

fMRI Y REFORMATEO CURVILÍNEO: APLICACIONES DEL PROCESAMIENTO DE IMAGENES MÉDICAS PARA LA AYUDA DIAGNÓSTICA

Jon E. Duque, John F. Ochoa, Diego A. Herrera

*Grupo de Investigación en Bioelectrónica e Ingeniería Clínica GIBIC - Universidad de Antioquia.
CEDIMED S.A.*

Resumen— Con la emergente mejora en los equipos de adquisición de imágenes de origen médico junto con el avance en el procesamiento de las mismas ha surgido un conjunto de técnicas y herramientas que ayudan a obtener cada vez más información sobre la anatomía y fisiología del paciente. Muchas de estas técnicas se encuentran disponibles en herramientas de distribución libre y no requieren de laboratorios o estaciones de trabajo con altas dotaciones por lo que resultan aplicables en muchas instituciones de nuestro medio. En el presente trabajo se muestra la aplicación y resultado de dos de estas técnicas: la resonancia magnética funcional y el reformato curvilíneo como fruto del trabajo multidisciplinario entre médicos e ingenieros.

Palabras Claves— Resonancia magnética funcional, Reformato curvilíneo, Procesamiento de imágenes médicas.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los campos en los que la ingeniería ha tenido mayores aportes en las últimas décadas ha sido en el análisis y procesamiento de imágenes, especialmente en áreas como biología y medicina. Aportes que van desde la misma adquisición de las imágenes haciendo que cada vez haya mayor correspondencia entre la imagen real y la digitalizada hasta el postprocesamiento donde hoy se cuenta con un gran número de algoritmos y técnicas sofisticadas de análisis que permiten obtener información muy específica que años atrás resultaba impensable. La imaginología por resonancia magnética (MRI por sus siglas en inglés) es un claro ejemplo, obteniendo una posición privilegiada entre las técnicas de diagnóstico en neuroimagen debido a su alto detalle morfológico y a la capacidad de estudiar muchos procesos fisiológicos [1]. La MRI se basa en las diferentes propiedades que experimenta el tejido humano ante un campo magnético. En particular, la ocurrencia del núcleo de hidrógeno en los diferentes tejidos es aprovechada para construir la imagen [2]. Debido a los diferentes parámetros involucrados en la adquisición de MRI se puede hacer un control sobre estos para obtener diferentes secuencias de adquisición

que permitirán focalizarse en ciertos aspectos de la imagen. Por ejemplo, se puede utilizar una secuencia de adquisición muy rápida que permite registrar todo el parénquima cerebral en pocos segundos, la eco planar EPI (*Echo Planar Imaging*), útil en la resonancia magnética funcional (fMRI). También está la secuencia gradiente eco 3D MPRAGE (*Magnetization Prepared Rapid Acquisition GRE*) caracterizada por ser una secuencia rápida, con señal de alta intensidad y alto contraste útil para hacer reconstrucciones 3D del volumen necesario en técnicas como el reformato curvilíneo.

Con el advenimiento de la fMRI se ha abierto la posibilidad de obtener, localizar y registrar los resultados de las activaciones cerebrales bajo diferentes estímulos o tareas con imágenes anatómicas de alta resolución. De esta forma, surge una revolucionaria técnica neurofuncional no invasiva, con todas las ventajas de la RMI. La fMRI es ahora una poderosa herramienta de investigación en neurociencias y de diagnóstico médico, usada para localizar áreas cerebrales elocuentes implicadas en el control de funciones especializadas, como la motricidad, lo sensitivo, el lenguaje, la audición, la visión y otros procesos cognitivos más complejos, por ejemplo, la memoria y procesos afectivos, tanto en cerebros normales como en patológicos [1].

El reformato curvilíneo de información volumétrica de RMI es una técnica bien establecida para crear y mostrar planos convexos seriados paralelos a la superficie cortical [3]. El método ha sido especialmente propagado para la investigación de malformaciones corticales focales en la evaluación de pacientes candidatos a cirugía de epilepsia. Al comparar el método con los cortes ortogonales convencionales se han encontrado varias ventajas como la superioridad para demostrar la estructura de las circunvoluciones en las convexidades hemisféricas y el incremento en la detección de lesiones de displasias focales sutiles [4]. La mejora de esta técnica ha alcanzado la reconstrucción de

superficies cerebrales en 3D a diferentes profundidades facilitando su visualización y por ende mejorando el diagnóstico y potenciando su uso en la planeación de intervenciones quirúrgicas [4-5].

