

Impresión 3D de fracturas acetabulares. Revisión bibliográfica

3D printing of acetabular fractures. Bibliographic review

Génesis Michelle Constante Constante¹ (gconstante4974@uta.edu.ec)
(<https://orcid.org/0000-0002-6264-8334>)

Miguel Bayardo Altamirano Chiriboga² (mb.altamirano@uta.edu.ec)
(<https://orcid.org/0009-0008-3238-8405>)

Resumen

Las fracturas acetabulares son un tipo de fracturas muy poco comunes, se ha evidenciado un incremento significativo en la utilización de motocicletas como medio de transporte entre la población adulta específicamente en el rango etario de 30 a 45 años, como consecuencia ha aumentado el número de accidentes de tránsito, lo que puede generar traumatismos de gran impacto. En la actualidad el tratamiento quirúrgico para las fracturas acetabulares ha incorporado nuevas tecnologías como la impresión 3D que ofrecen posibilidades innovadoras en la planificación y ejecución de tratamientos quirúrgicos. El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es exponer los beneficios de la impresión 3D en estos pacientes, a través de artículos científicos. Se utilizó la metodología basada en una revisión de la literatura que siguieron las directrices del protocolo Prisma, los criterios de inclusión abarcaron publicaciones entre 2019 y 2024. La impresión 3D mejora la terapia quirúrgica en fracturas acetabulares, al brindar más precisión en la planificación, gracias al repaso previo de los procesos quirúrgicos en estadio preoperatorio (manipulación de maqueta de la fractura), modulación de implantes para optimizar resultados y reducir posibles complicaciones. Aunque se enfrentan los costos altos, como una barrera. En conclusión, la impresión 3D es una herramienta revolucionaria y novedosa en el manejo de fracturas acetabulares al proporcionar una representación anatómica precisa de las estructuras afectadas. Su implementación ha optimizado significativamente la planificación quirúrgica, lo que permite una comprensión detallada de las estructuras anatómicas afectadas y reduce los riesgos asociados a la duración y manipulación de tejidos durante los procedimientos intraquirúrgicos.

Palabras clave: fracturas acetabulares, medicina, impresión 3D.

Abstract

Acetabular fractures are a very rare type of fracture. There has been a significant increase in the use of motorcycles as a means of transportation among adults, specifically those between 30 and 45 years of age. This has led to an increase in the number of traffic accidents, which can cause high-impact trauma. Currently, surgical treatment for acetabular fractures has incorporated new technologies such as 3D

¹ Interna Rotativa de Medicina. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

² Médico Especialista en Cirugía y Traumatología. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

printing, which offer innovative possibilities for planning and executing surgical treatments. The main objective of this literature review is to present the benefits of 3D printing for these patients through scientific articles. The methodology used was based on a literature review that followed the Prisma protocol guidelines; the inclusion criteria included publications from 2019 to 2024. 3D printing improves surgical therapy for acetabular fractures by providing greater planning precision, thanks to the prior review of surgical procedures in the preoperative stage (fracture model manipulation), and implant modulation to optimize results and reduce potential complications. However, high costs are a barrier. In conclusion, 3D printing is a revolutionary and novel tool in the management of acetabular fractures, providing an accurate anatomical representation of the affected structures. Its implementation has significantly optimized surgical planning, allowing for a detailed understanding of the affected anatomical structures and reducing the risks associated with the duration and manipulation of tissue during intraoperative procedures.

Key words: acetabular fractures, medicine, 3D printing.

Introducción

La impresión 3D aplicada al tratamiento de fracturas acetabulares (FA) ha emergido como un aporte innovador en el ámbito quirúrgico, especialmente en su planificación. Estas fracturas son complejas debido a las estructuras anatómicas involucradas en el trauma y los riesgos asociados a sus intervenciones. Clasificadas según el sistema de Letournel, donde las FA más comunes son las posteriores, las cuales comúnmente presentan complicaciones por lesiones del nervio ciático. Las complicaciones, en mayor medida van a depender del tiempo transcurrido desde el inicio de la lesión, siendo este factor el más importante a considerar.

La impresión 3D, basada en imágenes de tomografía computarizada con reconstrucción en 3D, o resonancia magnética, permite crear modelos anatómicos precisos que optimizan la planificación y en consecuencia su ejecución quirúrgica. Esta técnica no solo facilita la visualización detallada de la anatomía de la FA, sino que también permite practicar procedimientos en las maquetas antes de las intervenciones. Estos avances han demostrado mejorar los resultados funcionales, reducir complicaciones y acelerar la recuperación. Sin embargo, barreras como los altos costos iniciales, la falta de infraestructura tecnológica y capacitación al personal de salud, especialmente en países tercermundistas, limitan su implementación.

