

Actuación radiológica de urgencia: Código Ictus

Leticia Moreno Caballero¹, Raquel Navas Campo², Carlota María Bello Franco¹, Juan Ramón y Cajal Calvo¹, Laura Sesé Lacámara¹, Miguel Costa Lorente¹, María Pilar Guiral Foz¹, Jorge Romero Martínez¹.

1. Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. Zaragoza.

2. Hospital Nuestra Señora de Gracia. Zaragoza.

1. OBJETIVO DOCENTE

- Repasar los conceptos básicos sobre el Código Ictus.
- Revisar los protocolos de tomografía computarizada (TC) y la valoración realizada mediante la TC simple, TC perfusión y angio-TC.
- Describir y mostrar los hallazgos de imagen más significativos que permiten el diagnóstico.

2. REVISIÓN DEL TEMA

- El ictus o accidente cerebrovascular...
 - Es un **déficit neurológico agudo** que se produce cuando hay una rotura u obstrucción en un vaso sanguíneo reduciéndose el flujo de sangre que llega al cerebro.
 - El correcto aporte de oxígeno y de glucosa son fundamentales para el funcionamiento del tejido cerebral y por ello, su interrupción puede ocasionar alteraciones funcionales que provocan **muerte celular irreversible si no son intervenidas a tiempo**.

Constituye uno de los principales motivos de morbilidad y hospitalización.

Segunda causa de mortalidad en la población española.

Una de las patologías que generan más exploraciones radiológicas en los servicios de urgencias en el mundo.

- La clínica...
 - Arteria afectada
 - Extensión de tejido lesionado

Localización de la oclusión arterial

Tiempo transcurrido desde el comienzo de los síntomas hasta el inicio del tratamiento

En consecuencia y debido a su gran importancia...

CÓDIGO ICTUS

- Circuito de selección de pacientes y de traslado urgente de los mismos.
- **COORDINACIÓN**
 - Servicios de emergencias, centros de urgencias y servicios intrahospitalarios.
- **OBJETIVO**
 - **Reducción del tiempo:** Desplazamiento, realización de exploraciones complementarias e inicio del tratamiento.
- Con su puesta en marcha, el diagnóstico a través de pruebas de imagen como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM); y el tratamiento mediante fibrinolíticos endovenosos y la aparición de técnicas intervencionistas terapéuticas endovasculares; han evolucionado enormemente en los últimos años.

• La TC multimodal...

- Diagnóstico rápido del ictus isquémico

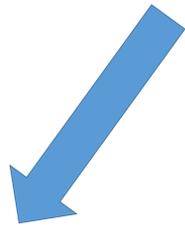
{ Disponibilidad
{ Velocidad de su realización

- Herramienta indispensable para la valoración de los pacientes como candidatos a tratamiento fibrinolítico y/o endovascular.

• Exploración óptima:

- TC simple
- TC perfusión
- Angiografía mediante TC (angio-TC) de troncos supraaórticos (TSA) e intracraneal.

Diagnóstico preciso del infarto isquémico



**Extensión
inicial**

**Existencia de
territorio
salvable**

**Presencia de
oclusión vascular y
su localización**

TIEMPO TIEMPO TIEMPO

- **CLAVE** para su tratamiento.
 - En pacientes con ictus de **< 4,5h de evolución**, la trombólisis endovenosa con activador tisular del plasminógeno recombinante (rt-PA) es de elección si se cumplen ciertos criterios clínico-radiológicos:
 - No identificación de hemorragia intracraneal en la TC simple.
 - Síntomas indicativos de hemorragia subaracnoidea aunque la TC no presente hallazgos.
 - Ictus grave (criterios clínicos o de neuroimagen)
 - **Entre las 4,5h- 8h**, en caso de que se visualice tejido recuperable en los hallazgos radiológicos, hay dos opciones terapéuticas:
 - **Si el riesgo de sangrado es bajo y en las técnicas de imagen no se aprecia un gran vaso* trombosado: rt-PA como tratamiento de elección.**
 - **Si hay mayor riesgo de sangrado y/o oclusión de un gran vaso*: Terapia endovascular +/- rt-PA.**
- * Se considera gran vaso a la arteria carótida interna intracraneal o al segmento M1 de la arteria cerebral media.
- **El rt-PA es efectivo en las 3 primeras horas desde el comienzo de la sintomatología.** Sigue siéndolo hasta las 4,5 horas de evolución, pero asocia mayor riesgo de hemorragia. La opción intervencionista, o terapia endovascular, puede ser efectiva en pacientes seleccionados.

