

Dra. Ana Laura Vargas Guzmán<sup>1</sup>  
 Dr. Francisco Ayala González<sup>1</sup>  
 Dra. Karla Bertha Sánchez Vargas<sup>1</sup>

# Determinación de la perfusión cerebral mediante el análisis densitométrico por medio de la tomografía craneal en pacientes hospitalizados por EVC isquémico

## RESUMEN

**Objetivo.** Valorar tempranamente la perfusión cerebral mediante tomografía, en pacientes con EVC isquémico, detectando el área de penumbra para disminuir la mortalidad y las secuelas.

**Material y métodos.** Estudio observacional, transversal, retrospectivo y descriptivo. Se incluyeron, por muestreo probabilístico, 50 pacientes con diagnóstico de EVC isquémico. Se utilizó un tomógrafo helicoidal multicorte Siemens® *Sensation 16* (16 cortes).

**Resultados.** De los 50 pacientes: el área de penumbra fue mayor que la del tejido dañado en 48%, en 32% se presentó el caso contrario. En 20% de los pacientes ambas áreas fueron iguales, involucrando mayormente los lóbulos frontal y parietal (28 y 24%, respectivamente). La afección se presentó más en pacientes del género masculino (56%) que de género femenino (44%). El pico más alto de frecuencia se dio en el rango de edad entre los 53 y los 79 años (70% de los pacientes). En la escala de Glasgow 28 pacientes (56%) estuvieron en el rango de

9 a 13 y también 56% padecía hipertensión arterial sistémica, diabetes mellitus y obesidad.

**Conclusión.** Con los avances tecnológicos en neuroimagen (perfusión cerebral por tomografía) se proporcionan un diagnóstico y un tratamiento oportuno reduciendo la mortalidad y las secuelas.

**Palabras clave:** evento vascular cerebral isquémico, penumbra isquémica, perfusión cerebral por tomografía, factores de riesgo, tratamiento oportuno.

Continúa en la pág. 85

<sup>1</sup>Hospital Regional "General Ignacio Zaragoza", Calzada Ignacio Zaragoza, No 1711, Col. Ejército Constitucionalista, 09220, México D.F.  
 Copias (copies): Dra. Ana Laura Vargas Guzmán E-mail: alavagu@gmail.com

## Agradecimiento especial

*Principalmente a Dios por haberme dado unos padres maravillosos, un esposo comprensivo, a los mejores hermanos y unos maestros excelentes. Gracias a todos ellos, que han sido pilares fundamentales en mi vida y que gracias a su apoyo, comprensión, paciencia, confianza, fortaleza, enseñanzas y sobre todo, a su amor incondicional, es que he logrado todo lo que soy hasta ahora. A todos ellos mil gracias.*

## Introducción

Se le llama EVC (evento vascular cerebral) a cualquier trastorno del encéfalo, focal o difuso, transitorio

o permanente, causado por trastornos en la circulación cerebral vascular. Se presenta como un proceso agudo con los síntomas y signos característicos de la región afectada. Según la OMS, el EVC es el desarrollo rápido de signos clínicos de disturbios de la función cerebral o general, con síntomas que persisten 24 horas o más y que llevan a la muerte con ninguna otra causa evidente que el origen vascular, se clasifica en isquémico y hemorrágico (Figura 1).<sup>1</sup> En EU es causa de aproximadamente 200 mil muertes al año y es también causa importante de incapacidades. Su frecuencia aumenta con la edad. En México también es causa importante de incapacidades permanentes y, en muchas ocasiones, de muerte. Se le considera una enfermedad de pacientes de edad avanzada; sin embargo, llega a afectar también a niños y a jóvenes. Representa de 10 a 12% de la mortalidad en los países industrializados

## ABSTRACT

**Purpose.** Evaluate cerebral perfusion early using tomography, in patients with ischemic EVC, detecting the penumbra to reduce mortality and sequelae.

**Material and methods.** An observational, transversal, retrospective and descriptive study. Fifty patients with diagnosis of ischemic EVC were included by probabilistic sampling. A

Siemens® Sensation 16 (16 sections) multislice helical tomograph was used.