La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo, investigar los beneficios que ofrece la aplicación de la impresión 3D en la planificación quirúrgica de FA a través de una revisión bibliográfica de artículos científicos. Se considera de relevancia la difusión de esta técnica, su implementación y modulación a nuestra realidad nacional. Esta tecnología no solo facilita la visualización detallada de estructuras complejas como el acetábulo, sino que también mejora la calidad de la planificación quirúrgica, reduciendo tiempos operatorios y complicaciones intraoperatorias. Además, se evalúa su impacto

transformador en la práctica ortopédica, destacando su capacidad para revolucionar la planificación del tratamiento quirúrgico de fracturas complejas al reducir el tiempo de manipulación de tejidos y aumentar la eficacia de las intervenciones quirúrgicas.

En función del cumplimiento del objetivo trazado, se analiza la literatura existente sobre la eficacia de la impresión 3D en el tratamiento quirúrgico de FA; se compara la efectividad entre la técnica sugerida y los métodos tradicionales aplicados; e investiga el impacto de la impresión 3D en el campo de la ortopedia.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica de carácter cualitativa. Para la recolección de información se utilizó una técnica documental mediante revisión de artículos y publicaciones de carácter científico sobre la impresión 3D para el tratamiento de las FA.

Se empleó una metodología detallada que garantiza la exhaustividad y la relevancia de la investigación realizada.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron artículos científicos que brindaron resultados respecto a la terapéutica para las FA e impresiones en 3D. Se consideraron estudios en *inglés* y español de los últimos 5 años, se excluyeron los estudios que no brindaron resultados con el suficiente soporte científico apropiado o, que no fueron concluyentes, al igual que con comentarios científicos, cartas al editor o cartas de opinión científica.

Estrategias de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda electrónica sistemática de artículos publicados desde el 2019 hasta diciembre 2024 en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science y ScieLO.

Se utilizaron términos MeSH en inglés y español: acetabular fractures, 3D impressions, Letournel.

Selección de estudios

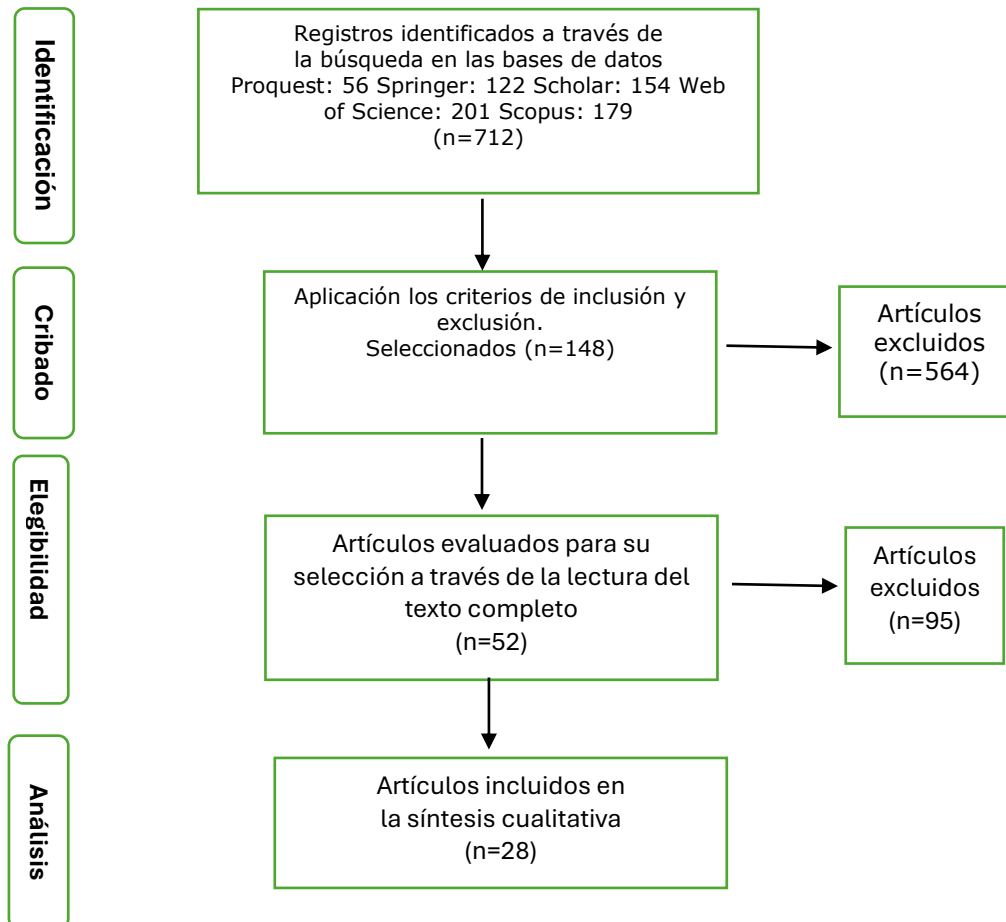
Fueron elegidos artículos científicos como revisiones bibliográficas y artículos originales, los cuales proporcionan el cociente de riesgo instantáneo (HR), intervalo de confianza (IC) y nivel de significancia (p) de impresiones 3D y FA.

