

Modelos DICOM impresos en 3D para el estudio y la presentación informativa preoperatorio del paciente

Departamento de Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Chilecito 9 de Julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina ¹

Lic. Ariel Quiroga Marin¹, Ing. Enrique N. Martinez¹, Ing. Elvio Sigampa¹, Ing. Anzalaz Fernando¹, Ing. Gabriel Martinez¹, Dra. Laura Romero¹ {cquiroga, emartinez, esigampa, fanzalaz, gmartinez, lromero}@undec.edu.ar, Palacios Cristian¹, Franco Padilla¹, Blanco Francisco¹ {cristianpalacios95, padilla.joni, franciscoblanco1907}@gmail.com

Hospital Eleazar Herrera Motta, Cavero 500, Chilecito, La Rioja²

Dra. Sandra Sigampa², Dr. Andrés Sigampa², Dr. Omar Suarez², Leonel Alvarez², Rubén Quiroga² {sigampapaez}@yahao², {sigez.aj, omarbreppe640, rubenhquiroga0, leonelundec}@gmail.com²

design of 3D, Care Enterprise (IHE), Digital

Resumen

Este trabajo se enfoca en una de las técnicas de impresión 3D tecnología de fabricación por adición (TFA) ¹, que nos permitirá mediante diferentes técnicas especiales diseñar, modelar, analizar imágenes DICOM, obteniendo el modelo tridimensional de un órgano humano². Dicho modelo digital es reconocido por una impresora 3D, la cual comienza a construirlo mediante la adición “capa a capa” del material deseado (que puede ser desde polímeros, hilos de plástico hasta metales). De ese modo, es posible crear órganos humanos, cartílagos, arterias, huesos, modelos anatómicos, prototipos y prótesis personalizadas. Las imágenes médicas (DICOM) colaboran con la toma de decisiones, con la posibilidad de conocer la anatomía del paciente previo al procedimiento quirúrgico. La realidad virtual e impresión 3D permite que se logre simular la cirugía antes del procedimiento conociendo los potenciales riesgos que puede llevar, logrando así tener un impacto en los resultados pre y postquirúrgicos, para operar las diversas cirugías complejas.

PALABRAS CLAVE:

Additive manufacturing, prototyped surgical,

Imaging and Communications in Medicine (DICOM), prototyping, CAD.

Líneas de I+D+I

- Computación gráfica, Imágenes y Visualización
- Arquitectura
- Redes y Sistemas Operativos
- Base de Datos
- Cloud Computing
- Minería de Datos

Contexto

DICOM³ es un estándar ampliamente adoptado para imágenes médicas, hoy en día, los archivos DICOM incluyen también datos de imágenes y señales generados por áreas diversas como hematología, laringología, dermatología, cardiología, patología, oncología, urología y odontología. Nuestra investigación obtendrá los datos DICOM de las imágenes de Diagnóstico Médico de los distintos estudios que se realizan en el Hospital “Eleazar Herrera Motta”. Actualmente la imagen biomédica logra guiar diferentes procedimientos médico quirúrgicos en las áreas de oncología, cirugía maxilofacial, ortopedia, vascular

periférico y neurocirugía (Ballard et al., 2018). Dentro de las aplicaciones clínicas más importantes utilizadas se encuentran el planeamiento pre-quirúrgico y la guía intraoperatoria. A nivel de los centros académicos, tanto los modelos virtuales como los creados por impresión 3D, (impresión denominada fabricación aditiva), son una técnica de producción que crea un objeto físico tridimensional a partir de un archivo de diseño digital, permitiendo educar a médicos, estudiantes y pacientes. Pacione y Col.⁴ reportaron un caso con deformidad compleja de la base de cráneo, el cual requirió cirugía. El modelo 3D de la base del cráneo y la columna cervical se utilizó preoperatoriamente para valorar el mejor abordaje y luego fue colocado en una mesa durante la cirugía para tener apoyo durante el procedimiento. Otra utilidad importante de los modelos 3D en el tratamiento de fracturas complejas es poder determinar el tipo y la cantidad de material de injerto que se va a utilizar; esto llega a disminuir el tiempo operatorio y la cantidad de material que se requiere con fin preoperatorio, teniendo impacto en los costos de tratamiento⁵. Dentro de la aplicación cardiovascular se encuentran modelos impresos del corazón y de los grandes vasos, los cuales se aplican al planeamiento terapéutico. Estos modelos se han utilizado a nivel intraoperatorio permitiendo guiar el procedimiento quirúrgico, mejorar el tipo de recepción y guiar la reconstrucción del tejido⁶. Un modelo sólido impreso en 3D que simula los grandes vasos intracraneales, nervios ópticos y su relación con la lesión, puede permitir reconocer y comprender los detalles anatómicos más pertinentes desde una nueva perspectiva para ayudar, desde un modelo de bajo costo y replicable, al planeamiento quirúrgico, estudio y educación, en la tarea docente de médicos y enfermeros en formación.

