los mejores implantes y disminuir el tiempo de operación, el sangrado y las complicaciones.

Palabras clave: Impresión tridimensional; Fractura de cadera; Acetábulo (DeCS).

Abstract

Introduction: Acetabulum fractures are a challenge for orthopedic surgeons due to the difficulty of their treatment and associated complications.

Case presentation: A 53-year-old man was admitted to the emergency department of a tertiary care hospital due to multiple trauma to the chest and pelvis following a traffic accident. He presented with chest and hip pain, but no bone lesion was identified, so he was discharged after 48 hours. Seven days later, the patient attended the emergency department again due to pain in the left hip and limited walking. Imaging tests showed a fracture of the left acetabulum, but he was operated on only after two months owing to economic and health insurance difficulties. Open reduction internal fixation and filling with iliac crest graft and total hip arthroplasty (THA) were performed. After six months, the patient presented limited ambulation capacity and pain in the left hip. Upon physical and imaging examinations, severe deformity of the left acetabulum with posterosuperior migration of the femoral head, necrosis of the entire femoral head, and posterosuperior bone defect of the acetabulum (type IIIB according to Paprosky's classification) were diagnosed, so 3D biomodel-assisted THA was performed. The patient had an optimal recovery.

Conclusion: The use of 3D printed biomodels optimizes preoperative planning, as it allows identifying the lesion, planning the most appropriate approach, choosing the best implants, and reducing operating time, bleeding and complications.

Keywords: 3D printing; Hip Fractures; Acetabulum (MeSH).



Open access

Recibido: 07/09/2022

Aceptado: 06/03/2023

Correspondencia: Wildor Samir Cubas. Departamento de Cirugía de Tórax y Cardiovascular, Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins, Lima, Perú. E-mail: wsamircubas@gmail.com.

Cómo citar: Callupe I, Aybar A, Morales-Gallo P, Morales-Covarrubias P, Cubas WS. [Uso de biomodelos impresos en 3D para la planificación preoperatoria de artroplastia total de cadera luego de fractura acetabular: reporte de un caso]. Rev Col Or Tra. 2023;37(2):e22. English. doi: <https://doi.org/10.58814/01208845.22>

How to cite: Callupe I, Aybar A, Morales-Gallo P, Morales-Covarrubias P, Cubas WS. 3D printed biomodels for preoperative planning of total hip arthroplasty following an acetabular fracture: a case report. Rev Col Or Tra. 2023;37(2):e22. English. doi: <https://doi.org/10.58814/01208845.22>

Copyright: ©2023 Sociedad Colombiana de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia [Creative Commons Atribución](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), la cual permite el uso, distribución y reproducción sin restricción alguna en cualquier medio, siempre que se den los créditos al autor y la fuente.



Introducción

Las fracturas de acetábulo tienen una incidencia anual de 3 casos por cada 100 000 habitantes y constituyen un reto para el cirujano ortopeda.^{1,2} La congruencia anatómica entre la cabeza femoral y el acetábulo es esencial para obtener buenos resultados a largo plazo en el tratamiento de este tipo de fracturas, ya que se ha reportado que los desplazamientos mayores a 3mm pueden generar osteoartrosis y malos desenlaces funcionales en estos pacientes.² Del mismo modo, se estima que cuando la osteosíntesis falla después de la cirugía, la probabilidad de tener artrosis incapacitante en un corto periodo de tiempo oscila entre el 30 y el 40%, y la ocurrencia de desplazamiento de las estructuras óseas es de cerca del 5%.¹⁻³ Por otra parte, se debe tener en cuenta que la anatomía de la fractura puede limitar el uso de implantes regulares y, en consecuencia, en estos casos es necesario realizar una artroplastia de cadera mediante técnicas de revisión para procedimientos primarios.²