Extracción y síntesis de resultados

Se realizó mediante el uso de un formulario que incluye: autores, año de publicación, diseño, resultados sobre impresiones 3D y tratamiento de fracturas acetabulares.

Figura 1.

Diagrama de flujo de selección de los estudios PRISMA



Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Todas las fracturas acetabulares (FA) son intraarticulares que exigen una atención meticulosa. Según los principios establecidos por la AO (Asociación para el Estudio de la Fijación Interna de Fracturas) las FA requieren una reducción anatómica precisa y una fijación interna rígida para garantizar la estabilidad articular (Buckley et al, 2019). Actualmente el enfoque quirúrgico de las FA se basa en una evaluación detallada que incluye radiografías preoperatorias, tomografía computarizada (TC) con reconstrucción tridimensional (3D), permitiendo identificar patrones precisos de la fractura y planificar la osteosíntesis más adecuada, sin embargo, con el pasar del tiempo se ha evidenciado que se requiere un enfoque multidisciplinario con el fin de minimizar las complicaciones y mejorar los resultados funcionales del paciente, haciendo énfasis en la restauración anatómica y el manejo cuidadoso de las estructuras circundantes, aunque, debido a la

complejidad anatómica del acetábulo, estas cirugías siguen representando un desafío significativo para los cirujanos ortopédicos, subrayando la necesidad de innovaciones tecnológicas y procedimientos más avanzados para optimizar el tratamiento (Si et al, 2024).

Los materiales empleados comúnmente en impresiones 3D (diversas profesiones) difieren ostensiblemente de materiales a usarse en el ámbito médico, los cuales son sometidos a procesos tales como la fundición a la cera pérdida, el laminado profesional, la eliminación de polvo estereolitográfico, la fusión selectiva por láser, la fusión dirigida por haz de electrones, la unión directa de polvo y los moldes multijet, así como la impresión tridimensional a chorro de tinta. Además, existen tecnologías basadas en fabricación aditiva diseñadas específicamente para la regeneración de tejidos, ampliando significativamente sus aplicaciones en el sector médico (González et al, 2021). La evolución de estas tecnologías ha permitido que los sistemas de prototipado y fabricación aditiva sean más accesibles y versátiles, favoreciendo su integración en disciplinas médicas.

En particular, en el tratamiento de fracturas acetabulares la impresión 3D ha demostrado ser una herramienta eficaz para fabricar productos en tiempos reducidos, reproduciendo reparos anatómicos y contornos específicos con alta precisión. Sus principales ventajas incluyen tolerancias ajustadas en la metamictización y la capacidad de producir piezas anatómicas de alta complejidad.

Sin embargo, también existen limitaciones como la necesidad de etapas adicionales de inyección a alta presión con compresión isotrópica para reducir porosidades, el alto coste inicial de los equipos y el mantenimiento de los mismos, así como, ciertas limitaciones en el procesamiento térmico de polímeros específicos. A pesar de estas desventajas, los sistemas de prototipado que emplean inyección de tinta y ceras específicas han logrado avances significativos en el campo consolidando a la impresión 3D como una tecnología clave para el desarrollo de modelos médicos en el contexto actual.

