

Planificación preoperatoria mediante el uso de impresión 3D para fracturas de meseta tibial.

Preoperative planning with 3D printing in tibial plateau fractures

Carlos Luis Goschenko Torres¹ , Gerardo Antonio Careddu Montes² .

Fecha de recepción: 10/2025. Fecha de aceptación: 01/2026.

Resumen

Introducción: La Impresión 3D es una tecnología que permite la creación de objetos tridimensionales a escala real a partir de modelos digitales, permitiendo realizar réplicas exactas a partir de imágenes obtenidas por tomografía computarizada. Las fracturas de meseta tibial son lesiones articulares complejas las cuales ameritan cirugías precisas que permitan restaurar su anatomía normal, es por ello que la impresión 3D ha emergido como una herramienta innovadora para el tratamiento de estas fracturas. **Objetivo:** Mostrar la experiencia y la utilidad de la planificación 3D en el tratamiento de fracturas de meseta tibial. **Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio pre-experimental, prospectivo. Todas las fracturas se imprimieron en modelo 3D a partir de imágenes topográficas y se realizó la planificación preoperatoria en el modelo 3D, se tomaron fotos y radiografías del modelo con el intensificador de imágenes y se compararon con las post operatorias, se midió el % promedio de material utilizado vs planificado midiendo precisión de la planificación y se registraron variables como edad, sexo, clasificación de fractura. **Resultados:** Se incluyeron 10 pacientes, previamente planificados mediante reconstrucción 3D. Los pacientes fueron 5 masculinos, y 5 femeninos con una edad promedio de 40.1 años. La precisión de la planificación fue de 79.9%, se presentaron 2 complicaciones, una neuropraxia del peroneo común y una trombosis venosa, ambas con buena evolución. **Conclusión:** La impresión 3D demostró ser un instrumento útil y preciso para la planificación preparatoria de las fracturas de meseta tibial. **Rev Venez Cir Ortop Traumatol, 2025, Vol 57 (2): 90-98.**

Palabras Clave: Impresión Tridimensional, Fracturas de meseta tibial, Técnicas de planificación, Rodilla.

Abstract

Introduction: 3D Printing is an additive manufacturing technology that allows the creation of full-scale three-dimensional objects from digital models, allowing exact replicas to be made from images obtained by computed tomography. Tibial plateau fractures are complex joint injuries which require precise surgeries to restore the normal anatomy, this is why 3D printing has emerged as an innovative tool in the preoperative planning of these fractures. **Objective:** Demonstrate the usefulness of 3D planning in the treatment of tibial plateau fractures. **Materials and Methods:** A prospective, pre-experimental study was carried out. All fractures were printed in a 3D model from tomographic images and preoperative planning was carried out in the 3D model. Photos and x-rays of the model were taken with the image intensifier and compared with the postoperative images. Accuracy was measured and variables such as age, sex, fracture classification by radiology and tomography were recorded. **Results:** 10 patients were included, previously planned through 3D reconstruction. The patients were 5 men and 5 women with an average age of 40.1 years. The planning accuracy was 79.9%, 2 complications occurred, a common peroneal neuropraxia and a venous thrombosis, both with good evolution. **Conclusion:** 3D printing proved to be a useful and precise instrument for preparatory planning of tibial plateau fractures. **Rev Venez Cir Ortop Traumatol, 2025, Vol 57 (2): 90-98.**

Key Words: Three-dimensional printing, Tibial plateau fractures, Planning techniques, Knee.

Introducción

Las fracturas de meseta tibial son fracturas periarticulares de la rodilla que ocurren en trauma de alta energía, así como por fragilidad, por lo tanto tiene una presentación bimodal dependiendo de su etiología, el manejo es complejo y depende

¹Traumatólogo Ortopedista, Cirujano de Hombro. Urológico San Román, Av. Chivacoa Sector San Román, Las Mercedes, Caracas, Venezuela. ²Traumatólogo Ortopedista. Hospital Universitario de Caracas. Av. Ciudad Universitaria, Hospital Universitario de Caracas. Piso 6 Servicio de Traumatología y Ortopedia, Caracas, Venezuela.