- En función de su **etiología**, se divide en dos tipos:

-Ictus isquémico (80%): Reducción brusca del flujo sanguíneo cerebral por oclusión arterial, la cual provoca una alteración transitoria o definitiva del funcionamiento de una o varias áreas cerebrales.

-Ictus hemorrágico (20%): Rotura de un vaso arterial.

DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO

La **TC craneoencefálica** es la técnica de imagen de **elección** tanto para la valoración inicial del ictus como para descartar otras posibles causas de la sintomatología.

Su combinación junto con **TC perfusión y angio-TC** permite objetivar la localización de la oclusión arterial y la existencia de potencial tejido cerebral recuperable.

1. TC craneoencefálico sin CIV

- Es **imprescindible** para la distinción etiológica inicial, ya que permite clasificar el ictus en:

- **Hemorrágico:** Se identifica como un área de hiperdensidad que corresponde a la hemorragia intraparenquimatosa. Es consecuencia de la extravasación de contenido sanguíneo al parénquima cerebral por pérdida de continuidad de la pared de un vaso arterial cerebral. Se asocia a un aumento de la presión intracraneal (PIC), que junto al daño lesional determina la gravedad del cuadro.

* La hemorragia intracraneal es una contraindicación absoluta para el tratamiento fibrinolítico.

- **Isquémico:** Se pueden visualizar **signos precoces** de infarto:

- Borramiento de los surcos de la convexidad
- Hipodensidad de ganglios de la base y/o parénquima (hipoperfusión y edema citotóxico).
- Signo de la arteria cerebral media hiperdensa (indicativo de trombo a ese nivel).
- Signo del ribete insular (pérdida de diferenciación entre la cápsula externa y la corteza insular).

- Asocian **peor pronóstico**:
 - La pérdida de diferenciación entre sustancia gris y sustancia blanca, así como la hipodensidad. (Se correlacionan con mayor tiempo de evolución).
 - La hipodensidad cortical precoz es altamente específica de isquemia irreversible.
- Mayor volumen de tejido infartado ➡ Peor evolución posterior y mayor riesgo de transformación hemorrágica.
- No obstante, la TC craneal sin contraste puede tener una limitada sensibilidad para la detección cambios muy precoces, siendo normal en la mayoría de los pacientes dentro de las primeras 2-3 horas del inicio de los síntomas.
- Cuando se trata de un ictus en el territorio de la arteria cerebral media, se utiliza la escala **ASPECTS** (Alberta Stroke Program Early CT Score) para cuantificar la extensión del territorio infartado.

Escala ASPECTS

Se divide el territorio de la arteria cerebral media en 10 áreas y se valora topográficamente el grado/extensión de una lesión isquémica aguda.

Según la puntuación obtenida, se realiza o no tratamiento fibrinolítico.