Introducción

Los biomodelos o biorréplicas 3D son reproducciones físicas de un órgano o región anatómica concreta y precisa del paciente. Por medio de la impresión 3D se puede fabricar cualquier región anatómica visualizada en una prueba de imagen médica (TAC), a escala real, en diversos materiales, y con una exactitud milimétrica en función de la calidad de la imagen y la tecnología elegida. Si bien es posible obtener los datos de cualquier prueba de imagen convencional, las más usadas son la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética e incluso la ecografía⁶. Numerosas revisiones han reportado las ventajas y desventajas de los modelos 3D en medicina. Citando como ventajas la visualización directa de las malformaciones, anticipación de dificultades anatómicas, precisión de la forma del implante ante la eventual necesidad, disminución en la incidencia de complicaciones postoperatorias como hemorragia e infección, disminución a la exposición de rayos X durante el procedimiento quirúrgico, disminución del tiempo quirúrgico, optimización del posicionamiento durante la cirugía, mejores resultados quirúrgicos, mejoría en la comunicación con el paciente respecto a su patología, simplificación en la coordinación con otros especialistas, herramienta de entrenamiento y enseñanza. (Tomás Funes, Sanatorio Anchorena. Ciudad Autónoma de Buenos Aires).

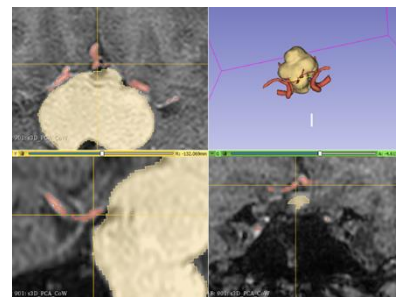


Figura 1

Segmentación de las regiones de interés mediante Software “Open Source 3D Slicer”. Antes de una intervención quirúrgica se puede evaluar con: radiografías, tomografía con reconstrucción 3D y estereolitografía y la edición de imágenes DICOM se realiza con el 3D SLICER® para su impresión en material termoplástico Fig 1.

Los estudiantes de enfermería y profesionales del Hospital de Chilecito Eleazar Herrera Motta y los jóvenes médicos residentes pueden consultar imágenes en tres dimensiones para crear una imagen mental de la estructura espacial, el desarrollo de un material de alta calidad con una eficacia de enseñanza igual o superior que la disección cadavérica y mejora la eficacia del proceso de aprendizaje.

La Universidad Nacional de Chilecito cuenta con una impresora 3D Genérica (Fig. 2) en las carreras de Mecatrónica y Sistemas. Actualmente se gestiona mediante proyectos la adquisición de una de mayores prestaciones.

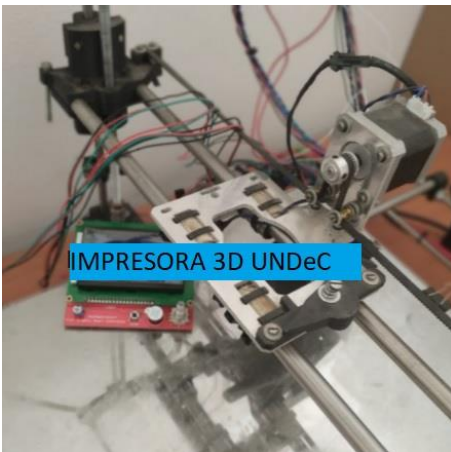


Fig2.

Las imágenes DICOM producidas en el Hospital Eleazar Herrero Motta se exportarán a diferentes software como OsiriX Imaging Software, 3D slicer (preferente), Mimics,

Magics, 3D doctor e InVesalius para producir un modelo digital 3D, el modelo de fabricación aditiva creado mediante este proceso muestra la forma, el tamaño, las dimensiones, las texturas, el color y las características exactas del órgano original, los datos tridimensionales capturados por estas tecnologías de escaneo se exportan directamente en formato de lenguaje triangular estándar (STL) para su impresión mediante tecnologías aditivas.