En la última década, la reconstrucción tridimensional de la anatomía humana a partir de los estudios radiológicos ha proporcionado herramientas para la planificación de procedimientos quirúrgicos, favoreciendo la interpretación de las reconstrucciones, así como la determinación de la técnica quirúrgica y los implantes necesarios para la cirugía.^{4,5} Así, el uso de la impresión 3D en la planificación preoperatoria permite hacer más efectivo el proceso de diagnóstico y realizar una simulación del procedimiento quirúrgico. Además, la fácil adquisición de materiales y equipos de tecnología, como impresoras 3D y programas informáticos de acceso libre, ha permitido que cualquier ortopeda pueda obtener biomodelos 3D a partir de las imágenes tomográficas.³

Teniendo en cuenta lo anterior, este reporte de caso describe el uso de biomodelos impresos en 3D en la planificación preoperatoria del tratamiento quirúrgico de artroplastia total de cadera como tratamiento de fractura acetabular desplazada.

Presentación del caso

Hombre de 53 años sin antecedentes médicos relevantes que fue admitido al servicio de urgencias de un centro hospitalario público de tercer nivel de atención de Lima (Perú) por policontusión en tórax y pelvis, debido a trauma de alta energía ocasionado en un accidente de tránsito. En la evaluación física, el paciente presentó dolor torácico sin dificultad respiratoria y dolor en la cadera derecha. Además, se realizaron estudios imagenológicos, en los cuales no se observó lesión ósea, por lo que el paciente fue dado de alta luego de 48 horas de la admisión al servicio de urgencias.

Siete días después de su egreso, el paciente presentó dolor moderado en cadera izquierda y limitación para caminar, por lo que asistió nuevamente al servicio de urgencias. Allí, se realizaron exámenes imagenológicos en los que se identificó una fractura de acetábulo izquierdo que comprometía la columna vertebral (Figura 1A-D), motivo por el cual se indicó tratamiento quirúrgico. Sin embargo, el paciente pudo ser operado luego de dos meses del diagnóstico, debido a la falta de recursos económicos y a los problemas con la cobertura de su plan de aseguramiento en salud. El procedimiento quirúrgico se ejecutó en dos tiempos: en la primera fase, se realizó reducción abierta más fijación interna (RAFI) y relleno con injerto de cresta ilíaca, lo cual permitió mantener el stock óseo, y en la segunda fase, se llevó a cabo una artroplastia total de cadera (ATC).

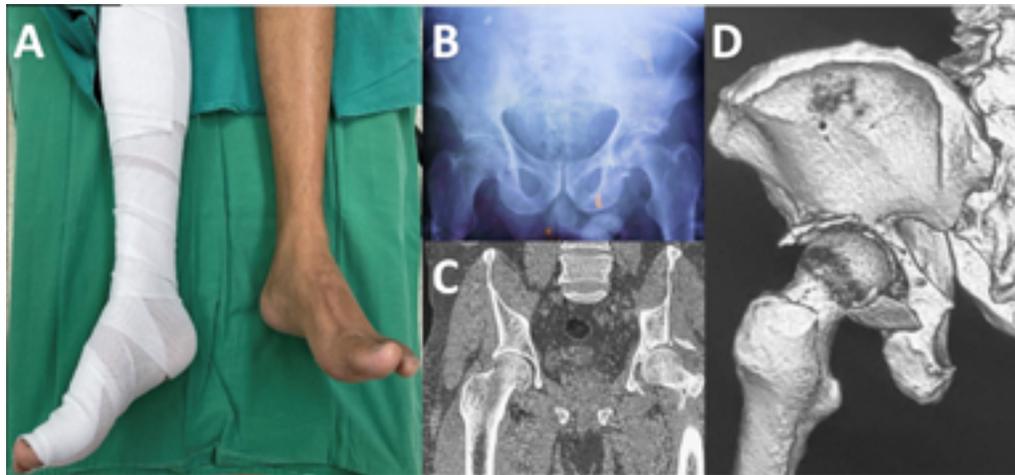


Figura 1. Evaluación clínica e imagenológica de paciente con fractura acetabular antes de la cirugía. A. Rango de movimiento limitado con predisposición a rotación externa mientras se flexiona la cadera afectada. B. Radiografía anteroposterior de pelvis. C y D. Tomografía computarizada de la pelvis en la que se observa fractura acetabular. Fuente: imágenes obtenidas durante la realización del estudio.