En el presente artículo será objeto de discusión la implementación de estas dos técnicas en un conjunto de casos clínicos y los resultados obtenidos como fruto de la experiencia de un trabajo conjunto entre la bioingeniería y la medicina.

II. METODOLOGÍA

A. Resonancia magnética funcional

Imágenes funcionales fueron adquiridas en un resonador de 1.5 Tesla bajo la secuencia eco planar EPI (Echo Planar Imaging), especialmente diseñada para fMRI por ser una secuencia rápida que puede registrar toda el parénquima cerebral en pocos segundos. El diseño del estudio consiste en un sistema por bloques en el cual el sujeto realiza un paradigma alternando un estado de reposo con una condición activa (por ejemplo generar verbos, leer, completar frases, memorizar escenas visuales complejas, etc.). Posteriormente se realiza un postproceso en SPM8 (Wellcome Dept. Cogn. Neurol, London; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>) donde se correlaciona la señal de cada voxel con el modelo matemático de la respuesta hemodinámica y con el diseño en bloques del experimento, para generar mapas estadísticos que serán registrados con las imágenes anatómicas. Dicho postproceso incluye realineación de todos los volúmenes funcionales adquiridos durante el experimento, registro de las imágenes funcionales con las anatómicas, segmentación de GM, normalización de este tejido con respecto a una plantilla personalizada, suavizado de las imágenes normalizadas y finalmente diseño de una prueba estadística, test t de Student en el marco del modelo lineal general (GLM), para obtener un mapeo del cerebro donde se resalta aquellas zonas activadas durante la prueba del paradigma [6]. En la Figura 1 se ilustra la metodología.

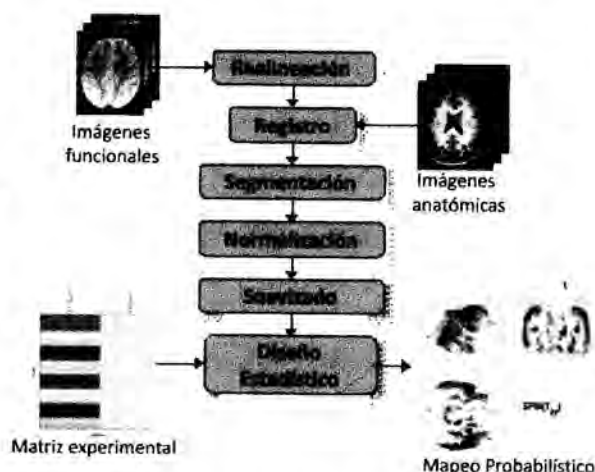


Figura 1. Metodología utilizada en la práctica de fMRI

B. Reformateo Curvilíneo

Imágenes adquiridas por resonancia magnética y potenciadas en T1 son registradas y llevadas a un mismo espacio anatómico con respecto a una plantilla personalizada utilizando SPM8 como herramienta de cálculo. Luego, la imagen es segmentada en GM, WM y CSF obteniéndose un mapa probabilístico de estos tres tejidos. Estos mapas, GM, WM y CSF, son sumados mediante la herramienta ImCalc de SPM8 y suavizados obteniéndose una primera máscara de la superficie del encéfalo. Las posteriores máscaras corresponden a diferentes profundidades, 2 mm entre cada una, del

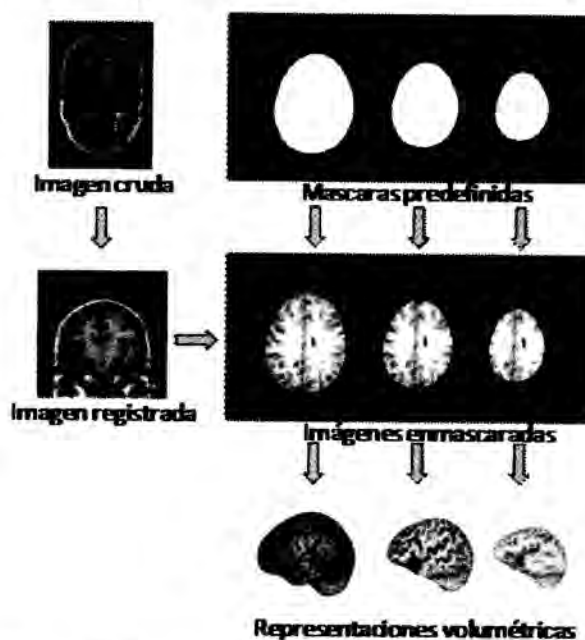


Figura 2. Esquema de la metodología utilizada para la implementación de reformateo curvilíneo.

cerebro que se obtienen después de un proceso de suavizado y filtro por umbral. Cada máscara es aplicada a la imagen del paciente y al resultado se le hace una reconstrucción tridimensional con la herramienta de libre distribución MedInria (Asclepios Research Project - INRIA Sophia Antipolis; <http://www.sop.inria.fr/asclepios/software/MedINRIA/>). Al final se obtienen representaciones volumétricas del encéfalo a diferentes profundidades. La figura 2 ilustra la metodología implementada.

