

Segmentación de Columna vertebral y órganos asociados

Karen Arcila, Jhoan Sebastián Rojas, Lina Rodríguez, Ana María
Diseño Biomecánico asistido por computador
Universidad Autónoma de Occidente

III. METODOLOGIA

I. INTRODUCCIÓN

La segmentación detallada de la columna vertebral y los órganos asociados es fundamental para una variedad de aplicaciones en el campo del diseño biomecánico. Este proyecto se centra en la aplicación de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes médicas y modelado 3D para lograr una segmentación precisa de las estructuras anatómicas complejas presentes en la región lumbar y renal. La segmentación precisa de las vértebras, discos intervertebrales, médula espinal, riñones y material de osteosíntesis es esencial para diversas aplicaciones clínicas y de investigación, que van desde el diseño de dispositivos médicos hasta la planificación quirúrgica y el análisis biomecánico.

II. OBJETIVOS

- Realizar una segmentación detallada de la columna vertebral y los órganos asociados, así como del material de osteosíntesis.
- Aplicar técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes médicas y modelado 3D para lograr una segmentación precisa de cada estructura anatómica.
- Segmentar cada vértebra, disco intervertebral, médula espinal, riñones, barras estabilizadoras y tornillos transpediculares.
- Realizar mediciones volumétricas de los riñones para evaluar su tamaño y forma.
- Proporcionar documentación exhaustiva del proceso, detallando las metodologías empleadas y las herramientas utilizadas.
- Incluir un análisis de los resultados obtenidos, destacando la precisión de la segmentación y cualquier desafío enfrentado durante el proceso.
- Demostrar comprensión profunda de la anatomía vertebral y de los órganos asociados, así como habilidades técnicas en el procesamiento de imágenes médicas y modelado 3D.

A. Material Osteosíntesis

La segmentación precisa del material de osteosíntesis, como barras estabilizadoras y tornillos transpediculares, es un aspecto crítico en el diseño biomecánico asistido por computadora. Estos dispositivos se utilizan comúnmente en procedimientos quirúrgicos para estabilizar la columna vertebral y corregir deformidades. La capacidad de segmentar y separar adecuadamente estos componentes en imágenes médicas permite una mejor comprensión de su ubicación y relación con las estructuras anatómicas circundantes. En este contexto, se ha desarrollado una metodología específica para la segmentación del material de osteosíntesis, que se describe a continuación en Tabla I.

Paso	Descripción de la Metodología
1	Aplicar un filtro Thersold Scalar para realzar el material de osteosíntesis, incluyendo barras y tornillos.
2	Utilizar el módulo Segmentation Editor de 3D Slicer para aplicar un umbral y segmentar visualmente el material
3	Realizar recortes manuales utilizando herramientas de recorte del Segmentation Editor para separar la barra estabilizadora de los tornillos transpediculares.

B. Riñones

Los riñones son órganos urinarios bilaterales con forma de frijol, ubicados en el retroperitoneo. Se encuentran en los cuadrantes abdominales superior derecho y superior izquierdo. Su forma característica ayuda a su orientación, ya que su borde cóncavo siempre se orienta hacia la línea media del cuerpo. Están situados detrás del peritoneo, el revestimiento de membrana de la cavidad abdominal, y se ubican entre la última vértebra torácica y las tres primeras vértebras lumbares. Los polos superiores de los riñones están parcialmente protegidos por las costillas 11 y 12.



Para la segmentación de los riñones se utilizó la herramienta total-segmentator, la cual segmenta todos los órganos y otras estructuras de manera automática, sin embargo, no es muy preciso a la hora de bordear los contornos de los riñones por lo que se le hace un procesamiento adicional, este procesamiento consiste en suavizar los bordes que anteriormente la herramienta había segmentado, dándoles la forma adecuada.

C. Vertebrae

La segmentación de las vertebrae se llevó a cabo siguiendo estos pasos:

1. Carga de imágenes DICOM y ajuste de contraste:

El primer paso consiste en cargar las imágenes DICOM de la columna vertebral en 3D Slicer. A continuación, deberás ajustar el contraste y el brillo de las imágenes para mejorar la visualización de las estructuras óseas. Existen diferentes herramientas disponibles para este fin, como la ventana/nivel o el ecualizador de contraste.