A los seis meses de la cirugía, el paciente presentó capacidad de ambulación muy limitada y dolor en la cadera izquierda que no mejoraba con analgésicos convencionales, por lo que recurrió al uso de muletas y acudió al servicio de urgencias. Durante el examen físico, se identificó acortamiento de la pierna de 3cm con respecto de la otra extremidad, deterioro funcional, rango de movimiento de la cadera izquierda limitado y tendencia a la rotación externa al flexionar la cadera. Teniendo esto en cuenta, se realizaron una radiografía y una tomografía computarizada, en las cuales se evidenció deformación severa del acetábulo izquierdo con migración posterosuperior de la cabeza femoral, así como necrosis de la cabeza femoral completa y defecto óseo posterosuperior de acetábulo (Figura 2A-B), por lo que la lesión se clasificó como defecto acetabular tipo IIIB según la clasificación de Paprosky.

Debido al defecto acetabular y a la pérdida completa de la cabeza femoral izquierda, se decidió realizar una ATC. La planificación preoperatoria se basó en la impresión en 3D de biomodelos, para lo cual se usaron los archivos de la tomografía realizada al paciente en formato Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Estos archivos fueron procesados en el programa de libre acceso 3D-Slicer®, con el fin de editar y seleccionar el área anatómica de la lesión, y obtener archivos de objeto tridimensional en formato Standard Triangle Language (STL). Asimismo, se utilizó el programa de libre acceso Fusion 360® para diseñar los modelos 3D de los componentes de la prótesis (copa acetabular, inserto y cabeza y vástago femoral) (Figura 2C-E).

Los archivos STL de los biomodelos de la lesión (pelvis y fémur proximal) y los componentes 3D de la prótesis permitieron realizar la planificación preoperatoria digital, ya que en posibilitaron la observación del área del defecto óseo y la determinación de los tamaños de la cuña y copa acetabulares, así como del injerto de cabeza femoral, los cuales se incluyeron en el tratamiento con el fin de dar apoyo a los remanentes de las columnas acetabulares. Dichos archivos STL fueron importados al programa integrado de una impresora 3D (Creality CR-10 V2) y se realizó la impresión con material de resina biodegradable (ácido poliláctico), la cual duró 12 horas aproximadamente (Figura 2F-G).

Los biomodelos en 3D de la pelvis con el defecto óseo y de los componentes de la prótesis se usaron para simular la técnica y el proceso de la ATC, y a partir de esta simulación, se determinó la disposición y las medidas de los componentes más adecuadas (copa acetabular: 48mm; cuña acetabular: 50 x 10mm) (Figura 2C-E). Posteriormente, los biomodelos fueron esterilizados con óxido etileno para su uso durante el procedimiento quirúrgico.