**Results.** Of the 50 patients: the penumbra was larger than that of damaged tissue in 48%, in 32% the opposite was true. In 20% of the patients the areas were equal, mostly involving the frontal and parietal lobes (28 and 24%, respectively). The condition occurred more in male patients (56%) than in female patients (44%). The highest frequency peak was seen in the 53 to 79 year age group (70% of

patients). On the Glasgow scale 28 patients (56%) were in the 9 to 13 range and 56% presented systemic arterial hypertension, diabetes mellitus, and obesity.

**Conclusion.** Technological advances in neuroimaging (cerebral perfusion by tomography) provide opportune diagnosis and treatment, reducing mortality and sequelae.

**Key words:** Ischemic stroke, ischemic penumbra ischemic, cerebral perfusion by tomography, risk factors, opportune treatment.

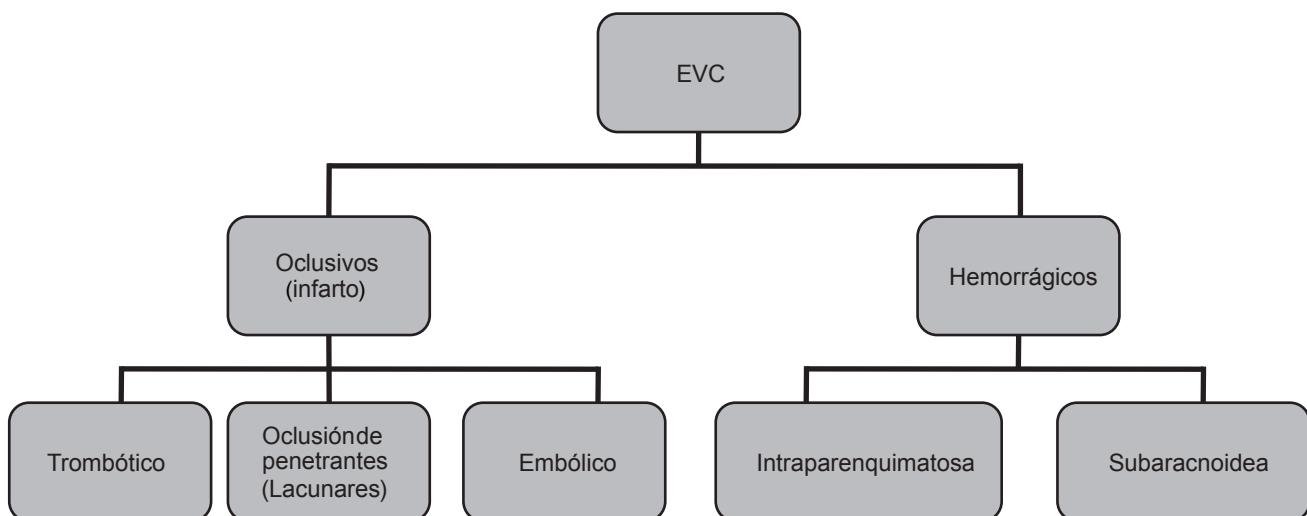


Figura 1. Clasificación de EVC.

donde es la tercera causa de muerte y la primera de invalidez; 88% de los casos se presenta en personas mayores de 65 años. Hay una incidencia mayor en la población masculina (1.1 a 2.2%) y ésta es también mayor entre la población afroamericana comparada con la anglosajona. Aproximadamente de 80 a 90% de las enfermedades cerebrovasculares son de origen isquémico u oclusivo arterial y de 10 a 15% se debe a una hemorragia intracraneana espontánea.<sup>2</sup>

El daño cerebral por isquemia es resultado de la reducción del riego sanguíneo al cerebro de manera local o difusa, esto provoca hipoxia en el tejido cerebral y glucólisis anaeróbica. La isquemia inhibe la transmisión sináptica como resultado de la membrana depleta del neurotransmisor por falta de ATP; dicho trastorno puede

revertirse. A continuación ocurren cambios estructurales de la membrana neuronal durante los cuales se agotan los fosfatos de alta energía y se pierde el equilibrio iónico dentro de la célula. Se presentan cambios bioquímicos complejos que contribuyen al aumento del volumen celular y a la muerte de las neuronas.<sup>2</sup>

