



# Segmentación de la Arteria Cerebral Media Hiperdensa en Imágenes de TC como Signo para la Detección Temprana de Infarto Cerebral

García Felipe, Gordillo Nelly

Programa de Ingeniería Biomédica, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

## Resumen

Mediante el uso de técnicas de procesamiento de imágenes médicas se propuso la implementación de algoritmos que permiten la segmentación automática de la arteria cerebral media hiperdensa (ACMH) en casos clínicos patológicos de Tomografía Computarizada sin contraste que sirvan como una primera fase en el desarrollo de una herramienta exacta y eficiente de apoyo para la detección temprana de infarto cerebral. Se propuso un algoritmo totalmente automatizado para la delimitación de volúmenes de interés y segmentación de la ACMH, además de mejorar algoritmos de pre-procesamiento como lo son el *Skull stripping* y la extracción del plano sagital medio utilizados por Davis et al. [1]. Los resultados obtenidos muestran una eficiencia en el diagnóstico superior al 99% y un alto grado de correlación (mayor al 92%) en comparación con segmentaciones manuales hechas por radiólogos especialistas.

## Introducción

Las enfermedades cerebrales vasculares (ECV) representan la primera causa de discapacidad a nivel mundial y la tercera causa de muerte en México [2]. El ictus isquémico o infarto cerebral es una de las ECV con mayor frecuencia y se debe al cese de flujo sanguíneo a una zona específica del cerebro debido a un bloqueo en la arteria encargada de irrigarla. Identificar la presencia temprana de un infarto cerebral es de vital importancia, ya que el tejido afectado puede ser rescatado dentro de las primeras horas después de iniciar el ictus isquémico [3]. A pesar del desarrollo de nuevas modalidades de imágenes como la resonancia magnética nuclear, angiografía y tomografía por emisión de positrones, la tomografía computarizada sin contraste, debido a su accesibilidad, continúa siendo la principal técnica de imagen para realizar estudios en caso de sospechar un infarto cerebral.

La arteria cerebral media hiperdensa constituye uno de los signos tempranos de un posible infarto cerebral debido a su prevalencia en las imágenes de tomografía computarizada dentro de los primeros 90 minutos después de iniciar el infarto [4]. La temprana detección de este signo favorece a que se inicie una terapia más efectiva, pudiendo rescatar la zona isquémica dentro de las primeras horas.

## Objetivos

El principal objetivo de este trabajo fue la segmentación de la arteria cerebral media hiperdensa en imágenes de TC con el fin de utilizarla como indicador para la detección temprana de un posible infarto cerebral. Como objetivos específicos se tuvieron:

- Implementar y mejorar el algoritmo de acondicionamiento de las imágenes de TC [1] para cada uno de los casos clínicos disponibles.
- Caracterizar la arteria cerebral media hiperdensa.
- Segmentar la arteria cerebral media hiperdensa mediante el uso de técnicas de procesamiento de imágenes.

## Metodología

### Materiales

Los materiales utilizados para la elaboración de este proyecto constan de un equipo de cómputo portátil con el software Matlab 2014 y un conjunto de casos clínicos, tanto patológicos como no patológicos y cuyas propiedades se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de los casos clínicos empleados.

Campo	Valor
Formato	DICOM
Ancho	512 pixeles
Altura	512 pixeles
Profundidad (bits)	12
Tipo de color	Escala de grises
Re-escalar de intercepción	-1024
Re-escalar de pendiente	1

### Adquisición de imágenes en Matlab e implementación de algoritmos de pre-procesamiento

Con el fin de procesar las imágenes de interés de cada uno de los casos clínicos se extrajo la información presente en los archivos DICOM para la creación de matrices haciendo uso de comandos en Matlab.

La posterior implementación de algoritmos de pre-procesamiento como lo son el *Skull stripping* (Figura 1) y la extracción del plano sagital medio (Figura 2) permitió el acondicionamiento de las imágenes, además de eliminar información irrelevante en las mismas.

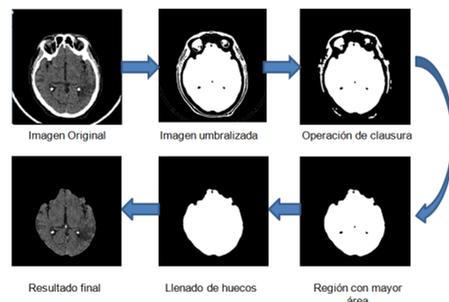


Figura 1. Procedimiento realizado para la remoción del cráneo (*Skull stripping*) en los cortes de cada caso clínico.

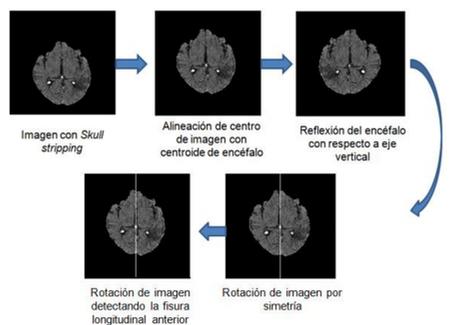


Figura 2. Procedimiento realizado para la extracción del plano sagital medio en los cortes de cada caso clínico.

### Delimitación de volúmenes de interés, caracterización y segmentación de la ACMH.

Se tomó como volumen de interés a aquella región en la que se ubica la cisterna supraselar ya que en esta estructura es posible encontrar la arteria cerebral media. Su caracterización fue por medio de intensidad (52–80 UH), características morfológicas y ubicación anatómica. Finalmente, se utilizaron el método de crecimiento por regiones y contornos activos para su segmentación.