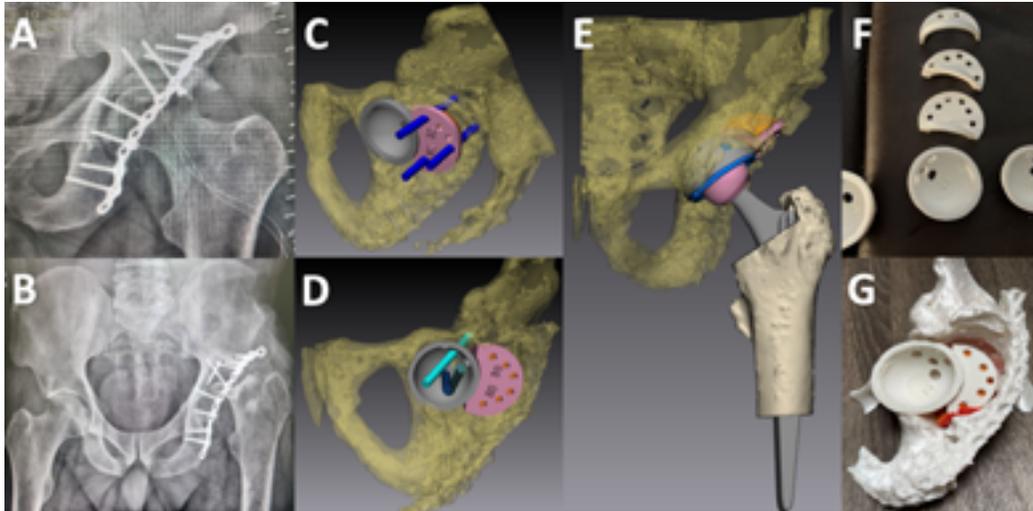


Figura 2. Pruebas imageneológicas posoperatorias y planificación preoperatoria en 3D. A. Radiografía anteroposterior de pelvis realizada en el posoperatorio inmediato. B. Radiografía de pelvis realizada seis meses después de la primera intervención quirúrgica en la que se observa deformación severa del acetábulo izquierdo con migración posterosuperior de la cabeza femoral y necrosis de cabeza femoral. C-G. Diseño, impresión y planificación preoperatoria con bioimpresiones 3D con los que se determinaron los tamaños de la copa acetabular (48mm) y la cuña acetabular (50mm x 30mm). Fuente: imágenes obtenidas durante la realización del estudio.

Durante la cirugía, con paciente en decúbito lateral y utilizando un abordaje estándar posterolateral de cadera, se identificó quirúrgicamente el cuello femoral y se realizó una osteotomía femoral *in situ*, permitiendo el acceso al defecto óseo. Se logró identificar parte de la placa de reconstrucción usada en la primera intervención. Además, todos los hallazgos anatómicos coincidían con el modelo impreso, por lo que este permitió guiar la identificación del acetábulo. Con el objetivo de dimensionar y dar forma al acetábulo para encajar la cubierta de la copa acetabular, se utilizó una fresa de alta velocidad y se reconoció el centro de la cadera, donde se usaron fresas acetabulares secuencialmente con un aumento de tamaño progresivo (2 mm a 47 mm) en la ubicación deseada. Además, las pruebas quirúrgicas *in situ* de la cuña y la copa acetabulares se compararon con el biomodelo 3D y, posteriormente, se insertaron los componentes definitivos de la prótesis. Asimismo, se utilizó un injerto de cabeza femoral de cadáver para rellenar los espacios del defecto óseo y se insertaron 3 tornillos (6,5mm) en la cuña acetabular y 3 tornillos (6,5mm) en la copa acetabular para proporcionar estabilidad durante la integración de cada uno de estos componentes (Figura 3A-B).

Con respecto al procedimiento realizado en el fémur, se utilizó un vástago femoral no cementado de 13 mm (Zimmer) y se implantó una cabeza femoral de cerámica de 28mm e inserto de polietileno. Finalmente, se comprobó un rango de movimiento adecuado, estabilidad de la artroplastia correcta y tensión de los tejidos blandos (Figura 3C-E).