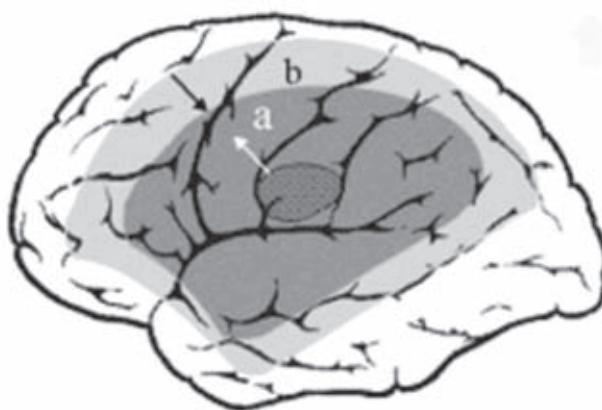
### Área de penumbra

Después de establecida una agresión aguda al sistema nervioso central (SNC), como ocurre en las afecciones vasculares y los traumatismos, se pueden distinguir en el encéfalo al menos dos áreas: una central con daño estructural irreparable que, por tanto, muere, y otra área periférica que podría recuperar la función perdida conocida habitualmente como 'pe-

numbra' (Imagen 1). Ésta última es de gran interés en la práctica médica pues su tamaño supera al del área central y se correlaciona mejor con las alteraciones funcionales neurológicas observadas en la clínica. En esta zona se produce un daño funcional que puede ser potencialmente reversible y, por lo tanto, se le considera como la única área tratable. La duración del problema es relevante para determinar si se podrían aplicar medidas terapéuticas efectivas. En general, existe consenso en que el área de penumbra es una región de tejido encefálico con daño funcional en riesgo de afectarse irreversiblemente pero potencialmente viable y, por tanto, tributaria de aplicar medidas terapéuticas oportunas<sup>3</sup> (Imagen 1).

Ninguna célula puede sobrevivir a un estado prolongado de isquemia; cualquier recuperación sólo es posible cuando se ha restaurado el flujo sanguíneo normal. La disminución del FSC (flujo sanguíneo cerebral) inicial va dando lugar a la reperfusión. Se ha comunicado la disminución del FSC en 100% de los pacientes dentro de las primeras 9 horas del comienzo de un cuadro isquémico, en 83% a las 12 horas, en 57% a las 24 horas y en entre 45 y 35% de los pacientes dentro de los 3 a 4 días siguientes.<sup>3</sup>

El propósito de este trabajo fue investigar la determinación de la perfusión cerebral, mediante el análisis densitométrico por medio de la tomografía, en pacientes hospitalizados por evento vascular cerebral isquémico en el Hospital Regional "General Ignacio Zaragoza" del ISSSTE. El objetivo fue diagnosticar tempranamente la isquemia cerebral y, en consecuencia, ofrecer un tratamiento oportuno y así evitar secuelas irreversibles. La estrecha ventana terapéutica y el número reducido de pacientes que se benefician de los actuales protocolos de tratamiento son los dos grandes factores que han



**Imagen 1.** Áreas de infarto. Área central con lesión estructural (pannecrosis). La periferia del infarto se divide en dos áreas en penumbra. a) en peligro de necrosarse por extensión de la zona central y b) con daño funcional que evolucionará hacia la normalidad.

hecho reconocer la necesidad de obtener mayor información acerca de la fisiología del tejido cerebral durante el evento vascular cerebral. Esto conlleva a utilizar imágenes de avanzada tecnología como la tomografía axial computada para la perfusión de los pacientes y la convierte en una herramienta fundamental que aporta información fisiológica clínicamente relevante en la determinación de la penumbra isquémica (tejido potencialmente recuperable) y del área central con daño estructural irreparable. Estudios recientes han demostrado que la determinación de las áreas mencionadas permite extender la ventana terapéutica y permite tomar mejores decisiones en cuanto al tratamiento para obtener resultados favorables y los mayores beneficios para el paciente a largo plazo.<sup>4-7</sup>

## Objetivos

### Objetivo general

Correlacionar el diagnóstico clínico con el tomográfico en los casos de cambios vasculares de tipo isquémico en la perfusión cerebral. Identificar tempranamente el tejido cerebral recuperable para que el paciente pueda recibir un tratamiento oportuno y disminuir la mortalidad y las secuelas.