“Contar con la impresión 3D e imágenes DICOM para la cirugía es fundamental. Nos permite tener una idea mucho más acertada de la realidad, en tamaño real, de lo que luego vamos a encontrar en el quirófano. permitiéndonos tomar decisiones mucho antes.” Dr. Horacio Questa Fundación Garrahan MN 13967

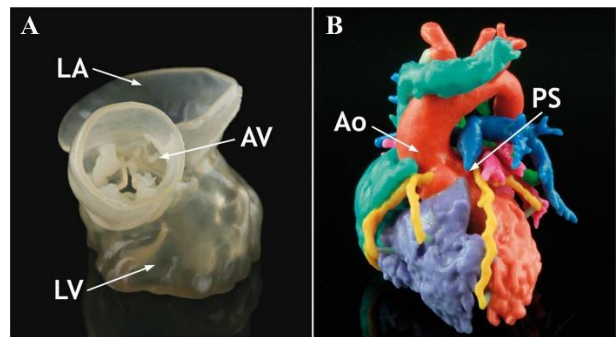


Figura 3.

Modelos anatómicos 3D de corazón en estado normal y patológico. (A) Modelo de corazón anatómico normal impreso en 3D. (B) Modelo anatómico de corazón impreso en 3D de tetralogía de Fallot⁷. Reproducido, con autorización, de (Bartel et al., 2018) Fig 3.

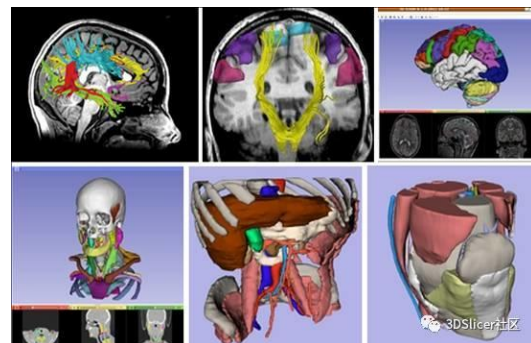


Fig 4.

Podemos observar un ejemplo de 3D Slicer Fig 4, creado a través de múltiples subvenciones de los Institutos Nacionales de Salud (NIH) de EE. UU. durante casi dos décadas, Slicer ofrece poderosas herramientas de procesamiento, visualización y análisis de datos de imágenes médicas (3D DICOM for Informed Surgical Patient Preparation)⁸. 3D Slicer (www.slicer.org) es un paquete de software gratuito de código abierto distribuido bajo una licencia estilo BSD para el análisis, integración y visualización de imágenes médicas que permite explorar y cuantificar de manera efectiva los datos de imágenes DICOM⁹ para investigaciones basadas en hipótesis. Ejemplo de Modelado con Slicer 3D, que permite realizar reconstrucciones 3D del hígado para la planificación preoperatoria Fig 5.

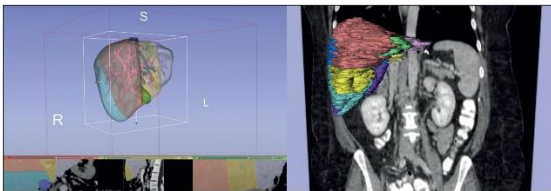


Figura 5.

El modelado e impresión médica de órganos en 3D también comprime los plazos de investigación y desarrollo al reducir el tiempo entre las mejoras del diseño, lo que permite realizar más pruebas en el mismo período de tiempo o en uno más corto y poner de manifiesto posibles problemas en una fase más temprana del proceso. Podemos programar en Slicer, MRML: Medical Reality Markup Language the Slicer Data Representation (nos permite programar comportamiento personalizado en Slicer con python). Fig 6.

La consola Python de Slicer da acceso a

- objetos de escena (MRML)
- matrices de datos (volúmenes, modelos)
- Elementos GUI que se pueden encapsular en un módulo (Qt)
- Bibliotecas de procesamiento: numpy, VTK, ITK, CTK

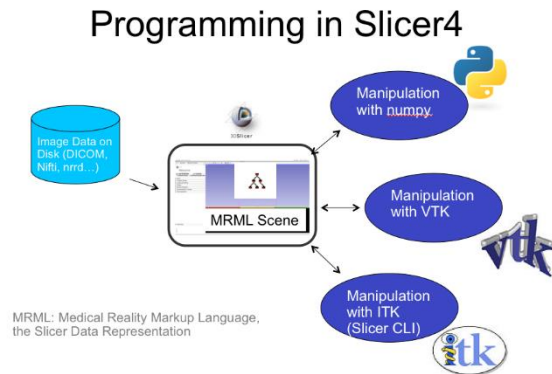


Figura 6.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está formado por docentes de las carreras Ingeniería en Sistemas, Licenciatura en Sistemas, Ing. Mecatrónica y Lic. En Enfermería de la UNdeC (acreditadas por CONEAU). También participan profesionales del Hospital Eleazar Herrera Motta de Chilecito, residentes y alumnos avanzados de grado en enfermería y sistemas, realizando su trabajo de tesina final en esta línea de I+D. Los integrantes son docentes de las asignaturas Sistemas Operativos I y II, Modelos y Simulación, Inteligencia Artificial, Taller Hardware e informática, Electrónica, Enfermería Hospitalaria, Traumatología. Estas asignaturas contemplan la aprobación mediante la participación en proyectos de investigación, por lo que pueden surgir nuevos trabajos en esta línea.

