

# IMPRESIÓN 3D COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN LA TÉCNICA DE COLOCACIÓN DE TORNILLOS TRANSPEDICULARES DE COLUMNA LUMBAR: CREACIÓN DE UN SIMULADOR PARA ENTRENAMIENTO

Janeth Betzabe Gallegos Morales<sup>a</sup>, Rafael Eduardo López Barrón<sup>a</sup>, Jesús Eduardo González Gómez<sup>a</sup>, Adrian Antonio Negreros Osuna<sup>b</sup>, Guillermo Elizondo Riojas<sup>b</sup>, Antonio Sánchez Uresti<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Centro de Ingeniería Biomédica, Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., [betzi.hannly@hotmail.com](mailto:betzi.hannly@hotmail.com), [rafael.elb13@gmail.com](mailto:rafael.elb13@gmail.com), [choi.gzz@gmail.com](mailto:choi.gzz@gmail.com), [antsanchez@gmail.com](mailto:antsanchez@gmail.com)

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

## RESUMEN

Las Patologías de la columna vertebral son un problema de salud en la población, comprenden un 13% de las consultas de primer nivel. 9 de cada 10 adultos presentara un cuadro de lumbalgia con tendencia a cronicidad en 15-36%, la instrumentación transpedicular tiene complicaciones de hasta 54%, por ello, existe justificación de un amplio conocimiento en la morfología vertebral y estructuras neurovasculares.

Se realizó una segmentación de columna lumbar para su impresión en 3D y su empleo en el entrenamiento de colocación de tornillos transpediculares. Como conclusión, la impresión 3d es una forma de obtener modelos realistas Su uso en hospitales facilitaría la adquisición de habilidades quirúrgicas.

**Palabras clave:** Impresión 3d, simulación médica, tornillos transpediculares

## ABSTRACT

The spine pathologies are a health population problem, comprising 13% at first level of medical attention. 9 out of 10 adults will present a lumbalgia with a tendency to chronicity in 15-36%. Transpedicular instrumentation has complications up to 54%, therefore, there is justification for extensive knowledge in vertebral morphology and neurovascular structures.

We performed a segmentation of the lumbar spine using 3D printing and its use in transpedicular screw placement training. As a conclusion, 3D printing is a practical way to obtain realistic models. Its use in hospitals would facilitate the surgical skills.

**Keywords: 3D printing, medical simulator, transpedicular screws**

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Patologías de la columna vertebral son actualmente, uno de los principales problemas de salud en la población general, comprenden un 13% de las consultas de primer nivel presentando una cronicidad de hasta un 36%<sup>1</sup>. La técnica de fijación transpedicular, es una técnica comúnmente utilizada para la fijación posterior de columna dorsal y lumbar en casos de inestabilidad vertebral, lesiones postraumáticas, tumores, escoliosis y cambios crónicos degenerativos<sup>2,3</sup>. La colocación transpedicular de tornillos continúa siendo hasta el día de hoy una técnica que implica diversos retos por la variabilidad en la profundidad, altura, y orientación de los procesos espinosos así como la proximidad de las raíces nerviosas<sup>4</sup>.

En general, la instrumentación transpedicular tiene tasas de complicaciones que reportan hasta en un 54%, A causa de esto, se infiere una justificación para la necesidad de un amplio conocimiento de la morfología de columna vertebral y la proximidad a estructuras neurovasculares además, es indispensable contar con experiencia, habilidades clínicas y quirúrgicas. Se encuentran reportadas actualmente cuatro tipos de falla por instrumentación: biológica, mecánica, en la planeación y en la aplicación, además falla por la colocación excéntrica de tornillos y por un tornillo de diámetro inadecuado<sup>5,8,9</sup>. El entrenamiento es un elemento básico para la ejecución. Cualquier fallo consecuente a impericia, ignorancia o inexperiencia, puede ser causante de un desenlace fatal para el paciente tratado, llegando a magnitudes tan desastrosas como la muerte.