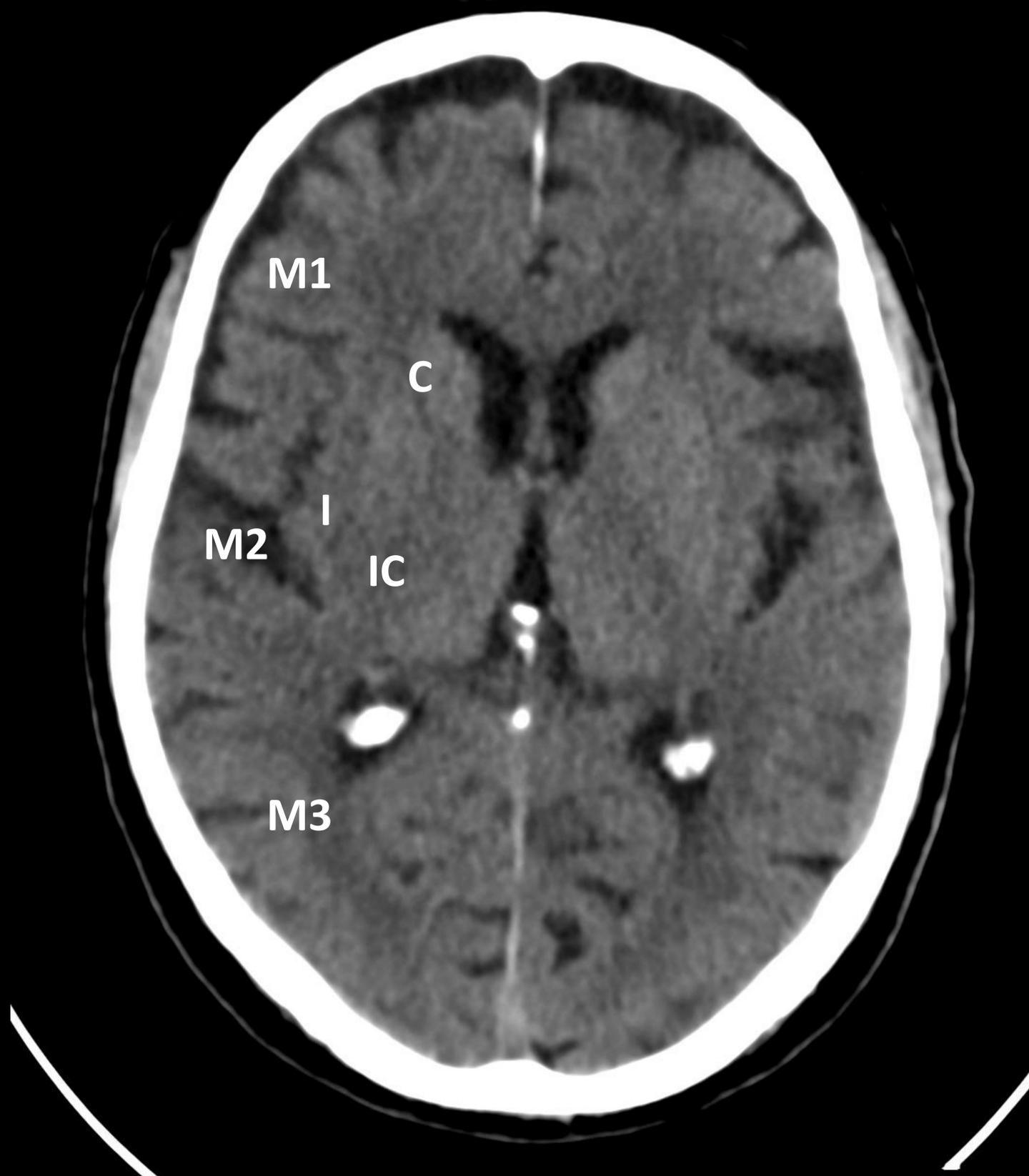


Imagen axial de TC basal craneoencefálico para valoración de la escala ASPECTS, corte inferior: Se divide el territorio de la arteria cerebral media (ACM) en 10 áreas y se valora topográficamente el grado/extensión de una lesión isquémica aguda. Territorios superiores e inferiores de la ACM (M1-6), caudado (C), lenticular (L), ínsula (I) y cápsula interna (IC).