El material ABS, acrilonitrilo butadieno estireno, se destaca por su resistencia y flexibilidad, convirtiéndolo en una opción ideal para la impresión de piezas estructurales de gran tamaño, como un fémur humano o incluso estructuras pélvicas complejas. Este material permite la incorporación de soportes que facilitan la fabricación de elementos de mayor envergadura. Sin embargo, un inconveniente significativo es la tendencia a la deformación debido al enfriamiento desigual durante el proceso de impresión, lo que puede afectar la precisión y durabilidad de las piezas producidas. A pesar de ello, las propiedades del ABS lo hacen adecuado para generar elementos de fijación en tratamientos ortopédicos complejos (Garrido et al, 2021).

Por otro lado, el material ULTEM 9085 es un polímero termoplástico de alto rendimiento que en la actualidad es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales, incluidas las médicas y aeroespaciales; debido a su combinación de propiedades mecánicas

excepcionales y resistencia química. Este material destaca por su elevada resistencia a la torsión, compresión y flexión, lo que le permite soportar esfuerzos significativos. Además, presenta una flexibilidad que garantiza tolerancias precisas y una alta adherencia sobre sustratos rígidos. El ULTEM 9085 también sobresale por su capacidad de producir detalles con alta definición, siendo una opción ideal para la fabricación de modelos médicos y componentes estructurales que requieren precisión, rigidez y durabilidad. Esta combinación de propiedades lo convierte en una posible opción de material idóneo para la fabricación de fijaciones internas en fracturas, ya que ofrece la rigidez, resistencia y precisión necesarias para soportar las demandas biomecánicas del cuerpo humano, esta posibilidad se encuentra actualmente en estudio (Padovano et al, 2020).

Una parte fundamental para este proceso es la aplicación de un escáner, ya sea mediante TC o RM lo que permite obtener una representación precisa de la fractura del paciente a través de reconstrucciones de imágenes detalladas. El dispositivo cuenta con un soporte diseñado para garantizar la comodidad y estabilidad del paciente, quien debe permanecer inmóvil durante el procedimiento radiográfico para asegurar la calidad de las imágenes obtenidas. Los resultados incluyen datos específicos, como el diámetro de la superficie ósea en cm^2 , facilitando comparaciones objetivas sin interferencias derivadas de variaciones en el calibre de los proyectores. Sin embargo, se ha observado que, en ausencia de criterios uniformes o bases comparables, los resultados pierden rigor y precisión. Este enfoque, comúnmente aplicado en psicofísica dentro de disciplinas como la física y las ciencias fisiológicas, rara vez se utiliza en evaluaciones clínicas debido a su limitada aplicabilidad en contextos educativos y médicos, aunque, la integración de estándares consistentes es esencial para mejorar la precisión y la utilidad de estas evaluaciones en el ámbito clínico (Moncayo et al, 2023).

El modelo tridimensional que se utiliza para la creación de los modelos óseos se obtiene a partir de cortes axiales procesados en un software específico como Mimics-materialise™, 3D Slicer™ o Blender con Add-ons médicos™. Estos permiten la generación de un diseño digital detallado posterior a lo cual se calculan los volúmenes de los tejidos mediante la creación de una malla ajustada a los parámetros establecidos. La malla 3D se importa al entorno de simulación, asignando materiales como polimetilmetacrilato al modelo de FA y al formador interno, además de acero inoxidable al modelo de pelvis. Estos materiales son definidos como lineales, homogéneos e isotrópicos, siguiendo las simplificaciones de la teoría gaussiana de elasticidad. Estas propiedades se seleccionan por su aplicabilidad y similitud con los materiales en estudio, garantizando una representación precisa para el análisis biomecánico previo al proceso experimental (Wang et al, 2024).

Los beneficios más destacados de la impresión 3D en FA radica en que promueve una mejor planificación preoperatoria, ya que permite al cirujano visualizar con mayor claridad la complejidad de la fractura y establecer una estrategia quirúrgica más segura y adaptada al paciente. Además, se ha evidenciado una reducción en el tiempo

quirúrgico y la pérdida sanguínea intraoperatoria, lo cual disminuye el riesgo de complicaciones y la necesidad de transfusiones (Meesters et al., 2021). También se resalta su utilidad como herramienta de enseñanza, tanto para estudiantes de medicina como para cirujanos en formación, así como su valor en la comunicación médico-paciente al facilitar la comprensión del tratamiento a través de modelos físicos (Callupe et al., 2023). En contextos clínicos complejos, esta tecnología aporta valor añadido en términos de precisión con respecto a los resultados postoperatorios, no obstante, la impresión 3D también presenta limitaciones y desafíos como los costos de adquisición y mantenimiento del equipo, así como los elevados costos de los insumos necesarios para la producción de los modelos, lo que podría limitar su uso en centros hospitalarios con recursos limitados (Izatt et al., 2020). Otro aspecto crítico es el tiempo requerido para la segmentación, modelado e impresión, lo cual puede ser un impedimento en situaciones de urgencia.