Autor de correspondencia: Carlos Luis Goschenko Torres, email: cgoschenko@gmail.com

Lugar al cual se atribuye la investigación: Hospital Universitario de Caracas. Conflictos de interés: Este trabajo fue realizado con recursos propios sin subvenciones. Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

del tipo del trazo de fractura, grado de afección articular y desplazamiento así como demanda funcional del paciente.¹

En la década de 1970, Schatzker propuso una clasificación radiológica para las fracturas de la meseta tibial, que destacaba la morfología de los seis tipos principales, posteriormente el uso de imágenes mediante tomografía computarizada, han cambiado la comprensión de estas lesiones, pasando de la valoración en 2 planos que se realizaba en la radiología convencional, a una visión en 3 planos con ayuda de la tomografía, lo que permite una mejor evaluación de los patrones de fractura, así como determinar el abordaje adecuado para lograr una reducción anatómica y funcional, es por ello que la clasificación original de este tipo de lesiones ha evolucionado hoy en día a lo que conocemos actualmente como la clasificación de Schatzker-Kfuri². Por lo tanto, una evaluación preoperatoria adecuada y un plan quirúrgico exacto con una precisión intraoperatoria precisa son requisitos previos para lograr el éxito de la cirugía, sobre todo ante la presencia de trazos complejos de fracturas. Por el contrario, el diagnóstico inexacto, un plan quirúrgico erróneo, conlleva al fracaso quirúrgico.³

Asimismo, las técnicas de imagen como el uso de rayos x convencionales, tomografía computarizada y la resonancia magnética se han utilizado como herramientas clave para el diagnóstico y planificación preoperatoria^{4,5}, permitiendo un acceso adecuado y la selección indicada de los implantes. Por otro lado, la aplicación de la tecnología de impresión 3D para desarrollar modelos con características anatómicas precisas basados en la

tomografía computarizada es útil para mejorar la comprensión del cirujano sobre las fracturas, así como para formular planes quirúrgicos personalizados y fortalecer la comunicación médico paciente, ya que esta tecnología utiliza un proceso de construcción lámina por lámina a partir de la descomposición de un material específico y su posterior reorganización por adición para generar los productos terminados que simulan en escala real la lesión del paciente⁶, de esta manera la impresión 3D permite observar fácilmente las características de la fractura, otorgándole al cirujano la facilidad de operaciones simuladas con material de osteosíntesis preciso y planificar de manera adecuada los abordajes.

En este estudio, a partir de la obtención de imágenes de tomografía computarizada, se utilizó tecnología de impresión 3D para el desarrollo de planes de tratamiento personalizados mediante simulación preoperatoria en el modelo 3D, los cuales, días antes del acto quirúrgico fueron fijados y reducidos anatómicamente con material de osteosíntesis placas y tornillos, simulando el resultado final de la cirugía. Esto con el fin de determinar con más precisión el tamaño exacto, número y posicionamiento de dicho material de osteosíntesis al momento de la cirugía⁴. En Latinoamérica y en Venezuela existe muy poca experiencia reportada sobre el uso de impresión 3D y su aplicación en el manejo de fracturas complejas. El objetivo de este trabajo es demostrar la experiencia en el uso de esta tecnología para la planificación preoperatoria de fracturas complejas de meseta tibial en pacientes tratados en el Hospital Universitario de Caracas en la Universidad Central de Venezuela.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio cuasi-experimental, de diseño simple de series temporales interrumpidas, prospectivo en el servicio de traumatología y Ortopedia del hospital Universitario de Caracas, desde el mes de Julio de 2023 al mes de Mayo de 2024. Se incluyeron todos los pacientes que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión: 1) Edad igual o mayor a 18 años; 2) Fracturas de meseta tibial articulares sin importar la clasificación siempre que afectarán la superficie articular, 3) pacientes con estudio radiológico y tomográfico, 4) pacientes que hayan sido planificados e intervenidos en quirófano. Los criterios de exclusión fueron: 1) Edad menor de 18 años; 2) Fracturas patológicas; 3) Fracturas extraarticulares de la metáfisis tibial. 4) pacientes que no tuvieran estudio tomográfico 5) pacientes que hayan sido planificados, pero no operados. A todos los pacientes incluidos en el trabajo se les solicitó consentimiento informado.