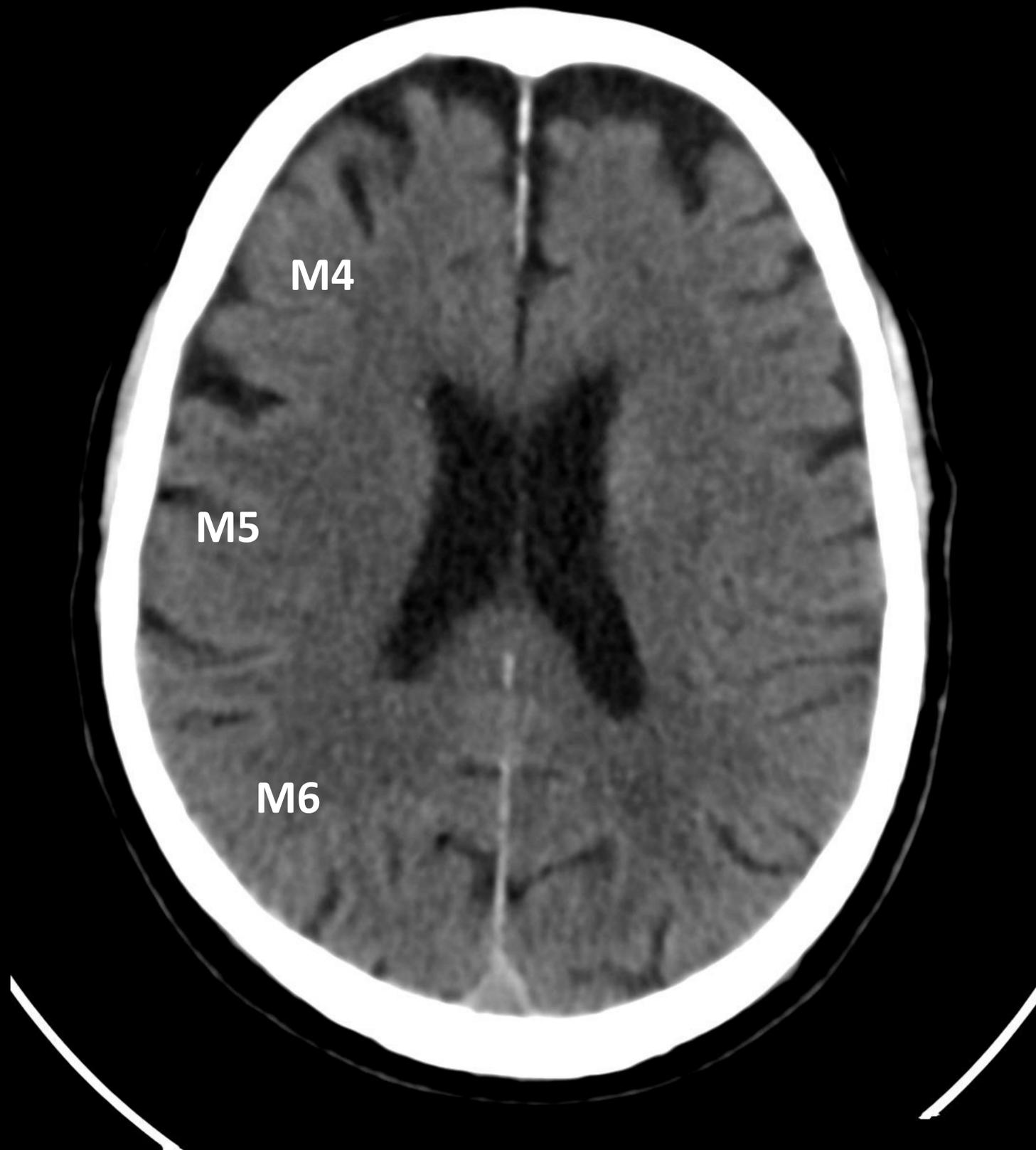


Imagen axial de TC basal craneoencefálico para valoración de la escala ASPECTS, corte superior: Se divide el territorio de la arteria cerebral media (ACM) en 10 áreas y se valora topográficamente el grado/extensión de una lesión isquémica aguda. Territorios superiores e inferiores de la ACM (M1-6), caudado (C), lenticular (L), ínsula (I) y cápsula interna (IC).

- Por cada área que presente signos de isquemia aguda se restará 1 punto:

ASPECTS >7: Menor probabilidad de transformación hemorrágica -> Fibrinólisis.

ASPECTS = 0 <7: Elevada probabilidad de transformación (más de 1/3 parte de territorio afectado) -> **NO fibrinólisis.**

De esta manera, la puntuación de una TC craneal sin signos de lesión isquémica aguda es 10.