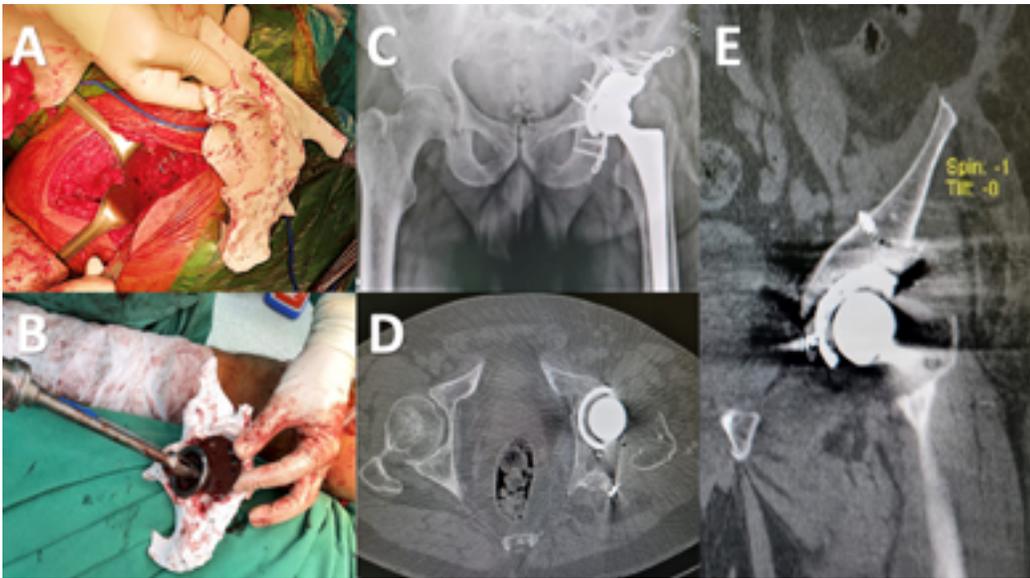


Figura 3. Tratamiento quirúrgico final y control con exámenes imagenológicos. A-B. Cirugía acetabular y colocación de copa acetabular (48mm) y cuña acetabular (50mm x 30mm) con tornillos. C-E. Radiografías y tomografías realizadas en el posoperatorio en las que se observa una correcta reducción abierta más fijación interna.

Fuente: imágenes obtenidas durante la realización del estudio.

El paciente presentó una óptima recuperación posoperatoria y fue dado de alta 5 días después de la intervención. A las dos semanas de la cirugía, el paciente inició sesiones de fisioterapia, logrando ambulación parcial asistida a las tres semanas y sin asistencia a las 12 semanas. Durante los controles realizados en los 12 meses siguientes, el paciente no presentó ninguna complicación.

Discusión

Las fracturas de acetábulo son lesiones producidas usualmente por mecanismos de alta energía, como accidentes de tránsito o caídas de altura, y alrededor del 75% de los casos ocurren en jóvenes. En este reporte de caso, dichas tendencias coinciden parcialmente con las condiciones del paciente, ya que la causa de la fractura fue un accidente de tránsito y el paciente tenía 53 años.

El tratamiento de elección de las fracturas de acetábulo es la RAFI, la cual se recomienda en presencia de: desplazamiento de la fractura mayor a 2mm, trazo de fractura en la zona de carga, subluxación de la cabeza femoral y afectación de la pared o columna anterior y posterior.⁴ Al respecto, en una revisión sistemática de la literatura que incluyó 61 estudios sobre fracturas de acetábulo en pacientes mayores de 55 años, se encontró que el 55,42% (n=230) y el 14,22% (n=59) de los participantes de 15 estudios (n=415) que reportaban datos sobre el tratamiento recibieron RAFI y RAFI más ATC, respectivamente.¹

Por otra parte, la realización de ATC como tratamiento inicial es considerada en pacientes con fractura de acetábulo que presentan los siguientes factores de riesgo de falla del tratamiento convencional: impactación de la cabeza femoral sobre el acetábulo, luxación de cadera, daño de la cabeza del fémur, fractura conminuta, hallazgo radiográfico de impactación del domo superomedial del acetábulo (*gull sign*) u osteoartrosis preexistente.⁵⁻⁷

Las complicaciones posquirúrgicas en fracturas de acetábulo causan alteraciones de la anatomía, pseudoartrosis, pérdida ósea, falla de implante y necrosis avascular del acetábulo o el fémur. Paprosky realizó una clasificación de estos defectos óseos según la ubicación y la medida del defecto.⁶ En nuestro caso, el defecto óseo del paciente fue catalogado en el tipo IIIB por presentar compromiso de la pared acetabular y migración femoral superomedial mayor a 2cm.