Una vez ingresados los pacientes se realiza el estudio de rayos x anteroposterior y lateral al ingreso, luego una inmovilización provisional con férula inguinopédica y posteriormente se les solicitaron tomografías computarizadas de rodilla para ser clasificadas según AO, Schatzker y Schatzker modificada por Kfuri.

Todos los resultados de imágenes obtenidos por tomografía computarizada fueron posteriormente impresos en 3D y una vez obtenido el modelo de impresión 3D a partir del estudio tomográfico computarizado, se procedió a realizar la simulación de la cirugía en el modelo 3D impreso, mediante el uso de material de

osteosíntesis (placas, tornillos) obtenidos del banco de osteosíntesis del Hospital Universitario de Caracas. El material utilizado en el modelo 3D (Tamaño de la placa, longitud de los tornillos) fue registrado y se esterilizó para su uso en la cirugía, se tomaron fotos y radiografías con el intensificador de imagen del modelo 3D con los implantes colocados.

Obtención del Modelo 3D: Las tomografías computarizadas de las rodillas de los pacientes se obtuvieron del sistema de tomografía proveniente del servicio de radiología del Hospital Universitario de Caracas y se guardaron en formato DICOM en el *software* HOROS CLOUD TM V3.3.6. para la reconstrucción 3D. Mediante este *software* las imágenes en DICOM fueron procesadas por capas hasta obtener solo el hueso, luego se cortaron las áreas que no eran de interés como fémur y patela y dejando solo el segmento proximal de la tibia, para obtener un modelo de imagen 3D que se guardó en archivo STL. Del modelo 3D de la fractura de cada paciente, estos modelos digitales ya creados se importaron en formato STL a la versión 5.7.1 del *software* Ultimaker CURA v5.7.1 (Ultimaker Enterprise, Utrecht, Países Bajos), donde se realizaron modificaciones adicionales, como posición en el espacio de impresión, creación de soportes y características estructurales del modelo, luego fueron convertidos a archivos gcode para su posterior impresión. En este trabajo se utilizó impresora 3D de monofilamento (FDM) Elegoo Neptune 3 Pro® (Elegoo, Shenzhen, Guangdong, China) con extrusor 0.4 mm y como material de impresión se utilizó ácido poliláctico (PLA) Polymaker® (Polymaker, Suzhou, Jiangsu, China) de 1.75 mm de diámetro con temperatura de

trabajo de 205 a 230 grados centígrados. La impresora 3D se configuró con una altura de capa de 0,15 mm, un ancho de trazo de 0,4 mm, una densidad de relleno de 10%, con un patrón en zigzag, una velocidad de impresión de 100% y temperatura de trabajo de 210 grados centígrados.

Planificación Preoperatoria (cirugía simulada): Se realizó planificación preoperatoria convencional según los estudios radiológicos y tomográficos (Figura 1 y Figura 2) y luego en el modelo 3D impreso de cada meseta tibial, lo que permite una visualización en 360 grados de la fractura (Figura 3), proporcionando

información y herramientas al cirujano para practicar operaciones simuladas, en cada modelo se separaron los segmentos óseos para que pudieran ser manipulados, de esta manera se realiza una reducción de los fragmentos óseos a su posición anatómica de forma manual y se mantuvieron alineados mediante la colocación de alambres de Kirschner, los defectos por impactación articular fueron reducidos y estabilizados temporalmente con material maleable para simular el soporte óseo necesario para sostener el fragmento articular en posición, de esta manera, mediante alambres de Kirschner y pinzas de reducción se restableció la anatomía