Discusión

El acetábulo, ubicado en la cara externa del hueso coxal, en la unión del ilion, isquion y pubis; el cual se articula con la cabeza del fémur en la cadera, se presenta como un hueso plano que durante la vida adulta se mantiene cumpliendo la función de hematopoyesis; cuando esta estructura es afectada por impactos de gran intensidad, a través de la discontinuidad ósea consecuente se pueden generar hemorragias internas profusas que llegan a ser mortales para el paciente.

Siendo las FA lesiones traumáticas que en su totalidad se presentan como complejas y devastadoras, no solo por el dolor y la incapacidad funcional que provocan, sino también, por sus posibles complicaciones asociadas (Zamora Navas, 2023). La epidemiología de las FA varía dependiendo de los siguientes factores: edad, sexo, complejidad del accidente, entre otros; siendo más comunes en hombres adultos, generalmente debido a traumas de alta energía, como accidentes de tráfico o caídas desde alturas considerables (Toro et al., 2022).

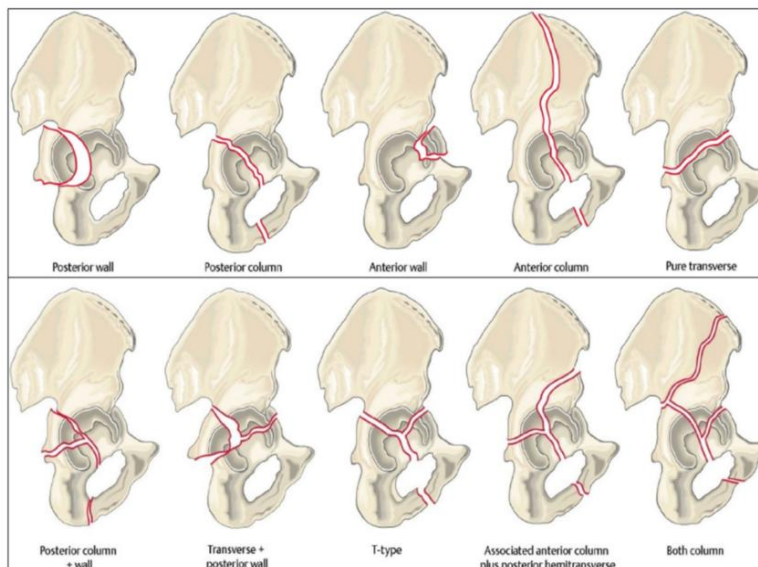
En Ecuador, la información específica sobre la incidencia de FA es limitada, sin embargo, se han documentado pocos casos clínicos que evidencian la presencia de estas lesiones en la práctica médica del país. Estudios regionales en América Latina han reportado una incidencia de 1,95 casos por cada 100.000 en adultos jóvenes, principalmente debido a traumatismos de alta energía, lo que sugiere que, aunque las FA son infrecuentes, representan un desafío significativo en la práctica ortopédica debido a su complejidad y posibles complicaciones asociadas (International Osteoporosis Foundation, 2021).

Existen varios tipos de FA, que se clasifican principalmente en función de la localización y patrón de daño; pueden ser simples, donde la integridad del acetábulo se ve comprometida de manera aislada, o pueden ser complejas involucrando múltiples fragmentos óseos. Se clasifican según el sistema de Letournel, dividiéndose en dos grupos principales, aquellas fracturas de la parte anterior y las de la parte posterior. Las

fracturas anteriores, a menudo implican áreas como la espina ilíaca antero-inferior o el ramo superior del pubis, son menos comunes, mientras que, las fracturas posteriores, pueden involucrar la cúpula del acetábulo y el arco isquiático, son más frecuentes y a menudo están asociadas con lesiones del nervio ciático. Las fracturas acetabulares requieren una evaluación detallada para determinar la mejor opción de tratamiento quirúrgico y prevenir complicaciones a largo plazo, como la artrosis postraumática e invalidez (Toro et al, 2022; Gänsslen et al, 2024).

