

# UTILIDAD DE MODELO DE IMPRESIÓN 3D PARA PLANEACIÓN PREQUIRÚRGICA EN METÁSTASIS VERTEBRAL

<sup>a</sup>Patricio Garza-Benavidez, <sup>b</sup>Adrián Antonio Negreros-Osuna, <sup>a</sup>Rafael Eduardo López-Barrón, <sup>a</sup>Antonio Sánchez-Uresti, <sup>b</sup>Guillermo Elizondo-Riojas

<sup>a</sup>Centro de Ingeniería Biomédica, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma De Nuevo León, Monterrey, Nuevo León. [patricio.garzabnvd@uanl.edu.mx](mailto:patricio.garzabnvd@uanl.edu.mx), [rafael.lopezbrr@uanl.edu.mx](mailto:rafael.lopezbrr@uanl.edu.mx), [antonio.sanchezrt@uanl.edu.mx](mailto:antonio.sanchezrt@uanl.edu.mx)

<sup>b</sup>Centro Universitario de Imagen Diagnóstica, Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” Monterrey, Nuevo León. [anegrerososuna@mg.harvard.com](mailto:anegrerososuna@mg.harvard.com), [guillermo.elizondo@idhu.mx](mailto:guillermo.elizondo@idhu.mx)

## RESUMEN

**Introducción:** El uso de impresión 3D en la medicina ha crecido exponencialmente. El planeamiento quirúrgico, entrenamiento quirúrgico y educación son algunas de sus utilidades. **Metodología:** Se usaron modelos de impresión 3D para la planeación quirúrgica de una paciente con osteosarcoma vertebral. Un software gratuito fue utilizado para la segmentación de las estructuras anatómicas deseadas. **Resultados:** Los modelos de impresión 3D cambiaron el abordaje quirúrgico propuesto inicialmente, al entender mejor la relación espacial de la anatomía de la paciente y su enfermedad. Se evitaron potenciales complicaciones. El modelo fue usado para la explicación al paciente del procedimiento quirúrgico a realizar. **Conclusiones:** La impresión 3D es una herramienta útil en la planeación quirúrgica.

**Palabras clave:** Impresión 3D, planeación quirúrgica, osteosarcoma.

## ABSTRACT

**Introduction:** The use of 3D printing in medicine has grown exponentially. Surgical planning, surgical training and education are some of its uses. **Methodology:** 3D printed models were used for the surgical planning of a patient with vertebral osteosarcoma. Open source software was used for the segmentation of the desired anatomical structures. **Results:** 3D printing models changed the surgical approach initially proposed, offering a better understanding of the spatial conformation of the patient's specific anatomy and neoplastic disease. Potential complications were avoided. The model was used to explain to the patient the surgical procedure to be performed. **Conclusions:** 3D printing is a useful tool in surgical planning.

**Keywords:** 3D printing, surgical planning, osteosarcoma

## 1. INTRODUCCIÓN

La impresión 3D o manufactura aditiva no es una tecnología nueva, a pesar de ello, en los últimos años ha cobrado una mayor importancia en el área médica, especialmente en las especialidades quirúrgicas. El uso de modelos de impresión 3D es utilizado más comúnmente en áreas como cirugía ortopédica y cirugía plástica<sup>1</sup>.

Existen múltiples ventajas en el uso de la impresión 3D en medicina, entre ellas se encuentran el uso de modelos impresos con patologías específicas para planeamiento quirúrgico de operaciones complejas o extensas, entrenamiento quirúrgico para residentes de cirugía y educación al paciente como facilitador para la explicación de los procedimientos a realizar<sup>1,2</sup>.

El uso de esta tecnología es útil en la resección de enfermedades neoplásicas. En México, la neoplasia maligna ósea más común es el osteosarcoma, con un 46.6%. Debido a la agresividad local del osteosarcoma, la inadecuada escisión de cáncer conlleva a una mayor tasa de recurrencia y potencial metástasis. Justificado a esto, la resección amplia es recomendada como tratamiento<sup>3,4,5</sup>.

Se ha documentado que la utilización de los modelos impresos 3D, a diferencia de usar únicamente estudios de tomografía computarizada, resonancia magnética o reconstrucciones virtuales, aporta una forma diferente de visualizar y de realizar el planeamiento quirúrgico, lo que conlleva un aumento en la confianza del cirujano para realizar el procedimiento, al igual que una potencial reducción del tiempo quirúrgico, complicaciones y radiación por métodos de imagen intraquirúrgicos<sup>6,7,8</sup>.