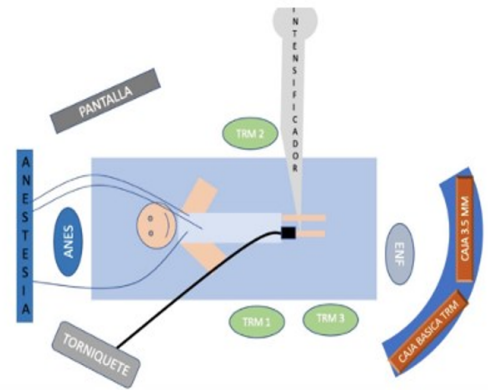


Figura 1: Planificación preoperatoria de paciente con fractura de meseta tibial

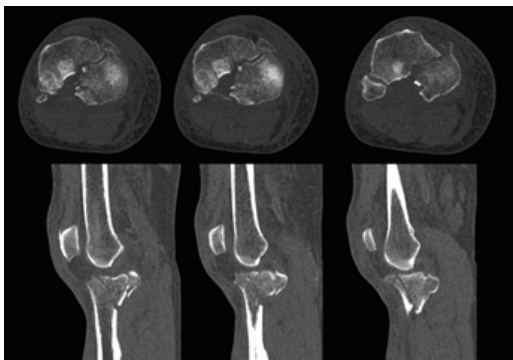


Figura 2: Cortes axiales y sagitales de fractura de meseta tibial.

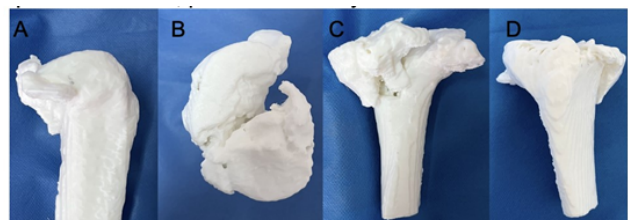


Figura 3: Fotos clínicas de la impresión 3D de tibia proximal donde se evidencian trazos de fracturas. A) visión lateral. B) visión axial. C) visión posterior. D) visión anterior.

de la meseta tibial, la cual posteriormente, en base al patrón de fractura, fue fijada definitivamente con tornillos de 3.5/4.5mm y placas dependiendo del caso, se procedió a pasar la mecha correspondiente al tornillo a utilizar y se colocaron las placas necesarias para mantener una buena reducción y realizar una fijación estable, posteriormente se le realizaron proyecciones anteroposteriores y laterales mediante intensificador de imágenes para verificar la longitud, dirección y reducción del modelo anatómico 3D y determinar si el material utilizado era el ideal. (Figura 4 y Figura 5)

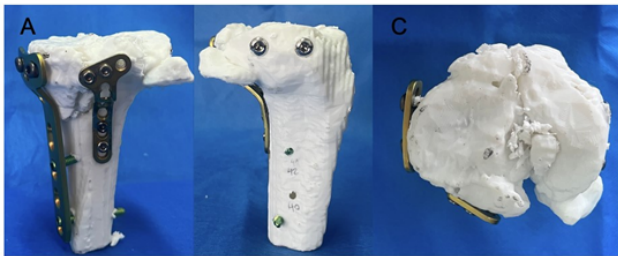


Figura 4: Fotos clínicas de la impresión 3D de tibia proximal donde se evidencian la reducción y fijación con material de osteosíntesis. A) visión posteromedial. B) lateral. C) visión axial.

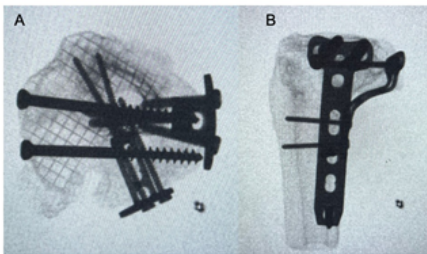


Figura 5: Fotos clínicas de la impresión 3D de tibia proximal donde se evidencian la reducción y fijación con material de osteosíntesis bajo imagen fluoroscópica. A) visión axial. B) lateral.