Gráfico 1

Tipos de fracturas según la clasificación de Letournel



Fuente: Gänsslen, Tonetti & Pohlemann (2024)

En la actualidad el tratamiento quirúrgico para las FA ha incorporado a la impresión 3D en su abanico, mejorando así la posibilidad de planificar y ejecutar tratamientos quirúrgicos. La impresión 3D permite crear modelos anatómicos precisos basados en imágenes de resonancia magnética o tomografía axial computarizada de toda la región afectada, facilitando a los cirujanos planificar intervenciones quirúrgicas de manera más eficiente y dando lugar a una mayor comprensión de la morfología individual, permitiendo la práctica de la cirugía en un modelo físico antes de abordar al paciente (Ivanov, 2022). Los modelos impresos en 3D no solo mejoran la visualización anatómica, sino que permiten la personalización de los constructos, adaptándolos mejor a la anatomía específica del paciente, proyectando la técnica quirúrgica para mejores hacia mejores resultados funcionales y una reducción en el tiempo de recuperación, así como menores complicaciones postoperatorias para pacientes con FA (Ansari et al., 2021).

La implementación de este tipo de impresiones en diversas industrias ha incrementado sustancialmente; en relación inversa con su aplicación en el área médica, la cual no se ha desarrollado de manera similar a sus pares disciplinarios, principalmente por su alto costo de aplicación, limitándose a la realización de modelos anatómicos y biomédicos basados en datos obtenidos por resonancias magnéticas y tomografías computarizadas. Otra valiosa aplicación es a la hora de la planificación quirúrgica, gracias a la obtención de modelos tridimensionales de un órgano afectado que ofrece una reproducción mucho más detallada que las actuales pruebas diagnósticas (Guilcamaigua & Arbey, 2024). Sin embargo, existen diversas barreras que impiden que esta técnica tenga mayor alcance, entre los más importantes la desmesurada inversión financiera, ya que, el valor de la impresión de la pieza anatómica en 3D oscila entre \$1.000 y \$10.000 USD. (Bozkurt, 2021).

La mayoría de los países en vías de desarrollo enfrentan desafíos significativos debido a una marcada insuficiencia económica que impide la implementación adecuada de la impresión 3D. Esta situación se ve agravada por la falta de acceso a servicios de electricidad de calidad, conectividad a internet y soporte técnico adecuado. Además, la capacitación existente es insuficiente tanto para la operación como para el mantenimiento de los equipos 3D, ya que se requieren habilidades técnicas altamente especializadas. (Guilcamaigua & Arbey, 2024).

Garay et al. (2024) destacan que el uso de la impresión 3D en el tratamiento de FA ha revolucionado la planificación quirúrgica al permitir la reproducción precisa de modelos anatómicos tridimensionales. Esta herramienta proporciona a los cirujanos una visualización más realista de las fracturas, facilitando la elección de abordajes quirúrgicos, la modulación de placas y la simulación del procedimiento, lo cual ha demostrado reducir los tiempos operatorios y mejorar los resultados clínicos. Por su parte, Meesters et al. (2021), en una revisión sistemática, concluyen que la asistencia quirúrgica con impresión 3D en este tipo de fracturas no solo mejora la precisión de la reducción, sino también el estado funcional posoperatorio del paciente.

Callupe et al. (2023), mediante el reporte de caso en Latinoamérica, enfatizaron el valor educativo de los biomodelos 3D tanto para el entrenamiento quirúrgico como para la comunicación médico-paciente, al facilitar la comprensión del procedimiento por parte del paciente.

No obstante, Bozkurt y Karayel (2021) advierten que el acceso a esta tecnología aún está limitado por el alto costo de los equipos, materiales y software especializado, lo que dificulta su implementación en hospitales con recursos limitados. Guilcamaigua y Arbey (2024), desde una perspectiva ecuatoriana, agregan que además del costo, existe una curva de aprendizaje significativa para los profesionales de salud que requieren dominar herramientas de modelado y diseño 3D. Cao et al. (2021) indican que aunque los resultados inmediatos con impresión 3D son prometedores, todavía se carece de estudios clínicos longitudinales que demuestren su impacto a largo plazo en

la prevención de complicaciones como artrosis postraumática o necesidad de reintervenciones.