### Objetivos específicos

1. Valorar la perfusión cerebral en pacientes hospitalizados con diagnóstico de evento vascular cerebral isquémico.
2. Detectar tempranamente el área de penumbra (tejido cerebral potencialmente recuperable) y el área de tejido dañado irreversiblemente.
3. Determinar los sitios anatómicos más afectados en este tipo de padecimiento y en este grupo poblacional.
4. Establecer los factores de riesgo más comúnmente encontrados en este estudio como son: sexo, edad, afecciones asociadas (edad, diabetes mellitus, hipertensión arterial y obesidad) para tomarlas en cuenta en el momento de solicitar el estudio de perfusión cerebral por TC.
5. Establecer la puntuación más frecuente, en pacientes con diagnóstico clínico de EVC isquémico, de acuerdo con la escala de Glasgow.

## Material y métodos

Se trata de un estudio observacional, transversal, retrospectivo y de tipo descriptivo, en donde se incluyeron por muestreo probabilístico a 50 pacientes que ingresaron por el Servicio de Urgencias al Hospital Regional General Ignacio Zaragoza del ISSSTE, con diagnóstico clínico de EVC isquémico. Se seleccionaron sólo derechohabientes del ISSSTE con factores de riesgo para presentar el padecimiento (edad y, principalmente,

diabetes mellitus, hipertensión arterial y obesidad) y que tuvieran antecedentes de EVC isquémico.<sup>8</sup>

Mediante un muestreo lo suficientemente amplio de las densidades encefálicas podemos elaborar un histograma de frecuencia de densidades en el que la mayor probabilidad de observar o identificar el trabajo realizado radicará en el límite mínimo de la curva. El parénquima estaría representado por la media aritmética quedando así definido el funcionamiento o trabajo del sistema cerebroespinal (Figura 2).<sup>9</sup>