Se tomaron notas del material de osteosíntesis específico y exacto que se utilizó en el modelo 3D para posteriormente ser empleado en el acto quirúrgico en el paciente. Esto permite determinar el material de osteosíntesis exacto a ser utilizado en la intervención quirúrgica final del paciente, con el fin de disminuir tiempos quirúrgicos operatorios y demostrar la exactitud del modelo 3D, así como planificar los abordajes a utilizar en la cirugía: asimismo, se registraron las variables edad, sexo, etiología de la fractura, clasificación de la fractura por Rayos X, Schatzker y por tomografía computarizada: Schatzker- Kfuri.

Resultados

Todos los pacientes fueron operados siguiendo el patrón preoperatorio guiado por la planificación 3D. Las medidas de los tornillos y placas de bloqueos usados y planificados en el modelo de impresión 3D fueron utilizados en la cirugía (Tabla 1). El material de osteosíntesis utilizado fue obtenido del banco de osteosíntesis del Hospital Universitario de Caracas. Se registraron 20 casos de pacientes con diagnóstico de fractura de meseta tibial que acudieron al área de emergencia en el Hospital Universitario de Caracas en el periodo del trabajo, de estos, solamente 10 cumplieron con los criterios de inclusión. Ningún caso presentó fractura abierta o síndrome compartimental, por lo cual todos fueron tratados inicialmente con inmovilizaciones mediante férulas inguinopédica. Se realizaron planificaciones quirúrgicas preoperatorias en modelos 3D a los 10 pacientes.

Tabla 1: Material planificado y material utilizado durante la cirugía en números absolutos, incluye placas y tornillos.

Caso	Todo material utilizado	Acertado	Desacertado	% precisión
1	13	8	4	76
2	6	5	1	83
3	6	5	1	83
4	11	7	4	72
5	9	7	2	77
6	8	7	1	87
7	10	6	4	63
8	12	7	6	58
9	11	11	0	100
10	7	7	0	100
			Total	79.9

De los 10 pacientes 5 fueron masculinos y 5 femeninos con una edad promedio de 40.1 años con mínima de 18 y máxima de 70 y una desviación estándar de 16.09. En cuanto a clasificación de las fracturas 6 de ellas se clasificaron como Schatzker VI y 4 como Schatzker II. La precisión de la planificación preoperatoria en los modelos 3D fue de 79.9%, es decir del material planificado (placas y tornillos), en promedio se utilizó el 79.9% de dicho material.

Se presentaron 2 complicaciones en 2 pacientes, una neuropraxia del peroneo común que mejoró a los 3 meses de post-operatorio y una trombosis venosa profunda que fue manejada con anticoagulantes por el servicio de medicina interna y cirugía cardiovascular con buena evolución clínica.

Discusión

En la presente investigación de 13 años Las fracturas de meseta tibial siguen siendo

un desafío para los cirujanos ortopédicos ya que son fracturas que comprometen la articulación de la rodilla y que ameritan reducción anatómica y fijación interna precisa para evitar futuras complicaciones.

Actualmente la tomografía computarizada gracias a sus 3 proyecciones coronal, sagital y axial y reconstrucciones 3D digitales, permiten al cirujano una comprensión completa de 360 grados de la fractura a la cual se enfrentará. Sin embargo, estas imágenes no permiten ser manipuladas, o se requiere de un software costoso y poco accesible para lograr una planificación sobre estos modelos digitales.

A nivel nacional existe experiencia publicada sobre la aplicación clínica de esta herramienta en casos de fracturas abiertas de meseta tibial manejadas con fijadores externos⁷, sin embargo en este trabajo se aplica más hacia la fabricación de implantes personalizados y no hacia planificación preoperatoria y no se imprimieron modelos reales de las

fracturas de los pacientes, sino rotulas de fijadores externos personalizados, en el presente trabajo la intención fue utilizar modelos tridimensionales reales de las fracturas de los pacientes para trabajar con los materiales de síntesis convencionales disponibles en cualquier casa ortopédica. Asimismo también existen referencias sobre el uso de modelos reales impresos para la planificación en el manejo de tumores óseos, con un caso de osteocondroma deformante en peroné⁸, donde realizaron la impresión 3D en base a las imágenes tomográficas, y se utilizó para comprensión de la lesión y extensión de la misma, más no se manipuló el modelo 3D para la planificación, en el estudio se realizaron reducciones, fijación y osteotomías, según el caso, en los modelos 3D de cada paciente, antes de llevarlos a intervención quirúrgica, como modo de planificación preoperatoria con implantes de síntesis reales.