En conjunto, la evidencia actual sugiere que la impresión 3D aplicada al tratamiento de FA es una herramienta innovadora con beneficios tangibles en la planificación quirúrgica, precisión técnica y formación médica. Sin embargo, para que esta tecnología se consolide como un estándar clínico, será necesario superar las barreras económicas y formativas. Además, se requiere impulsar ensayos clínicos multicéntricos y estudios prospectivos que proporcionen evidencia robusta sobre su impacto a largo plazo en la evolución funcional del paciente y en la eficiencia del sistema de salud.

Conclusiones

Las impresiones 3D han demostrado ser una herramienta revolucionaria en el manejo de FA al proporcionar una representación anatómica precisa y personalizada de las estructuras afectadas. Su implementación ha optimizado significativamente la planificación quirúrgica, permitiendo una comprensión detallada de las complejidades anatómicas y reduciendo los riesgos asociados a los procedimientos. Además, esta tecnología contribuye a acortar los tiempos operatorios y minimizar las complicaciones intraoperatorias, ofreciendo una experiencia más segura tanto para los cirujanos como para los pacientes. La personalización de los procedimientos mediante modelos tridimensionales ha transformado la práctica ortopédica, facilitando la creación de implantes ajustados a las características específicas de cada paciente. Esto no solo mejora los resultados clínicos, sino que también acelera la recuperación funcional y reduce las tasas de complicaciones postoperatorias, como la artrosis o la invalidez funcional. Además, su capacidad para simular intervenciones quirúrgicas previamente fomenta la precisión y confianza del equipo médico durante la cirugía.

Sin embargo, aunque los beneficios son evidentes, persisten desafíos en términos de costos, capacitación especialmente en países en desarrollo y la accesibilidad a equipos de impresión 3D de alta calidad. A pesar de ello, la impresión 3D se posiciona como una tecnología clave para el avance en el tratamiento quirúrgico de FA, destacándose por su impacto positivo en la calidad de vida de los pacientes y la eficacia de las intervenciones quirúrgicas. Aunque, es fundamental continuar promoviendo investigaciones que amplíen su aplicabilidad, superen las barreras existentes y permitan su integración masiva en la práctica médica global.

Referencias bibliográficas

Ali, F., Kalva, S. N. & Koc, M. (2024). Advancements in 3D printing techniques for biomedical applications: a comprehensive review of materials consideration, post processing, applications, and challenges. *Discov Mate*, 4(53).
<https://doi.org/10.1007/s43939-024-00115-4>

- Ansari, S., Barik, S., Singh, S. K., Sarkar, B., Goyal, T., & Kalia, R. B. (2021). Role of 3D printing in the management of complex acetabular fractures: a comparative study. *European journal of trauma and emergency surgery: official publication of the European Trauma Society*, 47(5), 1291–1296. <https://doi.org/10.1007/s00068-020-01485-z>
- Bozkurt, Y. & Karayel, E. (2021). 3D printing technology; methods, biomedical applications, future opportunities and trends. *Journal of Materials Research and Technology*, 14, 1430-1450. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.07.050>
- Buckley, R., Moran, C. G. & Apivatthakakul, T. (2019). *AO Principles of fracture management*. Shangai Science and Technology Press.
- Callupe, I., Aybar, A. & Morales-Gallo, P. (2023). Uso de biomodelos impresos en 3D para la planificación preoperatoria de artroplastia total de cadera luego de fractura acetabular: reporte de un caso. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 37(2), e22. <https://doi.org/10.1016/j.rccot.2022.100022>
- Gänsslen, A., Tonetti, J. & pohlemann, T. (2024). Algorithms in acetabular fracture classifications. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 144, 4655-65. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05599-6>
- Cao, J., Zhu, H., & Gao, C. (2021). A Systematic Review and Meta-Analysis of 3D Printing Technology for the Treatment of Acetabular Fractures. *BioMed research international*, 5018791. <https://doi.org/10.1155/2021/5018791>
- Garay, A. L., Cinalli, M., Fernández, L., Inchaurregui, F., Ruesca Alava, JA., Arrieta, A. & Bazán, PL. (2024). Uso de modelos de impresión 3D en Ortopedia y Traumatología: Serie de casos. *Rev Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología*, 89(3). <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2024.89.3.1839>
- Garrido, F. J. D., Pérez, M. H. & de Llano Temboury, A. Q. (2021). Uso de la fijación externa en el tratamiento de las fracturas de pelvis. *Revista de la Sociedad Andaluza de Traumatología y Ortopedia*, 38(3), 44-53. https://www.revista.portalsato.es/index.php/Revista_SATO/article/view/176
- González-Alonso, M., Hermida-Sánchez, M., Martínez-Seijas, P. & Ruano-Ravina, A. (2021). Application of 3D printing in the treatment of appendicular skeleton fractures: Systematic review and meta-analysis. *J Orthop Res*, 39, 2083-92. <https://10.1002/jor.24939>
- Guilcamaigua, S. & Arbey, M. (2024). *Impresión 3D*. Editorial EXCED. <https://repositorio.ister.edu.ec/jspui/bitstream/68000/254/1/LB007%20Impresión%203D.pdf>