La presencia de defectos óseos complejos en el acetábulo dificulta la reconstrucción del hueso, haciendo necesaria la implementación de estrategias para manejar este tipo de lesiones tales como injertos óseos, mallas acetabulares, aumento de metal trabecular o incluso prótesis personalizadas.⁷ La elección de la estrategia dependerá de la experticia del cirujano, la extensión del defecto óseo, los recursos económicos y los implantes disponibles.⁷⁻⁹

En los últimos años, el desarrollo de las tecnologías 3D ha permitido la creación de nuevas técnicas para tratar las fracturas de acetábulo, como por ejemplo la cirugía asistida por computadora. Estas nuevas técnicas tienen diferentes posibilidades de aplicación, entre las cuales se encuentran visualizar e imprimir en 3D la lesión, y realizar la simulación de la intervención quirúrgica en los modelos impresos antes y durante la cirugía.

Existen pocos reportes de caso sobre el uso de biomodelos 3D en el tratamiento de fracturas acetabulares con defectos óseos. Por ejemplo, Sanchez *et al.*⁸ describen el caso de un paciente con secuela de fractura de acetábulo, en el que se determinó la extensión del defecto óseo mediante la impresión 3D y se utilizó el biomodelo durante la cirugía para determinar la posición de los implantes. Asimismo, Meesters *et al.*⁹ realizaron una revisión sistemática que incluyó 19 estudios sobre fracturas acetabulares asistidas con biomodelos 3D y encontraron que el uso de estos modelos disminuyó el tiempo operatorio (162,5±79,0 minutos versus 296,4±56,0 minutos), la pérdida de sangre (697,9±235,7ml versus 1097,2 ± 415,5ml), el uso de fluoroscopia (9,3±5,9 veces versus 22,5±20,4 veces) y las complicaciones (*odds ratio*: 0,5).⁹ Además, Weng *et al.*¹⁰ utilizaron modelos impresos en 3D en la planeación preoperatoria del tratamiento de 23 pacientes con fracturas antiguas de acetábulo, encontrando resultados excelentes, buenos y pobres en 14, 7 y 2 casos, respectivamente; así como un tiempo operatorio de 113,5 minutos, sangrado de 550,0cc y uso de la fluoroscopia 12,7 disparos en promedio.¹⁰ En nuestro paciente, utilizamos la reconstrucción 3D para realizar la planificación preoperatoria digital, logrando determinar la posición y el tamaño de los implantes. Además, realizamos la impresión 3D de la lesión y los implantes (copa y cuñas acetabulares), los cuales fueron utilizados en una simulación de la cirugía y en la sala de operaciones para identificar las estructuras anatómicas y el tamaño adecuado de los implantes.

Con respecto a las desventajas de utilizar biomodelos en 3D en la planificación preoperatoria, se debe mencionar que es necesario cumplir ciertos requisitos técnicos como tener una tomografía con buena resolución (máximo cortes de 0,1mm). El tiempo de impresión constituye otra de las desventajas, ya que cada modelo tarda en promedio 10 a 24 horas en imprimirse, dependiendo de su volumen. Además, es importante mencionar que, en el caso de nuestro paciente, la presencia de material de osteosíntesis en el acetábulo produjo artefactos en las pruebas de imagen que generan una leve disminución de la precisión del biomodelo 3D después de su segmentación computarizada.