Existen múltiples formas para el desarrollo de habilidades mecánicas. Se han utilizado métodos como el uso de cadáveres, maniqués, animales vivos e incluso, el entrenamiento al momento de la intervención, siendo supervisada por el experto. Estas prácticas conllevan potencialmente distintas complicaciones<sup>6,10</sup>. La impresión tridimensional, tiene un potencial impacto en el campo de la salud, en especial en las áreas quirúrgicas<sup>7</sup>. Se ha empleado para la impresión de modelos sólidos anatómicos fieles a las dimensiones reales del paciente a tratar, para la educación de residentes en distintas áreas como la ortopedia y traumatología, y además, estos han sido utilizados para entrenamiento quirúrgico preoperatorio, diseño de guías, planificación y simulación en patologías complejas y anomalías congénitas<sup>6</sup>.

Nuestro propósito en este estudio es evaluar la aplicación de un modelo impreso en 3D, para facilitar el entrenamiento médico en la técnica de colocación de tornillos pediculares para tratar patologías de columna lumbar que requieran esta técnica.

## OBJETIVO

Crear un modelo sólido en 3D con dimensiones basadas en la realidad anatómica de un paciente, para el entrenamiento de la técnica de fijación transpedicular en columna lumbar.

## JUSTIFICACIÓN

Mediante la aplicación de modelos anatómicos impresos en tercera dimensión a partir de estudios de radiología los residentes de traumatología y ortopedia en formación, llegaron a adquirir las habilidades clínicas necesarias para su especialidad.

## 2. METODOLOGÍA

### Reconstrucción e impresión 3D

Se utilizó una tomografía axial computarizada de columna lumbar con un grosor de corte de 1,0 mm, y los datos de cada capa se almacenaron en las imágenes digitales. Esta fue otorgada por el Centro Universitario de Imagen Diagnóstica del hospital universitario.

Los datos del TAC fueron importados a 3D slicer, software de uso libre para el procesamiento de imágenes y visualización tridimensional, lleva a cabo la conversión del archivo DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) a STL (Stereolithography o Language Standard Number) para su utilización en la reconstrucción en tres dimensiones. Se realizó la segmentación de 4 vértebras lumbares (L2-L5). Fue exportado a Free CAD, un modelador CAD 3D paramétrico de uso libre, para la edición de los discos intervertebrales. Posterior a este paso, se importó el archivo a Cura, software de uso libre que prepara la segmentación para su impresión en 3D. Se imprimieron el modelo físico con una impresora de la marca Zortrax M200 en material ABS (imagen 1).



Imagen 1 impresión de vertebras después de retirar soportes

### Entrenamiento y simulación de colocación de tornillos transpediculares

En este estudio, la técnica de fijación transpedicular fue utilizada para la colocación de los tornillos. (imagen 2) Fue realizada por el experto en un centro de entrenamiento facilitado por el departamento de anatomía humana de la Facultad de medicina UANL. (imagen 3) Con una gubia pequeña se extirpa el tubérculo vertebral, hasta descubrir el equivalente al hueso esponjoso. Se colocó un perforador y, antes de introducirse en el pedículo, se realizó un control mediante fluoroscopia. Se colocaron 6 tornillos transpediculares en el modelo y se implementó la verificación fluoroscópica, inspeccionando que no hubiese habido invasión del equivalente al canal medular.



Imagen 2 Colocación de tornillo transpedicular



Imagen 3 Estudiante utilizando el modelo

### Evaluación del Modelo impreso en 3D

El modelo anatómico impreso a partir de los estudios de radiología del paciente fue evaluado por un médico neurocirujano con 30 años de experiencia. Se empleó una escala de valoración para comparar el modelo impreso, donde evaluó similitud anatómica, utilidad, facilidad de manejo, prevención de complicaciones como invasión a canal medular, y percepción de semejanza a la densidad ósea.

### 3. RESULTADOS

Se obtuvo un modelo con similitudes anatómicas a las del paciente y potencialmente útil en el entrenamiento en la técnica de fijación transpedicular. En la escala utilizada del 1 al 10, siendo el 10 la máxima similitud con la manipulación ósea, se logró una semejanza anatómica del modelo 9 de 10, utilidad 10 de 10, facilidad de manejo 7 de 10, prevención de invasión medular 8 de 10, percepción ósea 6 de 10.

La sensación percibida en el modelo tuvo una diferencia importante en comparación con la real en el hueso, sin embargo, es posible trabajar con el modelo de una manera sencilla.

En la fluoroscopia, la densidad apreciada es similar a la del hueso (imagen 4).

Es un buen modelo para desarrollar habilidades prácticas en el uso de las herramientas.