RESULTADOS ESPERADOS

El modelo impreso 3D permite definir mucho más allá de las imágenes, la anatomía de la lesión en

particular, un modelo físico donde analizar y ensayar los procedimientos quirúrgicos previo a la cirugía. La impresión 3D es un método de bajo costo que puede generar modelos con alta fidelidad como herramientas educativas y de planificación quirúrgica, como las enfermedades cardíacas que han sido ampliamente estudiadas con la ayuda de la impresión 3D, Los modelos de órganos 3D han revolucionado la planificación de cirugía ortopédica¹¹ de Complejidad media y alta. Ellos ayudan para interpretar correctamente la forma del hueso, líneas de fractura y sus desplazamientos, proporcionando una gran ayuda a los traumatólogos y cirujanos del Hospital de Chilecito, las imágenes DICOM del hospital⁸ podran ser procesadas, modeladas y exportadas a archivos del tipo STL, PLY, OBJ entre otros, para la generación de un modelo físico, que nos dara un conocimiento tridimensional del órgano. Al obtener un modelo 3D del órgano a partir de las imágenes DICOM¹⁰ se abren las posibilidades de análisis, diseño, diagnóstico, planeación e inclusive, se puede explicar al paciente o alumno, la anomalía y procedimiento a efectuar por medio del modelo virtual y el modelo físico impreso en 3D, facilitando a su vez la realización de una cirugía segura, con conocimiento tridimensional, mejorando la precisión y seguridad de la cirugía. La creación de modelos 3D impresos a partir de imágenes médicas DICOM, proporcionan una herramienta innovadora para la presentación informativa prequirúrgica del paciente y estudiantes de enfermería de la UNDeC, permitiendo a los profesionales de la salud (Hospital Eleazar

Herera Motta) visualizar y comunicar de manera efectiva los detalles anatómicos relevantes para una planificación más precisa y comprensible del procedimiento quirúrgico, utilizando organos 3D con Información preoperatoria mediante modelos DICOM Impresos, como lo muestra la Fig 7., un Análisis médico¹² de la salud renal del paciente en modelo anatómico impreso con tecnología aditiva a partir de imágenes médicas DICOM.



Fig. 7.¹²

Bibliografía, referencias

- [1]PubMed-MeSH Major Topic. “Printing, Three-Dimensional”. [Consultado: 25-agosto-2017]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=Printing%2C+ThreeDimensional>
- [2] Fennell, N.; Ralston, MD; Coleman, R. M. PACS y otros sistemas de gestión de imágenes. En *Informática de Imágenes Prácticas: Fundamentos y Aplicaciones para Imágenes Médicas*; Branstetter, BF, IV, Ed.; Springer: Nueva York, NY, EE. UU., 2021; págs. 131–142
- [3] Página oficial de DICOM, <https://www.dicomstandard.org/>
- [4] Tasneem I. Ariz A. Bharti D. et al. 3D printing technology and its significant applications in the context of healthcare education. *J Ind Integr Manag.* 2021; 8: 113-130 <https://doi.org/10.1142/S2424862221500159>
- [5] Zeng C, Xing W, Wu Z, et al. A combination of three-dimensional printing and computer-assisted virtual surgical procedure for preoperative planning of acetabular fracture reduction. *Injury* 2016; 47:2223-2227. doi:10.1016/j.injury.2016.03.015.
- [6] Pepper J, Petrou M, Rega F, et al. Implantation of an individually computer designed and manufactured external support for the Marfan aortic root. *Multimed Man Cardiothorac Surg* 2013; 2013:mmt004. doi:10.1093/mmcts/mmt004.
- [7] Bartel, T., Rivard, A., Jimenez, A., Mestres, C. A., & Müller, S. (2018). Medical three-dimensional printing

opens up new opportunities in cardiology and cardiac surgery. *European heart journal*, 39(15), 1246-1254.

[8] Langer, S.G. Challenges for Data Storage in Medical Imaging Research. *J. Digit. Imaging* 2011, 24, 203–207.

[9] Diagnostico por Imagen Nuevas Tecnologias - Miranda Sayago, R; Miranda Sayago, R - IC Editorial – 2022

[10] Role of the orthopaedic surgeon in 3D printing

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888441520301223#bib0445>

[11] DICOM® Publications and DICOM Web™
<https://www.dicomstandard.org/current>.

[12] <https://acortar.link/paPEG6>