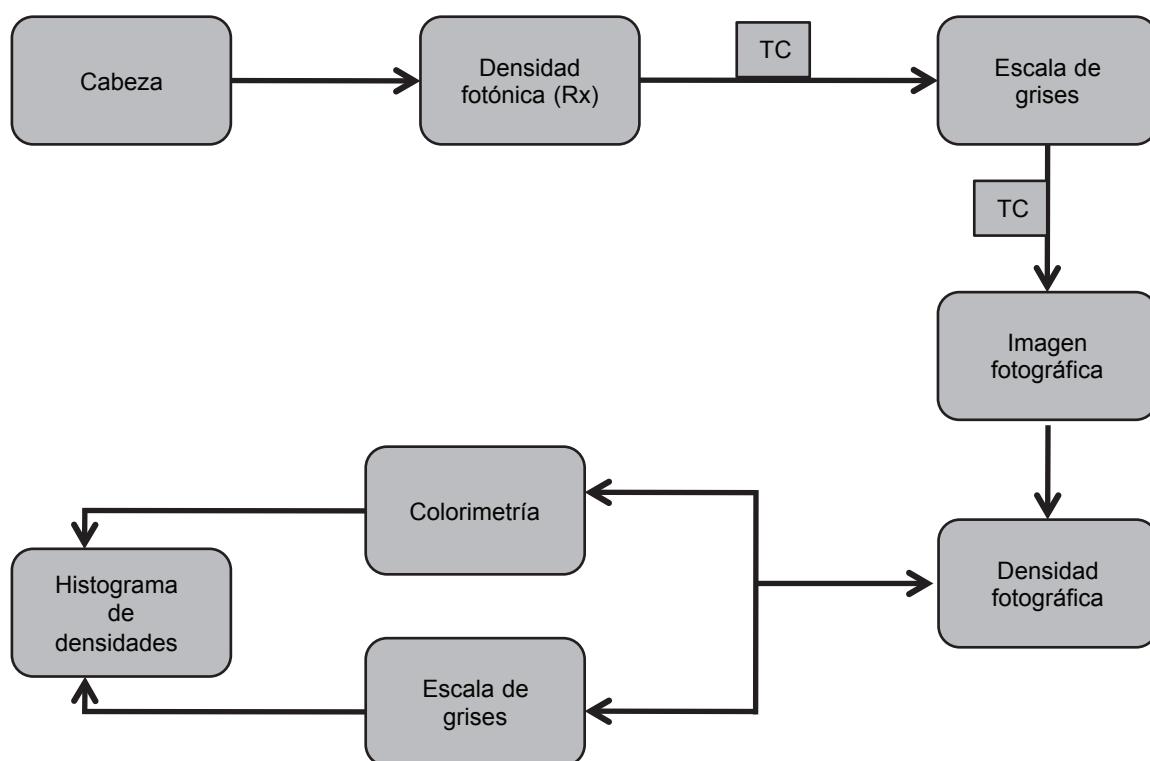
Se obtienen cuatro categorías o patrones densitométricos básicos: a) patrón de normalidad: existe un equilibrio entre las actividades arterial, parenquimatosa y venosa, moviéndose éstas entre los valores normales; b) patrón de infarto cerebral establecido sin actividad arterial, venosa ni parenquimatosa por necrosis del tejido cerebral; c) patrón por déficit de perfusión o isquemia en el que la actividad arterial está discretamente aumentada (con un aumento también de la actividad o drenaje venoso) pero donde se mantiene la actividad del parénquima dentro de la normalidad, conservándose la capacidad de reserva hemodinámica y, por último, d) un patrón de dificultad extrema de perfusión o de no reserva en que a pesar de producirse una hiperactividad arterial al límite se observa una caída de la actividad o drenaje venoso.<sup>10,11</sup>

El método utilizado para valorar la perfusión cerebral en nuestros pacientes se basa en la aplicación de los principios fisiológicos antes mencionados obtenidos por medio de la tomografía convencional de cráneo; en este caso se trata del equipo de tomografía helicoidal multicorte (16 cortes), *Sensation 16* (Siemens®) del Hospital Regional Gral. Ignacio Zaragoza, ISSSTE.

Se informó a los pacientes (o en su defecto a los familiares responsables) acerca del tipo de estudio. Se investigaron alergias al yodo, embarazo o alguna contraindicación para administrar un medio de contraste y se solicitó la firma de un consentimiento informado.

Para el análisis se requiere un ayuno de 6 a 8 horas y niveles de urea y creatinina dentro de los límites normales; en ocasiones también con límites altos, cuando el beneficio sea mayor que el riesgo.

Primero se realiza rastreo tomográfico cerebral en fase simple en busca de lesiones hipodensas visibles. Posteriormente se coloca catéter de 16 a 18 Fr por vía endovenosa antecubital para así, por medio de inyector automático, perfundir a 3 ml por segundo una cantidad de contraste no iónico hidrosoluble (concentración de 300 mg/100 ml); un promedio de 40 ml por paciente. Una vez programado esto, en conjunto con la aplicación del protocolo de perfusión cerebral instalado en



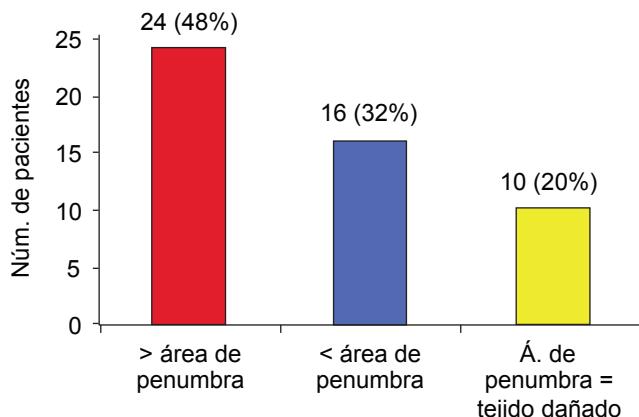
**Figura 2.** Proceso de obtención del histograma de densidades a partir de una imagen de TC craneal.