Pese a lo anterior, utilizar biomodelos 3D en la planificación perioperatoria permite tener una representación a escala real de la lesión que ofrece una visión detallada del defecto óseo al cirujano y posibilita la identificación de las zonas más adecuadas para abordar la lesión. Además, el uso de biomodelos 3D permite realizar un planeamiento operatorio individualizado para cada paciente en el cual se eligen los implantes más adecuados y capaces de soportar la resistencia mecánica de la reconstrucción quirúrgica, disminuyendo el tiempo de la cirugía, el sangrado y el daño de los tejidos blandos.

Conclusiones

Las fracturas de acetábulo son lesiones complejas y su manejo representa un desafío para los ortopedistas; por lo tanto, es necesario conocer el grado y extensión de la lesión, realizar una adecuada planificación preoperatoria y elegir los implantes adecuados. El uso de biomodelos impresos en 3D en la planificación preoperatoria para el tratamiento de lesiones complejas de acetábulo ha permitido lograr resultados buenos y adecuados en pacientes con estas condiciones.

Consentimiento informado

Mediante la firma del consentimiento informado, el representante legal del paciente autorizó el uso de los datos clínicos del paciente en el presente reporte de caso.

Conflictos de interés

Ninguno reportado por los autores.

Financiación

Ninguna reportada por los autores.

Agradecimientos

Ninguno reportado por los autores.

Referencias

1. Daurka JS, Pastides PS, Lewis A, Rickman M, Bircher MD. Acetabular fractures in patients aged >55 years: a systematic review of the literature. *Bone Joint J.* 2014;96-B(2):157-63. <https://doi.org/j8z9>.
2. Boudissa M, Ruatti S, Kerschbaumer G, Milaire M, Merloz P, Tonetti J. Part 2: outcome of acetabular fractures and associated prognostic factors-a ten-year retrospective study of one hundred and fifty-six operated cases with open reduction and internal fixation. *Int Orthop.* 2016;40(10):2151-6. <https://doi.org/j82b>.
3. Rinne PP, Laitinen M K, Huttunen T, Kannus P, Mattila VM. The incidence and trauma mechanisms of acetabular fractures: A nationwide study in Finland between 1997 and 2014. *Injury.* 2017;48(10):2157-61. <https://doi.org/gqtbqr>.
4. Kelly J, Ladurner A, Rickman M. Surgical management of acetabular fractures - A contemporary literature review. *Injury.* 2020;51(10):2267-77. <https://doi.org/gqtbqs>.
5. Ortega-Briones A, Smith S, Rickman M. Acetabular Fractures in the Elderly: Midterm Outcomes of Column Stabilisation and Primary Arthroplasty. *BioMed Res Int.* 2017;4651518. <https://doi.org/f9qx9c>.
6. Paprosky WG, Perona PG, Lawrence JM. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty.* 1994;9(1): 33-44. <https://doi.org/ctv66k>.
7. McCabe FJ, Kelly M, Farrell C, Abdelhalim M, Quinlan JF. Acetabular Lip Augmentation Devices for the Unstable Total Hip Replacement—A Systematic Review. *Arthroplasty Today.* 2021;12:1723. <https://doi.org/j82c>.
8. Sánchez-Pérez C, Rodríguez-Lozano G, Rojo-Manaute J, Vaquero-Martín J, & Chana-Rodríguez F. 3D surgical printing for preoperative planning of trabecular augments in acetabular fracture sequel. *Injury.* 2018;49(Suppl 2):S36-43. <https://doi.org/j82d>.
9. Meesters A, Trouwborst NM, de Vries J, Kraeima J, Witjes M, Doornberg JN, et al. Does 3D-Assisted Acetabular Fracture Surgery Improve Surgical Outcome and Physical Functioning? - A Systematic Review. *J Pers Med.* 2021;11(10):966. <https://doi.org/j82f>.
10. Wang XZ., Shi Z, Lu QL, Xie W, Chen L, Li XG, et al. [Treatment of old acetabular posterior wall fracture with 3D printing combined with composite plate internal fixation]. *Zhongguo Gu Shang.* 2019;32(5):395-400. <https://doi.org/j82g>.