## OBJETIVO

Evaluar la utilidad de modelos de impresión 3D para planeación prequirúrgica en la resección de osteosarcoma de vertebra torácica en un paciente pediátrico.

## HIPOTESIS

El uso de modelo de impresión 3D es útil para la planeación prequirúrgica en resección de osteosarcoma vertebral en paciente pediátrico.

## 2. METODOLOGÍA

Se presentó un caso complejo de metástasis a vertebra por osteosarcoma en una paciente pediátrica, por lo cual se solicitó la impresión de un modelo 3D.

Utilizando estudios de tomografía computarizada, se realizó el proceso de segmentación usando el software de código abierto 3D Slicer 4.8.0. para la obtención del segmento espinal y aorta deseado<sup>9</sup>. En la segmentación vertebral se incluyeron los cuerpos vertebrales, pedículos, láminas, apófisis transversales, espinosas y superiores, al igual que las costillas posteriores de los cuerpos vertebrales afectados. Se segmento de manera

individual la vértebra sana y la neoplasia, para una mejor identificación. (Fig. 1) Se realizó un postprocesamiento en el software final de impresión 3D para decidir los materiales, la orientación y los soportes para mantener las relaciones espaciales y que los modelos sean impresos correctamente. En este caso, utilizamos la tecnología Z-Suite (Zortrax, Olsztyn, Polonia) siendo la impresora 3D Zortrax M200.

Se imprimió el modelo 3D de la vértebra patológica con la neoplasia en distinto color, fue entregada a los cirujanos ortopedistas, posterior a su evaluación, se solicitó otra impresión para enriquecer el planeamiento quirúrgico, se obtuvo otro modelo de la vértebra T9 y su relación con la vértebra superior (T8), inferior (T10), costillas correspondientes y aorta torácica.

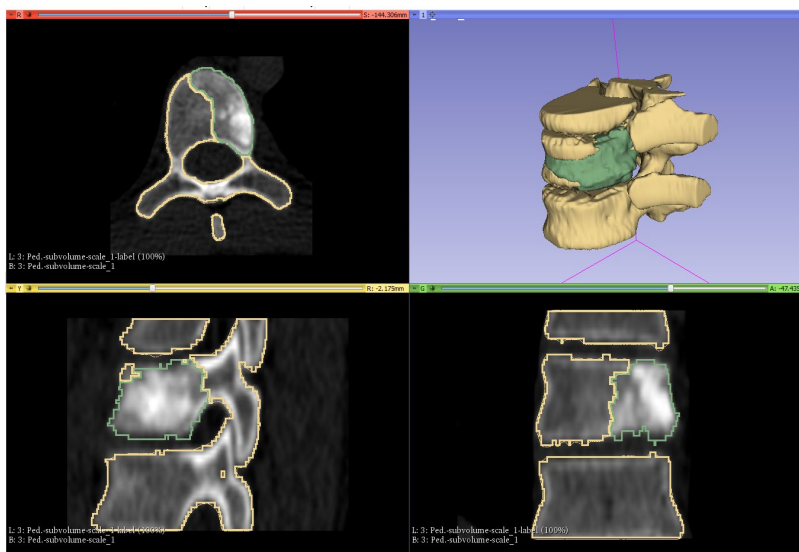


Figura 1. Modelo 3D segmentado de TAC con software 3D Slicer. Se segmentó la neoplasia (verde) de forma independiente a las estructuras sanas (amarillo)

### 3. RESULTADOS

Los modelos impresos fueron, vértebra T9, neoplasia de la vértebra, segmento de columna vertebral T8, T9, T10 con sus respectivas costillas y segmento aórtico en relación con la neoplasia. (Fig. 2)(Fig. 3).

La vértebra fue segmentada de manera que fuese posible observar la vértebra sin la neoplasia. La neoplasia fue impresa en otro color, para poder identificar de mejor manera la extensión de la patología. El segundo modelo impreso fue de mayor tamaño, incluyendo la vértebra superior, inferior y la porción de la aorta que se encontraba en cercanía.

Posterior al uso del modelo impreso 3D, los cirujanos de columna llegaron a la conclusión que el procedimiento propuesto inicialmente, la hemivertebrectomía, no cumpliría con resultados beneficiosos para la paciente, así que se decidió cambiar el procedimiento a vertebrectomía total.

Los modelos obtenidos lograron cambiar el procedimiento quirúrgico propuesto inicialmente e incluso, se decidió incorporar a un segundo equipo quirúrgico, cirujanos de tórax, debido a la complejidad de la cirugía. Se obtuvo un mejor entendimiento de la relación espacial y estructural de la anatomía específica de la paciente y su patología, observando como los arcos costales presentaban una estrecha relación con la aorta, justificando la necesidad de la intervención del equipo de cirugía de tórax para el abordaje.