el tomógrafo a nivel de los ganglios basales o en la zona sospechosa de daño isquémico, se iniciará la búsqueda de las lesiones que sugieran afectación del parénquima cerebral, así como de los diferentes cambios densitométricos. Se utilizan como apoyo la escala de colores y las herramientas incluidas en el programa utilizado y que nos proporcionan datos acerca de la lesión isquémica.

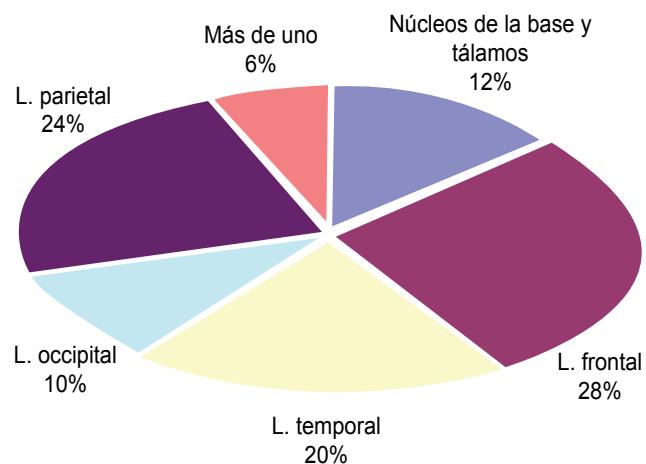
Las imágenes por perfusión posprocesado habituales en la consola de trabajo se obtienen con base en el conocimiento de la cinética del contraste a través del flujo cerebral; haciendo el seguimiento del primer paso del bolo de contraste administrado a través de la vasculatura. Se determinan las siguientes variables: flujo sanguíneo cerebral (FSC), definido como el volumen de sangre que circula por una zona de parénquima cerebral por unidad de tiempo (ml/100 g/min); volumen sanguíneo cerebral (VSC), entendido como la cantidad total de sangre (en mililitros) por cada 100 g de tejido cerebral (ml/100 g) y el tiempo de tránsito medio (TTM), entendido como el tiempo que, en promedio, tarda la sangre en transitar en una región dada de parénquima, desde un aferente arterial hasta un eferente venoso.

## Resultados

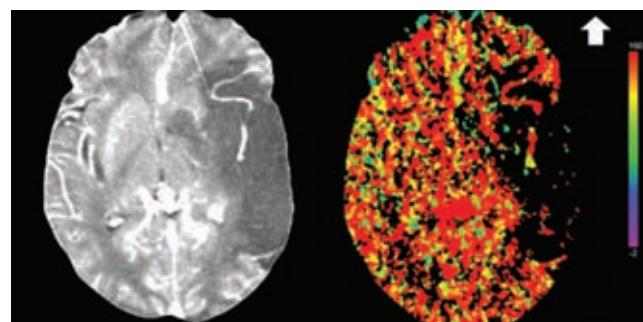
De los 50 pacientes explorados por medio de la perfusión por TC en 24 (48%) el área de penumbra fue mayor que la del tejido dañado; en 16 (32%) el área de penumbra fue menor que la de tejido dañado y en 10 pacientes (20%) el área de penumbra fue igual a la del tejido dañado (Figura 3). Los sitios anatómicos mayormente afectados fueron los lóbulos frontal y parietal, 28 y 24%, respectivamente (Figura 4, e Imágenes 2 y 3). En cuanto a los factores de riesgo asociados el sexo más afectado fue el masculino con 28 pacientes (56%) comparado con tan solo 22 mujeres (44%). Por grupos de edad se