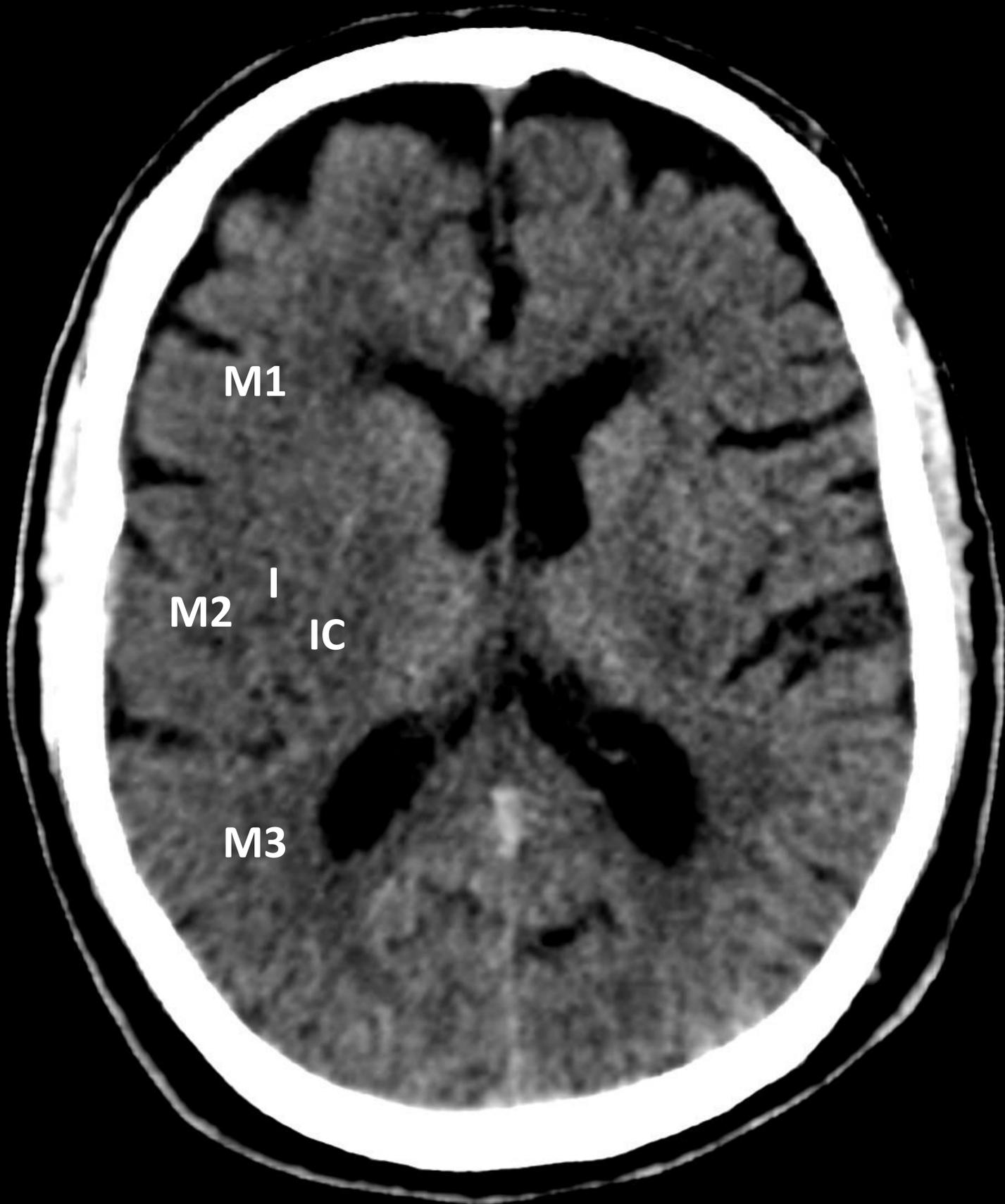


Imagen axial de TC basal craneoencefálico: Se aprecia hipodensidad en territorios de la arteria cerebral media derecha M1, M2 y M3, así como a nivel de núcleo lenticular (L), ínsula (I) y cápsula interna (IC) derechas; todo ello sugestivo de isquemia de las áreas referidas. ASPECTS 4.