Tuvo utilidad en la retroalimentación, para verificar que no haya ocurrido invasión de canal medular, así como, estructuras adyacentes al cuerpo vertebral.



Imagen 4 Modelo visualizado bajo fluoroscopia

#### 4. CONCLUSIONES

La impresión 3D es una novedosa forma de obtener modelos realistas directamente de los estudios de imagen de los pacientes. Su uso en hospitales facilitaría la adquisición de habilidades quirúrgicas para el personal en entrenamiento a un costo accesible.

Con ella es posible una planeación prequirúrgica novedosa, la cual ayude a anticipar problemas mediante una mejor comprensión de la anatomía del paciente.

Es un modelo que puede ser implementado en instalaciones con difícil acceso a la manipulación de cadáveres.

Conocemos que la aplicación del modelo no abarca aspectos como la disección con bisturí, cierre de herida quirúrgica, dicho aspecto, puede efectuarse en futuros modelos modificados.

Como limitantes, la utilización del material ABS no otorga una sensación real al momento de su manipulación, lo cual puede ser una desventaja para el practicante.

El tiempo de impresión es de 13 horas, esto es un inconveniente si se desea obtener un modelo de forma inmediata. De igual manera, la segmentación de la pieza anatómica requiere de personal con un entrenamiento especializado.

La aplicación de impresión en 3D corrobora lo ya demostrado en publicaciones similares. A nuestro conocimiento existe muy poca evidencia de su aplicación en México, por lo que es recomendable evaluar la aplicación de un protocolo científico en el que se pueda colaborar con otras instituciones para replicar el modelo y evaluar el verdadero beneficio a los pacientes.

A visión futura, se desea experimentar con modelos recubiertos con distintos materiales como gel y silicón para simular tejido blando, así como experimentación con modelos articulados. Los modelos anatómicos, pueden ser esterilizados, para ser utilizados simultáneamente en el quirófano, de esta forma, tener una interacción y participación dinámica directa de estudiante-profesor como herramienta de complemento.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aguilera, A., Herrera, A., "Lumbalgia: una dolencia muy popular y a la vez desconocida.", comunidad y salud (11) (2013).
- [2] Prakash., Prabhu, L., Vadgaonkar, R., Pai, M., Ranade, A., Singh, G., "Morphometry of Vertebral Pedicles: a Comprehensive Anatomical Study in the Lumbar Region", 2018 (17 September 2018)
- [3] Arman, C., Naderi, S., Kiray, A., Aksu, F., Yılmaz, H., Tetik, S., Korman, E., "The human sacrum and safe approaches for screw placement", Journal of Clinical Neuroscience 16(8), 1046-1049 (2009).

- [4] Arman, C., Naderi, S., Kiray, A., Aksu, F., Yılmaz, H., Tetik, S., Korman, E., "The human sacrum and safe approaches for screw placement", *Journal of Clinical Neuroscience* 16(8), 1046-1049 (2009).
- [5] Li, G., LV, G., Passias, P., Kozanek, M., Metkar, U., Liu, Z., Wood, K., Rehak, L., Deng, Y., "Complications associated with thoracic pedicle screws in spinal deformity", *European Spine Journal* 19(9), 1576-1584 (2010).
- [6] Lopez, C., Juan, U., Carmen, M., "SIMULADOR QUIRÚRGICO VIRTUAL PARA EL ENTRENA- MIENTO EN CIRUGÍAS MÍNIMAMENTE INVASIVAS", *GeRTiSS(1)* (2018).
- [7] Grant, C., Izatt, M., Labrom, R., Askin, G., Glatt, V., "Use of 3D Printing in Complex Spinal Surgery", *Techniques in Orthopaedics* 31(3), 172-180 (2016).
- [8] Santoni, B., Hynes, R., McGilvray, K., Rodriguez-Canessa, G., Lyons, A., Henson, M., Womack, W., Puttlitz, C., "Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws", *The Spine Journal* 9(5), 366-373 (2009).
- [9] Gomez De la Riva, A., Isla, A., Pérez-López, C., Ortega, R., Fernandez Miranda, J., Heredero, J., "Causas de reintervención quirúrgica en pacientes con fijación lumbar intervenidos por estenosis de canal", *Neurocirugía* (17), 239 (2018).
- [10] DeMasi, S., Katsuta, E., Takabe, K., "Live animals for preclinical medical student surgical training", *Edorium(5)*, 24-31 (2018).