Aunque el proceso es bastante automatizado se recomiendan los dos pasos de verificación, con la posible corrección de errores. Dadas las variaciones de tamaño entre poblaciones y edades es necesario generar una corrección de los volúmenes obtenidos luego del registro con el atlas probabilístico, esto es lo que se realiza en el último paso del protocolo.

III. RESULTADOS

Las anteriores técnicas han sido aplicadas en el ámbito clínico en un trabajo conjunto entre ingenieros y médicos. Tomando casos con patologías o simplemente sujetos control para evaluar la efectividad y uso de la técnicas.

Así por ejemplo en fMRI se tomó un voluntario sano adulto a quien se le aplicó un paradigma de movimiento al pedirle que presionara su mano izquierda por 12 segundos, luego la derecha por el mismo tiempo y finalmente guardara reposo por otros 12 segundos. El experimento se repitió en varias ocasiones y al final se estudió las zonas del cerebro donde se ve representado mayormente el movimiento de la mano izquierda frente al de la derecha. La figura 6 muestra los resultados del análisis donde se aprecia que el área motora derecha en la corteza y el cerebelo presentan actividad, que era lo que se esperaba.

La técnica de reformato curvilíneo fue implementada en un paciente con un caso de polimicrogiria. El método ayudó a saber la profundidad de los surcos y a tener una visión más clara de las circunvoluciones (Figura 7). En general el reformato curvo ofrece una visualización superior de la relación topográfica entre las lesiones y las regiones corticales en comparación a la visualización de cortes transversales que tradicionalmente se maneja. Ayuda a detectar malformaciones corticales sutiles y a evaluar la extensión espacial de las lesiones, resultando esto último de gran importancia en la planeación de intervenciones quirúrgicas y tratamiento de lesiones.