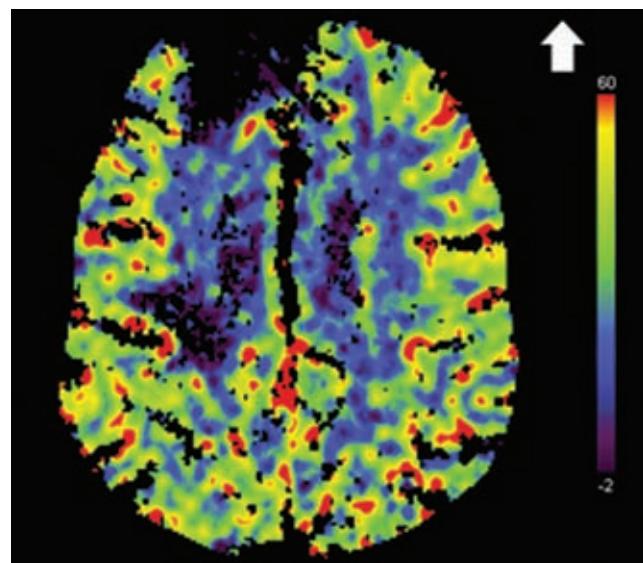
**Figura 3.** Resultados con respecto al área de penumbra.



**Figura 4.** Porcentaje de afectación de los sitios anatómicos.



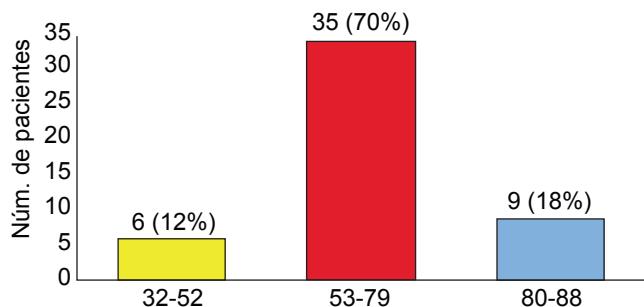
**Imagen 2.** Paciente de 73 años de edad, diabético, hipertenso y obeso. Ingresó al Servicio de Urgencias con diagnóstico de EVC isquémico, se le realizó perfusión por TAC y se observó, a través de reconstrucción colorimétrica, el grado de hipoperfusión cerebral parietal izquierdo.



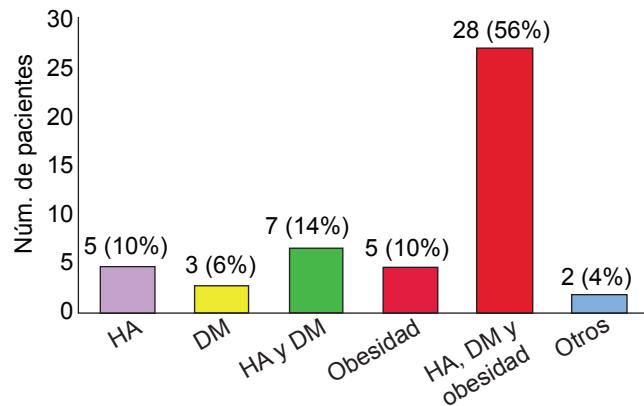
**Imagen 3.** Paciente femenino de 54 años de edad, obesa e hipertensa, con reconstrucción colorimétrica de la perfusión cerebral por TAC, que mostró afectación frontal derecha.

observó el límite inferior en 34 años de edad (paciente cocainómano) y el superior en 88 años de edad (diabético, hipertenso y obeso). El pico más alto de frecuencia se dio dentro del rango de los 53 a los 79 años de edad e incluyó a 70% de los pacientes (Figura 5A). Las afecciones más asociadas fueron la triada conformada por la hipertensión arterial sistémica, la diabetes mellitus y la obesidad que se encontraron en 28 (56%) del total de la población en estudio (Figura 5B). La evaluación clínica, basada en la escala de Glasgow, fue de los rangos: 9 a 13 = 56% (28 pacientes); de 14 a 15 = 30% (15 pacientes) y menos de 8 = 14% (7 pacientes).