2. Segmentación automática con Total Segmentator:

Una vez optimizada la visualización de las estructuras, se procede con la segmentación. Para ello, se instala la extensión Total Segmentator en 3D Slicer. Se ejecuta la opción "cuerpo vertebral" que ofrece esta extensión. Tras la segmentación automática, ajusta los parámetros disponibles (umbral, suavidad, conectividad) para obtener un resultado lo más preciso posible.

3. Refinamiento manual de la segmentación:

En la mayoría de los casos, la segmentación automática requerirá de ajustes para corregir errores y mejorar la precisión. 3D Slicer ofrece diversas herramientas de edición como el pincel, el borrador o el cuchillo, que te permitirán editar manualmente la segmentación. Presta especial atención a las zonas donde la segmentación automática falló, como áreas con baja intensidad de señal o bordes difusos.

4. Relleno de huecos y generación de modelos 3D:

Para obtener un modelo 3D sólido, se rellenan los huecos que hayan quedado en la segmentación. Una vez rellenos los huecos, procede a generar los modelos 3D de las vértebras segmentadas en stl.

La calidad de la segmentación depende en gran medida de la calidad de las imágenes DICOM utilizadas. En este caso se veía mucha afectación en los archivos, la distorsión de las imágenes y la complejidad del paciente.

D. Discos

Para segmentar los discos intervertebrales, se utilizó la herramienta *PAIN* en todos los cortes del plano sagital para demarcar el espacio entre cada vértebra. Este proceso permitió definir con precisión los límites de cada disco. Posteriormente, se empleó la herramienta *FILL BETWEEN SLICES* para unir

todas las rebanadas y crear un sólido tridimensional representativo de cada disco intervertebral. Este proceso se repitió para cada uno de los discos intervertebrales presentes en la columna vertebral.

IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Las barras estabilizadoras y los tornillos transpediculares son implantes quirúrgicos utilizados para corregir deformidades de la columna vertebral. En este caso el tratamiento ortopédico de la hipercifosis durante el crecimiento debe estabilizar o corregir la deformación para que el paciente alcance la madurez ósea con un perfil raquídeo y un equilibrio sagital satisfactorios. [1]

En el análisis de los resultados obtenidos respecto al material de osteosíntesis, se observó una adecuada posición y alineación de la barra estabilizadora y los tornillos transpediculares en relación con las vértebras adyacentes.

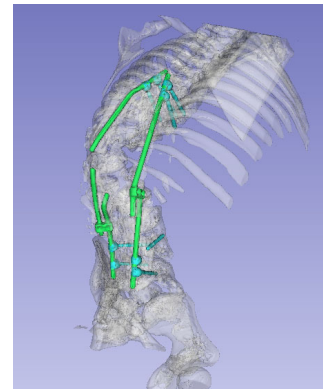


Fig 1. Material Osteosíntesis .

En cuanto al análisis de la segmentación en 3D de los discos intervertebrales en paciente con cifoescoliosis ofrece una valiosa visión biomecánica de la compleja anatomía vertebral en condiciones patológicas [2]. Al examinar los modelos segmentados, se identificó una notable alteración en la morfología de los discos intervertebrales, caracterizada por una mayor curvatura de la columna vertebral y una disminución en el espacio intervertebral en las regiones afectadas por la cifoescoliosis.

La deformidad comienza en los discos intervertebrales, produciendo distorsiones en el cartílago epifisario. Esos cambios pueden influir en el final del crecimiento y por tanto en la deformidad de las vértebras escolióticas, resultando básicamente en acunamiento y rotación de las vértebras. [2]

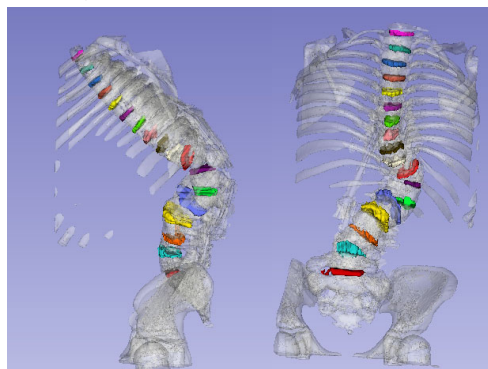


Fig 2. Segmentación discos intervertebrales.

