

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AYUDA EN CIRUGÍA ESTEREOTÁCTICA

John Fredy Ochoa, Juan Diego Lemos, Jon Edinson Duque, Luis Carlos Cadavid
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Abstract - La cirugía estereotáctica permite la ubicación de blancos intracraneales con un alto nivel de precisión a partir de imágenes de tomografía computarizada o resonancia magnética. El sistema presentado es la primera fase de un sistema que permitirá mejorar la planeación de tratamientos estereotácticos en el Hospital Universitario San Vicente de Paul, donde actualmente se requiere para el apoyo en la realización de biopsias estereotácticas, tratamiento de quistes parasitarios y abscesos. Este sistema también se proyecta hacia la integración con dispositivos quirúrgicos de manera que pueda servir de apoyo en la enseñanza y entrenamiento de los neurocirujanos y la colocación de electrodos y estimuladores profundos.

I. INTRODUCCIÓN

En los procedimientos de neurocirugía es necesario ubicar de manera precisa elementos en la superficie del cerebro y dentro de este. Esta ubicación se puede realizar en una fase pre-operatoria, o en la operación misma, haciendo uso de herramientas de planeación o navegación respectivamente. La cirugía asistida por computador es el área encargada de la realización de herramientas computacionales que al integrar información pre-operatoria, operatoria y herramientas quirúrgicas, complementan y aumentan las destrezas de los cirujanos de manera que los procedimientos se realicen de una manera mas segura.

Como un área de investigación activa, los sistemas IGS han demostrado facilitar la localización de estructuras objetivo, la definición de la relación anatómica con otras estructuras y la planeación en una etapa pre-operatoria de la trayectoria de mínimo riesgo, por lo que se han utilizado en el tratamiento de tumores intracraneales, malformaciones arteriovenosas, aneurismas, cirugía de epilepsia, endoscopia intracraneal y cirugía de columna [1]. En la resección de tumores cerebrales el uso de estos sistemas ha logrado mayor extracción de tumor, que el tiempo quirúrgico se reduzca y que las complicaciones post-operatorias sean menores [2]. A pesar de las ventajas que ha demostrado hay que tener en cuenta ciertos problemas abiertos por resolver. Uno de los mayores problemas está relacionado con la presentación de la información contenida en las imágenes haciendo uso

de modelos tridimensionales que faciliten la visualización de las relaciones espaciales de los elementos contenidos en las imágenes [3].

El método propuesto por Zernov, a pesar de que no estaba basado en imágenes, constituye el primer referente de cirugía estereotáctica. La introducción de los rayos X, la ventriculografía y angiografía permitieron la localización estereotáctica de lesiones en pacientes humanos. La llegada de la era computarizada con la CT y la MRI permitieron una mayor visualización de las lesiones extendiendo el área de aplicación de los procedimientos estereotácticos [13].

En las siguientes sesiones se indicarán los elementos tenidos en cuenta en el desarrollo del sistema, se mostrarán los resultados obtenidos a la fecha y se realizará una discusión de los resultados a modo de conclusiones.

II. SISTEMA DE AYUDA EN CIRUGÍA ESTEREOTÁCTICA

A. Procesamiento de las imágenes

Las imágenes trabajadas son tomografías computarizadas 3D obtenidas mediante un sistema General Electric multidetector de 64 canales. Las imágenes son obtenidas bajo consentimiento de pacientes que requieren un procedimiento estereotáctico. La figura 1 muestra una visualización multiplano de un estudio de tomografía como los usados en el sistema. Se nota en la figura un conjunto de elementos exteriores al cráneo que constituyen cortes del marco que usa el paciente durante la tomografía.



Figura 1. Visualización multiplanar de un estudio de tomografía para procedimientos estereotácticos.

El procesamiento de las mismas consiste en la aplicación de un filtro no lineal que permite la eliminación del ruido a la vez que se respetan los bordes en la imagen [9], luego de esto el hueso es extraído de manera semi-automática mediante una técnica de umbral. Para la extracción del tumor el médico selecciona un conjunto de puntos sobre el mismo, estos puntos sirven como punto de partida del algoritmo Fast Marching [10]. Este algoritmo ha mostrado ser altamente eficaz en la selección del tejido tumoral frente a otros algoritmos, como el crecimiento de regiones, además de que es posible una manipulación intuitiva del mismo por parte de los neurocirujanos. Los volúmenes segmentados son procesados por el algoritmo de Marching Cubes para obtener una visualización 3D de los mismos [11]. La figura 2 muestra una imagen obtenida mediante los pasos descritos haciendo uso de la plataforma 3DSlicer [12].



Figura 2. Escena para planeación estereotáctica obtenida con el esquema de procesamiento propuesto

B. Planeación con el sistema

La planeación de biopsias estereotácticas consiste en la identificación del posible centro de la lesión a la que se desea llegar. El esquema de procesamiento planteado anteriormente permite obtener una representación tridimensional de la lesión. A partir de este centro es posible definir las coordenadas estereotáctica de la lesión de acuerdo a cálculos que dependen de cada tipo de marco. El marco usado en el sistema, marco Cadavid, es un diseño regional que se utiliza desde hace mas de una década en procedimientos estereotácticos y enseñanza. Este marco se encuentra disponible en un modelo virtual que es posible manipular mediante el software 3DSlicer.

Para ajustar el modelo virtual del marco estereotáctico con el volumen del paciente se hace un proceso de registro semiautomático basado en marcas. En este proceso se seleccionan como marcas del lado del

paciente los tornillos de fijación del marco, en el modelo virtual ya se tienen definidas como marcas las posiciones correspondientes para dichos tornillos. La figura 3 muestra el marco Cadavid registrado con un volumen obtenido por tomografía. Se debe notar que este proceso podría llegar a permitir el uso de otras modalidades de imágenes como la resonancia magnética.