**A**



**B**



**Figura 5.** Frecuencia: A) por grupos de edad y B) por afecciones asociadas.

## Discusión

Jones y sus colaboradores, en un artículo clásico de 1981, en el Hospital General de Massachusetts demostraron, en macacos, cómo se relacionan el tiempo de evolución y el flujo cerebral sanguíneo con el episodio de parálisis clínica y el tejido infartado permanente. Este estudio comprobó que en los especímenes, a pesar de presentar un déficit neurológico focal en el examen clínico, el tejido cerebral que representaba este déficit aún podría estar en un estado recuperable.<sup>10</sup>

La perfusión por tomografía es una técnica relativamente nueva (frecuentemente empleada en las unidades de ictus) confiable para la detección del la zona central del infarto y para la detección de la penumbra. Como se mencionó previamente presenta, además, importantes ventajas para su uso en diferentes contextos hospitalarios al ser fácilmente asequible, rápida, económica, potencialmente permite un análisis preciso y es una alternativa en el caso de que la resonancia magnética esté contraindicada. Sin embargo, tiene desventajas como la administración de medio de contraste, la exposición a la radiación y se trata de un estudio parcialmente anatómico. La integración de la clínica, la fisiología y la imagenología en el abordaje y manejo del EVC es una estrategia que ofrece resultados promisorios en el campo de la fisiopatología de las enfermedades neurológicas. Proporciona información respecto de la vascularización arterial cerebral, de la hemodinámica capilar y del parénquima cerebral.<sup>11,12</sup>

## Conclusión

Es de vital importancia crear conciencia en los médicos de primer contacto con este tipo de pacientes, para hacer, lo más tempranamente posible, el diagnóstico clínico del EVC isquémico. Es indispensable apoyarse en los avances tecnológicos de neuroimagen como la perfusión por tomografía. Es preciso tener en cuenta los factores de riesgo asociados, así como los hallazgos clínicos y tomográficos encontrados en este trabajo. Esto redundará en beneficios para los pacientes, se les podrá proporcionar un tratamiento oportuno y eficaz y reducir considerablemente la mortalidad y las secuelas tardías, como las discapacidades.

---

## Referencias

1. Abu-Judeh HH, Andel-Dayem HM, El-Zeftawy H. Cerebral perfusion imaging in asymptomatic carotid artery occlusion following gun shot. *L Nuci Med.* 1998;39:629-631.
2. Cambor LA, Gutiérrez JM, Mateos V. Evaluación de la perfusión cerebral mediante el análisis densitométrico de la tomografía craneal en pacientes sometidos a endartectomía carotídea. *Neurología* 2004;4:146-152.
3. Sánchez CJ. El área de penumbra. *Revisión neurológica* 1998;8:810-816.
4. Miles KM, Griffits MR, Perfusion CT: a worthwhile enhancement. *The British journal of radiology* 2003;220-231.
5. Forero NP, Falla JR, Romero JM. Perfusion por TAC en el ataque cerebrovascular. *Guía neurológica* 2006;5:74-68.
6. Exploración de la cabeza por TAC. *Radiology info. Org reviewed.* 2010; 1-10.
7. Arnáiz J, Torres M, Ruiz H. Superficie de permeabilidad de los estudios de perfusión: ¿Qué es y para qué sirve?. *Sociedad española de radiología medica* 2006;5-21.
8. Harrison et al. *Principios de medicina interna.* Vol. 2, Mc Graw Hill, 15.<sup>a</sup> ed. México 2003;2769-2789.
9. Villanueva JA. Enfermedad vascular cerebral, factores de riesgo y prevención secundaria. *Anales de medicina interna.* Madrid 2004;21:159-160.
10. Kosten TR, Tucker K, Gottschalk PC, Rinder CS, Rinder HM. Platelet abnormalities associated with cerebral perfusion defects in cocaine dependence. *Biol Psychiatry* 2004;55:91-97.
11. Conchita Brú. *Diagnóstico por la imagen.* Publicación de la sociedad Española de radiología medica. Vol. VIII Núm. 1, 2007 ISSN 1576-1991.
12. Reiser M.F. Multislice CT. *Medical Radiology. Diagnostic imaging.* Springer. 3.<sup>a</sup> edición. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2009:111-136.