Respecto a la segmentación de los riñones s

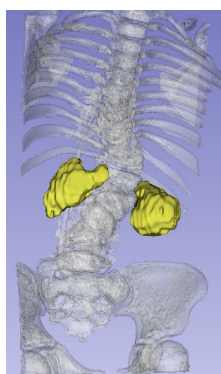


Fig 3. Segmentación Riñones.

Se ha demostrado que el volumen renal normal es de aproximadamente 134 cm³ para el riñón derecho y 146 cm³ para el izquierdo. Dado que el volumen renal tiene buena correlación con el diámetro longitudinal y que las variaciones intra e interobservadores son pequeñas, la medida más utilizada en el riñón es su diámetro longitudinal. [3], [4], [5]

Dentro del análisis volumétrico para la segmentación obtenida

Riñón	Volumen
Izquierdo	149 centímetros cúbicos [4]
Derecho	42,022 centímetros cúbicos

Finalmente, para la segmentación en vértebras se observaron algunas dificultades en la segmentación de las vértebras en las áreas afectadas por la cifoescoliosis. Estas áreas mostraron una mayor variabilidad morfológica y, en algunos casos, fusiones o desviaciones vertebrales que complicaron la segmentación.

Esto resultó en una segmentación menos precisa en comparación con las regiones no afectadas por la deformidad. Se necesitaron ajustes manuales adicionales para mejorar la precisión de la segmentación en estas áreas problemáticas.

La segmentación de las vértebras en pacientes con cifoescoliosis es un proceso complejo debido a la deformidad

de la columna vertebral. Sin embargo, las técnicas usadas fueron de gran ayuda para identificar las estructuras vertebrales.

En cuanto a la médula espinal, la cifoescoliosis, una curvatura anormal de la columna vertebral, puede afectar la médula espinal comprimiéndola, deformándola o alterando su flujo sanguíneo.

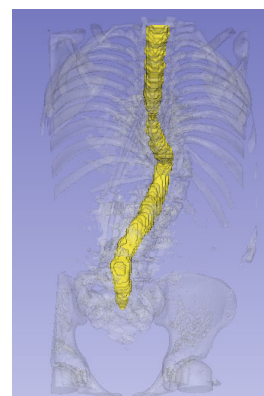


Fig. Medula Espinal.

REFERENCIAS

- [1] B. Henry, C. Garin, K. Abelin-Genevois, D. Fort, y V. Cunin, “Tratamiento ortopédico de la hipercifosis durante el crecimiento”, *EMC - Técnicas Quirúrgicas - Ortopedia y Traumatología*, vol. 15, núm. 4, pp. 1–18, dic. 2023, doi: 10.1016/S2211-033X(23)48395-8.
- [2] J. Duart Clemente, R. Llombart Blanco, y J. L. Beguiristain Gurrpide, “Alteraciones morfológicas en la escoliosis. Estudio en raquis humanos en crecimiento”, *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*, vol. 56, núm. 6, pp. 432–438, nov. 2012, doi: 10.1016/J.RECOT.2012.07.008.
- [3] S. Pampa-Saico *et al.*, “Volumen renal total y función renal en pacientes nefrectomizados por neoplasias renales”, *Nefrología*, vol. 41, núm. 4, pp. 446–452, jul. 2021, doi: 10.1016/j.nefro.2020.10.009.
- [4] M. Rivera Gorrín, R. Haridian, S. Barrios, y R. Mendiola, “Edición del Grupo Editorial Nefrología de la Sociedad Española de Nefrología. Ecografía del riñón normal y variantes anatómicas”.
- [5] H. Hricak y R. P. Lieto, “Sonographic determination of renal volume.”, *Radiology*, vol. 148, núm. 1, pp. 311–312, jul. 1983, doi: 10.1148/radiology.148.1.6344137.