Por otro lado, Xie y col.⁹, en 2018 publicaron un metanálisis sobre la fijación interna asistida con 3D vs Fijación convencional, este estudio incluyó 6 estudios prospectivos con un total de 378 casos, demostrando una diferencia significativa en el grupo 3D en cuanto a menor tiempo quirúrgico, menor pérdida sanguínea y tiempo de consolidación comparado con el grupo convencional, en cuanto a resultados funcionales ambos grupos no presentaban diferencia significativa, por lo tanto, a pesar de que el trabajo no tomó en consideración estas variables, ya que no contábamos con grupo control ni comparamos con fijación convencional sin planificación, este metanálisis demuestra la utilidad de la planificación con uso de modelos 3D reales para la mejor comprensión de las fracturas, lo que se traduce en menor tiempo

quirúrgico, mejor constructor que lleva a una consolidación temprana y menor pérdida sanguínea. Otro metaanálisis publicado por Nick y col.¹⁰ se evaluaron 20 artículos con 948 pacientes, donde identificaron diferentes tipos de cirugía asistida por 3D, 1) guías 3D virtuales de visualización, 2) modelos de impresión 3D hands on, 3) placas pre-contorneadas, 4) guías impresas en 3D y 5) imágenes 3D intraoperatorias, concluyendo que puede mejorarse el tiempo quirúrgico, disminuir la pérdida sanguínea y la frecuencia de fluoroscopia, en el presente estudio utilizamos 3 de los 5 conceptos establecidos en este metanálisis, ya que el modelo 3D en un principio sirve como guía de visualización de la fractura, luego sirve como modelo hands on al manipularlo para reducir la fractura y colocar las placas y como guía de placas contorneadas ya que el modelo permite moldear las placas a utilizar en el paciente con el modelo real de la fractura, por lo que es de gran utilidad como herramienta de planificación preoperatoria.

Por otro lado, en un estudio publicado por Huitema y col.¹¹ incluyeron 113 pacientes con fracturas de meseta tibial en un periodo de 8 años tratados en un centro de trauma nivel I donde utilizaron modelos 3D para medir la variabilidad interobservador en la clasificación de las lesiones de los pacientes, demostrando que hay una mejoría mínima en la variabilidad con el uso de los modelos, sin embargo, muchas fracturas fueron mal clasificadas, por lo que no recomiendan el uso de esta herramienta para la clasificación de las fracturas, a pesar de que no fue el objetivo analizar la clasificación de las fracturas mediante los modelos 3D, es cierto que estos podrían ayudar a mejorar la variabilidad entre cirujanos, aunque en este

estudio se demuestra que mejora levemente, siguen existiendo grandes diferencias en la clasificación de acuerdo a la perspectiva de cada cirujano.

En otras latitudes ya se utiliza la impresión 3D como herramienta en la planificación preoperatoria, en un estudio de 2022, se utilizaron modelos de fémur proximal para medir la precisión de osteotomías en esta región, demostrando la utilidad de la planificación y proponiendo que este método debería garantizar la homogeneidad y estandarización de este tipo de procedimientos, disminuyendo el riesgo de errores¹², en comparación con este trabajo, utilizamos modelos reales de fracturas de pacientes para planificar una fijación definitiva, demostrando la utilidad y precisión de la planificación y el resultado final obtenido, lo que también podría disminuir el riesgo de errores en estos procedimientos. Asimismo, Zheng y col.¹³ publicaron una serie de 48 casos con fracturas en húmero distal demostrando la efectividad de los modelos 3D comparados con un grupo convencional, con diferencia significativa para reducción de tiempo quirúrgico, sangrado, tiempo de fluoroscopia y satisfacción del paciente y cirujano, pero sin diferencia en scores funcionales, en este estudio se utilizaron los modelos 3D para hacer la cirugía simulada en cada patrón de fractura de cada paciente, igual que en este estudio se demuestra la gran satisfacción del cirujano con el procedimiento realizado.