Posterior a la cirugía, se reportó por parte de los cirujanos que hubo una mayor facilidad para realizar el abordaje, al igual que una menor incidencia de complicaciones con respecto a cirugías previas.

El modelo de impresión 3D también fue usado de igual forma para explicar al paciente y a sus familiares la naturaleza de la intervención quirúrgica.



Figura 2. Modelo de impresión 3D de vertebra T9 (blanco) y neoplasia (gris) de paciente pediátrica



Figura 3. Modelo de impresión 3D de vertebras T8, T9, T10 y costillas correspondientes (blanco), segmento de aorta torácica en íntima relación (rojo). La neoplasia fue suprimida del modelo para mejor visualización de estructuras sanas

#### 4. CONCLUSIONES

El uso del modelo 3D para planeamiento quirúrgico es útil para casos complejos, en donde el planeamiento quirúrgico tradicional usando estudios de imagen 2D no dejan en claro la situación a enfrentar. Son de gran ayuda para entender las relaciones espaciales específicas de los pacientes antes de una cirugía, haciéndolos muy útiles para el planeamiento quirúrgico de rutina.

Gracias al modelo, fue posible cambiar el procedimiento quirúrgico antes de entrar al quirófano, evitando potenciales complicaciones, reduciendo el tiempo quirúrgico y radiación.

El modelo de impresión 3D también fue usado para explicar al paciente y a sus familiares la naturaleza de la intervención quirúrgica, dejándose claro el procedimiento, magnitud del problema y método de abordaje, obteniendo satisfacción y tranquilidad al conocer la patología presente.

Ofrecerle al cirujano un modelo de impresión en 3D posterior al planeamiento quirúrgico estándar con estudios de imagen 2D o reconstrucciones en 3D, ha demostrado mejoría en la toma de decisión, al proponer el mejor abordaje quirúrgico posible, e igual que tener poder en toma de decisiones prequirúrgicas, además de conceder un mejor entendimiento espacial anatómico específico del paciente y relación con estructuras anatómicas vecinas. La reducción potencial del tiempo quirúrgico, complicaciones y costos son características beneficiosas que falta investigar a fondo.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Martelli, N., Serrano, C., Van Den Brink, H., Pineau, J., Prognon, P., Borget, I., and El Batti, S., “Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: A systematic review,” in *Surg. (United States)* 159(6), pp. 1485–1500 (2016).
- [2] Kim, M.P., Ta, A.H., Ellsworth, W.A., Marco, R.A., Gaur, P., and Miller, J.S., “Three dimensional model for surgical planning in resection of thoracic tumors,” *International journal of surgery case reports* 16, 127–9 (2015).
- [3] Ma, L., Zhou, Y., Zhu, Y., Lin, Z., Wang, Y., Zhang, Y., Xia, H., and Mao, C., “3D-printed guiding templates for improved osteosarcoma resection,” *Scientific Reports* 6, 23335 (2016).
- [4] Baena-Ocampo, L. del C., Ramirez-Perez, E., Linares-Gonzalez, L.M., and Delgado-Chavez, R., “Epidemiology of bone tumors in Mexico City: retrospective clinicopathologic study of 566 patients at a referral institution,” *Annals of Diagnostic Pathology* 13(1), 16–21 (2009).
- [5] Feng, D., Yang, X., Liu, T., Xiao, J., Wu, Z., Huang, Q., Ma, J., Huang, W., Zheng, W., et al., “Osteosarcoma of the spine: surgical treatment and outcomes,” *World Journal of Surgical Oncology* 11(1), 89 (2013).

- [6] Auricchio, F., and Marconi, S., “3D printing: clinical applications in orthopaedics and traumatology,” *EFORT Open Reviews* 1(5), 121–127 (2016).
- [7] Christensen, A., and Rybicki, F.J., “Maintaining safety and efficacy for 3D printing in medicine,” *3D Printing in Medicine* 3(1), 1 (2017).
- [8] Wilcox, B., Mobbs, R.J., Wu, A.-M., and Phan, K., “Systematic review of 3D printing in spinal surgery: the current state of play,” *Journal of Spine Surgery* 3(3), 433–443 (2017).
- [9] Fedorov, A., Beichel, R., Kalpathy-Cramer, J., Finet, J., Fillion-Robin, J.C., Pujol, S., Bauer, C., Jennings, D., Fennessy, F., et al., “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network,” *Magnetic Resonance Imaging* 30(9), 1323–1341 (2012).