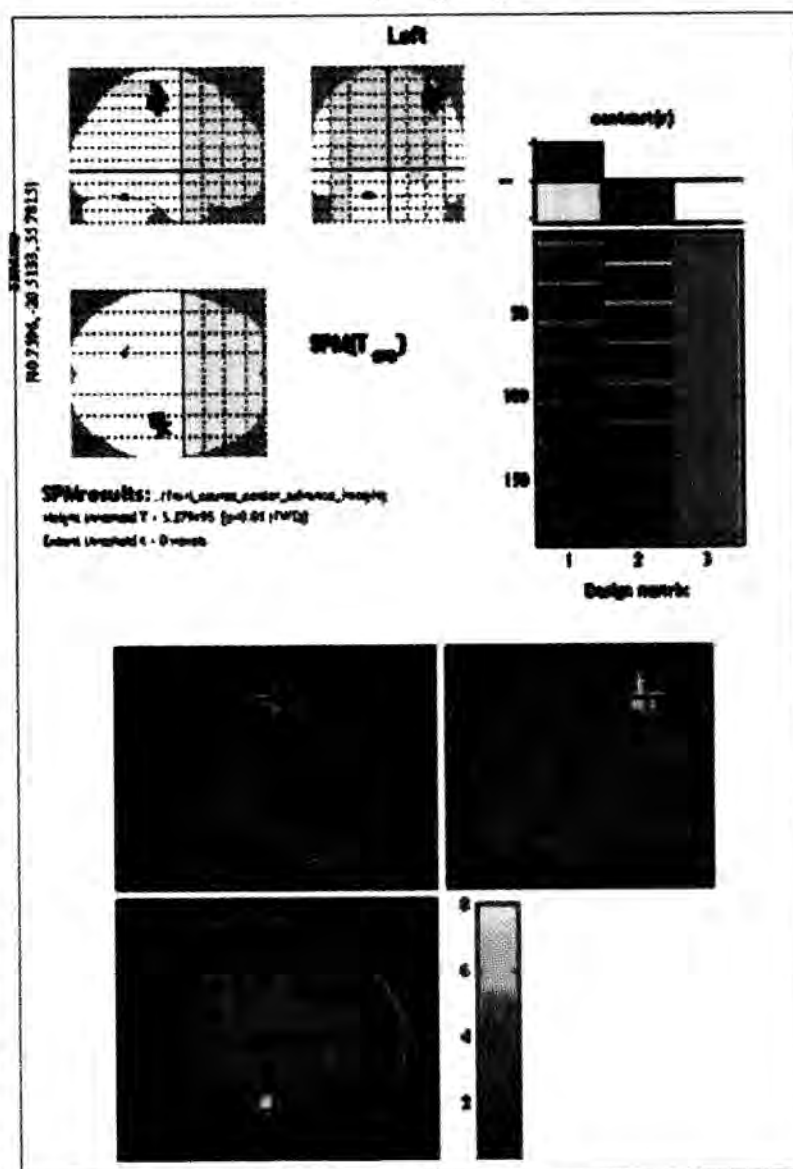


Figura 6. Resultado de fMRI después de aplicar un paradigma de movimiento en un sujeto sano.

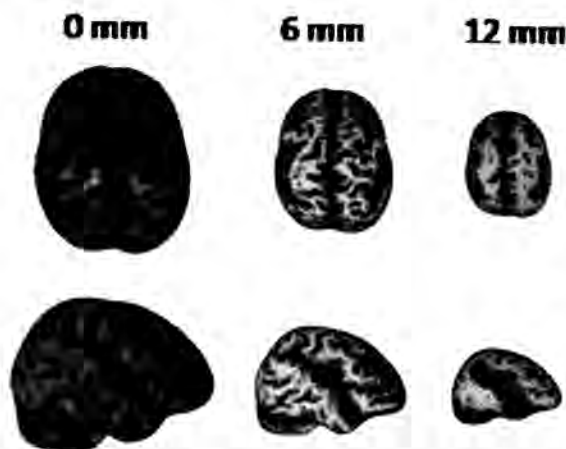


Figura 7. Resultados de aplicar la metodología de reformateo curvilíneo a un paciente con polimicrogria.

IV. CONCLUSIONES

Como se expuso en la metodología, las técnicas aplicadas resultan de un flujo de procesos bien definidos dentro de los que se encuentran registro, segmentación, normalización, filtro, suavizado etc., que comúnmente se suelen aplicar en el procesamiento y análisis de imágenes en áreas como robótica, automatización, ingeniería de control, entre otros. Pero debido a que en este caso se está trabajando con sistemas fisiológicos hay un grado mayor de complejidad por lo que resulta casi inabordable el procesamiento de una imagen médica con las técnicas de procesamiento convencionales. A raíz de esto aparece una rama de procesamiento de imágenes enfocada a la medicina que toma estas técnicas y las transforma para ser aplicables al campo clínico. Muchas de estas técnicas están disponibles dentro de herramientas de distribución libre, además, no requieren

de laboratorios con altas dotaciones por lo que resultan aplicables y asequibles en muchas instituciones de nuestro medio. Se resalta, que debido a la complejidad de estas técnicas es necesario el trabajo conjunto entre ingenieros y médicos para sacar el mayor provecho de estos desarrollos y hacer del diagnóstico un proceso cada vez más eficiente y exacto.

V. REFERENCIAS

- [1] J. A. R. Delgado, Simón; Sanz, Alexander; Castrillón, Juan Gabriel, «Introducción práctica a la resonancia magnética funcional cerebral (RMF).» *Revista Colombiana Radiología*, vol. 19, pp. 2300-9, 2008.
- [2] B. Preim and D. Bartz, *Visualization In Medicine Theory, Algorithm and Applications*. USA, 2007.
- [3] A. C. Bastos, Comeau, R.M., Andermann, F., Melanson, D., Cendes, F., Dubeau, F., Fontaine, S., Tampieri, D., Olivier, A., «Diagnosis of subtle focal dysplastic lesions: curvilinear reformatting from three-dimensional magnetic resonance imaging.» *Ann. Neurol*, vol. 46, pp. 99-94, 1999.
- [4] H. J. Huppertz, *et al.*, «Automatic curvilinear reformatting of three-dimensional MRI data of the cerebral cortex.» *Neuroimage*, vol. 39, pp. 80-86, 2008.
- [5] O. Musse, *et al.*, «Data-driven curvilinear reconstructions of 3D MR images: application to cryptogenic extratemporal epilepsy.» *Magnetic Resonance Imaging*, vol. 16, pp. 1227-1235, 1998.
- [6] J. P. J D Gispert, S Reig, P García-Barreno, M Desco, «Mapas de estadísticos paramétricos (SPM) en medicina nuclear.» *Rev. Esp. Med. Nuclear*, vol. 22, pp. 43-53, 2003.