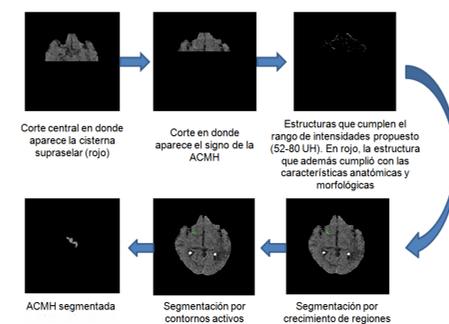


Figura 3. Procedimiento para la segmentación de la ACMH.

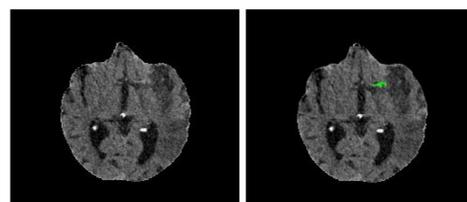


Figura 4. ACMH segmentada en uno de los casos clínicos (en verde).

## Resultados

Tanto el algoritmo de *Skull stripping* como el de extracción del plano sagital medio funcionaron satisfactoriamente en todos los casos. En cuanto a la delimitación de volúmenes de interés, en todos los casos logró detectarse la cisterna supraselar y, a partir de esta, delimitar la región de interés.

Los criterios de selección propuestos a partir de la caracterización de la ACMH permitieron discriminar correctamente aquellas estructuras que no cumplían con dichos criterios, por lo que se obtuvo un alto grado de correlación entre las estructuras segmentadas mediante el algoritmo diseñado y aquellas segmentadas manualmente con la ayuda de un especialista. La eficiencia global del algoritmo se obtuvo experimentalmente y fue de 99%. A continuación se muestran dos tablas con los resultados obtenidos en cuanto a características (Tabla 2) y parámetros de validación de pruebas diagnósticas (Tabla 3).

Tabla 2. Características finales obtenidas de las estructuras segmentadas por el algoritmo.

Caso	Corte ACMH	Intensidad promedio (UH)	Grado de correlación	Longitud (mm)	Volumen (mm <sup>3</sup> )
1	22	48	93%	9	20.25
2	17	51	94%	7	25.5
3	24	51.2	95%	6	45.75
4	21	49.9	96%	3	18
5	28	49.58	94%	5	11.25
6	29	49.5	93%	3	12.75

Tabla 3. Resultados obtenidos de la evaluación de pruebas diagnósticas del algoritmo diseñado.

Caso clínico	Número de cortes	VP	VN	FP	FN	S	E	VPP	VPN	Eff
1	65	1	62	0	0	1	1	0.5	1	1
2	63	1	62	0	0	1	1	1	1	1
3	61	1	60	0	0	1	1	1	1	1
4	62	1	61	0	0	1	1	1	1	1
5	60	1	59	0	0	1	1	1	1	1
6	62	1	61	0	0	1	1	1	1	1
Global (50 casos clínicos)										
Casos clínicos	Número de cortes	VP	VN	FP	FN	S	E	VPP	VPN	Eff
50	3058	6	3049	2	0	1	1	1	1	0.99

## Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye que:

1. El algoritmo de *Skull stripping* lleva a cabo de manera precisa su función ya que logra retirar todas las estructuras no encefálicas en los casos clínicos.
2. El algoritmo de extracción del plano sagital medio fue claramente mejorado ya que el rango de funcionamiento en cuanto a rotación con respecto a la imagen original va de  $-75^\circ$  a  $75^\circ$ , lo cual fue una mejora considerable con respecto al algoritmo de Davis et al. [1] cuyo rango va de  $-15^\circ$  a  $15^\circ$ .
3. La delimitación de volúmenes de interés, al basarse en la detección de la cisterna supraselar, permitió delimitar de manera adecuada los cortes en los que se implementaría el algoritmo de búsqueda de la ACMH.
4. La caracterización y segmentación de la ACMH fue exitosa en los 6 casos patológicos disponibles. Obteniendo un grado de correlación superior al 92% y una eficiencia global del 99%.

## Referencias

- [1]. A. Davis, N. Gordillo, S. Andrade, E. Sifuentes, "Fast algorithms for the automatic skull stripping and mid-sagittal plane extraction in neurologic CT images", Memorias del Congreso Nacional De Ingeniería Biomédica 2014, pp. 168-171., 2014.
- [2]. C. Cantu, J. Ruiz, A. Arauz, "Factores de riesgo, causas y pronósticos de los tipos de enfermedad vascular cerebral en México: Estudio RENEVASC", Revista mexicana de neurociencia, Septiembre 2011.
- [3]. C. Riedel, P. Zimmermann, R. Stinger, "The Importance of Size Successful Recanalization by Intravenous Thrombolysis in Acute Anterior Stroke Depends on Thrombus Length", Stroke, 42:1775-1777, 2011.
- [4]. T. Nakatsuka, M. Kurotsuchi, H. Morita, "Can 5-mm Axial CT Images Sufficiently Depict the Hyperdense Middle Cerebral Artery Sign in Patients with Acute Brain Ischemia?", Open Journal of Radiology, pp. 196-200, 2013.