- International Osteoporosis Foundation. (2021). *LATAM Audit 2021: Epidemiología, costo e impacto de la osteoporosis y las fracturas por fragilidad*. International Osteoporosis Foundation. <https://www.osteoporosis.foundation/educational-hub/material/audits>
- Ivanov, S., Valchanov, P., Hristov, S., Veselinov, D. & Gueorguiev, B. (2022). Management of Complex Acetabular Fractures by Using 3D Printed Models. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 58(12), 1854. <https://doi.org/10.3390/medicina58121854>
- Izatt, M. T., Thorpe, P. L., Thompson, R. G., et al. (2020). The use of physical biomodelling in complex spinal surgery. *European Spine Journal*, 29(8), 1864–1870. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06426-3>
- Kanakaris, N. & Davidson, A. (2022). Classification of acetabular fractures: how to apply and relevance today. *Orthopaedics and Trauma*. 36(2). 61-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2022.02.002>
- Meesters, A., Trouwborst, N. M., de Vries, J., et al. (2021). Does 3D-assisted acetabular fracture surgery improve surgical outcome and physical functioning? A systematic review. *Journal of Personalized Medicine*, 11(10), 966. <https://doi.org/10.3390/jpm11100966>
- Moncayo Tamayo, S. P., Rosero Jeijoo, A. P., Ronquillo del Pozo, S. E. & Limones Moncada, M. S. (2023). Utilidad de tecnologías recientes en imágenes diagnósticas. *Reciamuc*, 7(2). 466-75. [https://10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.466-475](https://10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.466-475)
- Padovano, E., Galfione, M., Concialdi, P., Lucco, G. & Badini, C. (2020). Mechanical and Thermal Behavior of Ultem® 9085 Fabricated by Fused-Deposition Modeling. *Applied Sciences*, 10(9), 3170. <https://doi.org/10.3390/app10093170>
- Ryoo, M., Kim, D., Noh, J. & Song Ahn, I. (2024). 3D-printed electronics for biomedical applications. *International Journal of Bioprinting*. X(X). 4139. <https://doi.org/10.36922/ijb.4139>
- Si, C., Bai, B., Cong, W., Zhang, L. & Guan, R. (2024). Efficacy of 3D printing-assisted treatment for acetabular fractures. *Jt Dis Relat Surg*, 35(3), 521-528. <https://10.52312/jdrs.2024.1756>
- Toro, G., Braille, A., De Cicco, A., Pezzella, R., Ascione, F., Cecere, A. B., & Schiavone Panni, A. (2022). Fragility Fractures of the Acetabulum: Current Concepts for Improving Patients' Outcomes. *Indian journal of orthopaedics*, 56(7), 1139–1149. <https://doi.org/10.1007/s43465-022-00653-0>

- Wang, R., Jiang, S., Wang, W. *et al.* (2024). Quadrilateral plate classification program of acetabular fractures based on three-column classification: a three-dimensional fracture mapping study. *J Orthop Surg Res*, 19, 298. <https://doi.org/10.1186/s13018-024-04783-z>
- Zamora Navas, P. (2023). La prótesis de cadera de entrada en las fracturas acetabulares: indicaciones y dificultades. *Revista Sociedad Andaluza Traumatología y Ortopedia*. 40(1/4). 20-24. http://revista.portalsato.es/index.php/Revista_SATO/article/view/238/214
- Zhang, H., Guo, H. P., Xu, R. D., Duan, S. Y., Liang, H. R. & Cai, Z. C. (2024). Surgical treatment outcomes of acetabular posterior wall and posterior column fractures using 3D printing technology and individualized custom-made metal plates: a retrospective study. *BMC Surg*, 24(1), 157. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02451-x>

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Los autores participaron en la búsqueda y análisis de la información para el artículo, así como en su diseño y redacción.