Conclusión

La aplicación de la tecnología de impresión 3D para la planificación preoperatoria de

fracturas de meseta tibial, es una herramienta precisa y útil en el manejo de fracturas de meseta tibial. Esto permite al cirujano, a partir del modelo 3D impreso, determinar el abordaje y material de osteosíntesis a ser utilizado en quirófano sin necesidad de invertir tiempo determinando cual es la medida a ser usada intraoperatoriamente, o moldeando placas, lo que reduciría el tiempo operatorio y la pérdida sanguínea, asimismo permite planificar con mejor entendimiento la personalidad de cada fractura y tener a la mano al momento de la cirugía las placas necesarias, sobretodo en casos complejos que ameritan fijación lateral, medial y posterior.

Referencias

1. Rudran B, Little C, Wiik A, Logishetty K. Tibial Plateau Fracture: Anatomy, Diagnosis and Management. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2 de octubre de 2020;81(10):1-9.
2. Schatzker J, Kfuri M. Revisiting the management of tibial plateau fractures. *Injury*. junio de 2022;53(6):2207-18.
3. Voss EE, Goode RD, Cook JL, Crist BD. Survey of Orthopaedic Trauma Providers: Is MRI Superior to CT Scan for Evaluating and Preoperative Planning for Tibial Plateau Fractures? *Mo Med*. 2022;119(3):261-5.
4. Mthethwa J, Chikate A. A review of the management of tibial plateau fractures. *Musculoskelet Surg*. agosto de 2018;102(2):119-27.
5. Kerschbaum M, Tyczka M, Klute L, Heller MT, Koch M, Popp D, *et al*. The Tibial Plateau Map: Fracture Line Morphology of Intra-Articular Proximal Tibial Fractures. *Biomed Res Int*. 2021;2021:9920189.
6. Shen Z, Zhang Y, Wu F, Chen H, Ge H. 3D printing combined with anteroposterior cannulated screws for the treatment of posterolateral tibial plateau fracture. *BMC Musculoskelet Disord*. 6 de octubre de 2023;24(1):796.
7. Velázquez MB, Shiozawa J, Landaeta F, Castillo JC. Aplicación clínica de la Impresión 3D en el manejo de fracturas abiertas de tibia: Nuevas fronteras

- en Traumatología. Estudio Experimental. SVCOT. 2022;54(2):53–61.
8. Brito Velázquez M. Reconstrucción ósea tras resección de un Osteocondroma deformante de la articulación tibioperonea distal. Resolución quirúrgica y uso de la impresión 3D. Reporte de Caso. SVCOT. 2023;55(2):133–41.
 9. Xie L, Chen C, Zhang Y, Zheng W, Chen H, Cai L. Three-dimensional printing assisted ORIF versus conventional ORIF for tibial plateau fractures: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Surgery*. septiembre de 2018;57:35–44.
 10. Assink N, Reininga IHF, Ten Duis K, Doornberg JN, Hoekstra H, Kraeima J, *et al*. Does 3D-assisted surgery of tibial plateau fractures improve surgical and patient outcome? A systematic review of 1074 patients. *Eur J Trauma Emerg Surg*. junio de 2022;48(3):1737–49.
 11. Huitema JM, Van Der Gaast N, Brouwers L, Jaarsma RL, Doornberg JN, Edwards MJR, *et al*. Are 3D-printed Models of Tibial Plateau Fractures a Useful Addition to Understanding Fractures for Junior Surgeons? *Clin Orthop Relat Res*. junio de 2022;480(6):1170–7.
 12. Wang D, Han L, Xu G, Zhang W, Li H, Xu C, *et al*. 3D Printing and Computer-Aided Design for Precision Osteotomy-Aided Modules in Bone Biomechanical Study. *International Journal of Bioprinting*. 23 de agosto de 2022;8.
 13. Zheng W, Su J, Cai L, Lou Y, Wang J, Guo X, *et al*. Application of 3Dprinting technology in the treatment of humeral intercondylar fractures. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. febrero de 2018;104(1):83–8.