Figura 3. Marco Cadavid registrado al volumen de un paciente.

Una vez conocidas las coordenadas y registrados los volúmenes es posible mediante simples translaciones sobre piezas definidas del marco virtual evaluar el procedimiento estereotáctico a desarrollar dejando todo listo para la posterior conexión electrónica con el marco Cadavid.

El utilizar la plataforma 3DSlicer permite que el sistema no solo esté orientado hacia la cirugía estereotáctica, también permite la conexión con dispositivos de captura infrarroja para educación en neuronavegación.

C. Procedimientos no estereotácticos

Los algoritmos de segmentación, registro y reconstrucción 3D propuestos también permiten trabajar sobre imágenes de resonancia magnética de forma que se puedan planear otros tratamientos, como la resección volumétrica de tumores, mediante la misma herramienta (Figura 4).



Figura 4. Imágenes procesadas de resonancia magnética mediante el software de planeación.

III. RESULTADOS

Se ha diseñado un sistema que permite manipular imágenes médicas en el contexto de planeación esteretotáctica con la posibilidad de extenderse hacia otros procedimientos quirúrgicos al encontrarse el sistema soportado en la plataforma 3DSlicer. Es en esta plataforma donde se ha diseñado interfaces amigables que permiten acceder a los procedimientos necesarios para la planeación. La figura 5 muestra la interfaz usada para acceder a los algoritmos de segmentación. Esta interfaz permite tanto la segmentación por algoritmo de Fast-marching como por umbral. Luego de segmentar la región genera de manera automática el volumen 3D.



Figura 5. Aspecto de la interfaz para la segmentación y construcción de objetos 3D en el sistema de planeación

Las interfaz de registro tiene una presentación similar, esto es, interfaces que a partir de la definición de las imágenes a procesar, y datos necesarios como por ejemplo las marcas de referencia para la segmentación, generan todo el procesamiento ocultando los detalles de ingeniería a los neurocirujanos.

IV. CONCLUSIÓN

Todas las imágenes presentadas en el artículo fueron obtenidas con el sistema desarrollado. Este sistema actualmente se utiliza en el servicio de neurocirugía del Hospital Universitario San Vicente de Paúl para la enseñanza en planeación usando sistemas computacionales. El uso de la herramienta para

planeación ya ha permitido vislumbrar toda una línea de investigación que incluye también el apoyo dentro del quirófano, como en sistemas de navegación, y el apoyo en tratamientos funcionales, como la colocación de electrodos para pacientes con epilepsia.

El éxito radica en la definición de flujos de procesamiento de imágenes que se puedan llevar a interfaces de usuario donde se solicite el mínimo de información al usuario y se esconda al mismo los detalles de procesamiento involucrados.

Se espera que el uso y desarrollo de este tipo de herramientas no solo se vea reflejado en el aumento de la apropiación tecnológica por parte del medio sino también por la mejora de la expectativa de vida de los pacientes con patologías neurológicas.

REFERENCIAS

- [1] K. Aquilina, P. Edwards, and A. Strong, «Principles and Practice of Image-guided Neurosurgery,» Neurosurgery, pp. 123-138: Springer, 2005.
- [2] R. Maciunas, D. Roberts, and G. H. Barnett, Computer-Assisted Neurosurgery: Informa Healthcare, 2005.
- [3] M. P. Terry, «Image-guidance for surgical procedures,» Physics in Medicine and Biology, no. 14, pp. R505, 2006.
- [4] J. Tokuda, G.S. Fischer, X. Papademetris, Z. Yaniv, L. Ibanez, P. Cheng, H. Liu, J. Blevins, J. Arata, A.J. Golby, T. Kapur, S. Pieper, E.C. Burdette, G. Fichtinger, C.M. Tempany, N. Hata, «OpenIGTLink: an open network protocol for image-guided therapy environment» The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, Vol 5, Issue 4, pp.423 – 434
- [5] R. Rojvanit, «Migrating Applications to USB from RS-232 UART with Minimal Impact on PC Software», Microchip Technology Inc. Application Note AN956, 2004
- [6] Robótica: control, detección, visión e inteligencia, cinemática del brazo del robot
- [7] T.D. Alter, «3D Pose from Three Corresponding Points under Weak-Perspective Projection». A.I. Memo No. 1378. Artificial intelligence laboratory, Massachusetts Institute of Technology. p.43. 1992.

- [8] D.F. DeMenthon, L.S. Davis «Model-Based Object Pose in 25 Lines of Code». Computer Vision Laboratory, Center for Automation Research, University of Maryland, European Conference on Computer Vision: pp.335–343. 1992.
- [9] T. S. Yoo, «Nonlinear Image Filtering with Partial Differential Equation» Insight into images: Principles and practice for segmentation, registration and image analysis, 2004.
- [10] J. HEARN. «Competitive medical image segmentation with the fast marching method», in Department of Electrical Engineering and Computer Science. 2008, Case Western Reserve University.
- [11] B. Preim, and D. Bartz, «Fundamentals of Volume Visualization,» Visualization in Medicine, pp. 575-587, Burlington: Morgan Kaufmann, 2007.
- [12] S. Pieper, M. Halle, and R. Kikinis, «3D SLICER.» IEEE International Symposium on Biomedical Imaging ISBI 2004. pp. 632-635.
- [13] A. A. Gorgulho, W. Ishida, A. A. Salles. General Imaging Modalities: Basic Principles. In: Lozano A, Gildenberg P, Tasker R, eds. Textbook of Stereotactic and Functional Neurosurgery: Springer; 2009.