2. TC-Perfusión craneal

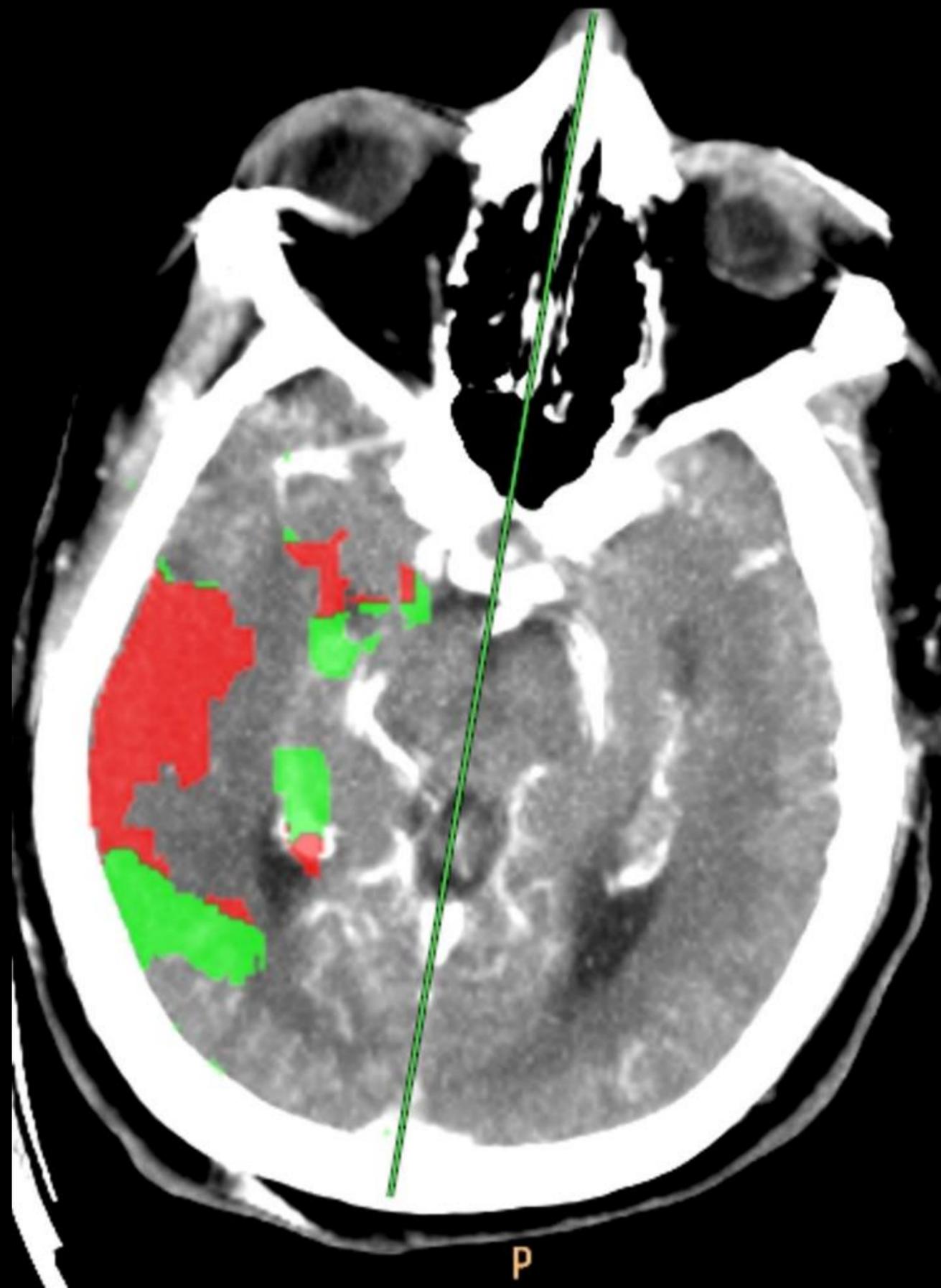
- **OBJETIVO:** Identificar el área central del infarto en la que el tejido cerebral es **irrecuperable** y el área de **hipoperfusión** o **penumbra** que rodea a esa zona central, que corresponde a tejido cerebral en riesgo, en el que todavía **el daño cerebral no es definitivo**.

MISMATCH

- Monitorización del primer paso del bolo de contraste yodado a través de la vascularización cerebral y el correspondiente cálculo de mapas hemodinámicos cuantitativos. Los parámetros estudiados para la evaluación de la perfusión cerebral son los siguientes:
 - **Tiempo de tránsito medio (TTM):** Tiempo entre la entrada y salida del contraste.
 - **Tiempo hasta el pico máximo (TTP):** Intervalo de tiempo desde el inicio de la inyección hasta el realce máximo.
 - **Flujo sanguíneo cerebral (FSC) – “cerebral blood flow” (CBF):** Volumen de sangre x unidad de tiempo x unidad cerebral. El CBF normal en la sustancia gris es normalmente >70 mL/100g/min.
 - **Volumen sanguíneo cerebral (VSC) – “cerebral blood volumen” (CBV):** Volumen de sangre x unidad de masa cerebral. El CBV normal es de aproximadamente 4-5 mL/100g. Se expresa por la ecuación $CBV = CBF \times MTT$, y corresponde al área por debajo de la curva de intensificación normalizada.

- Mediante algoritmos de postprocesado se obtienen mapas paramétricos a color cuya interpretación es la siguiente:

	TTM	FSC	VSC	TC sin CIV
Área de penumbra	↑	↓	Normal	Sin hallazgos
Área de osquemia	↑	↓↓	↓↓	Hipoatenuación

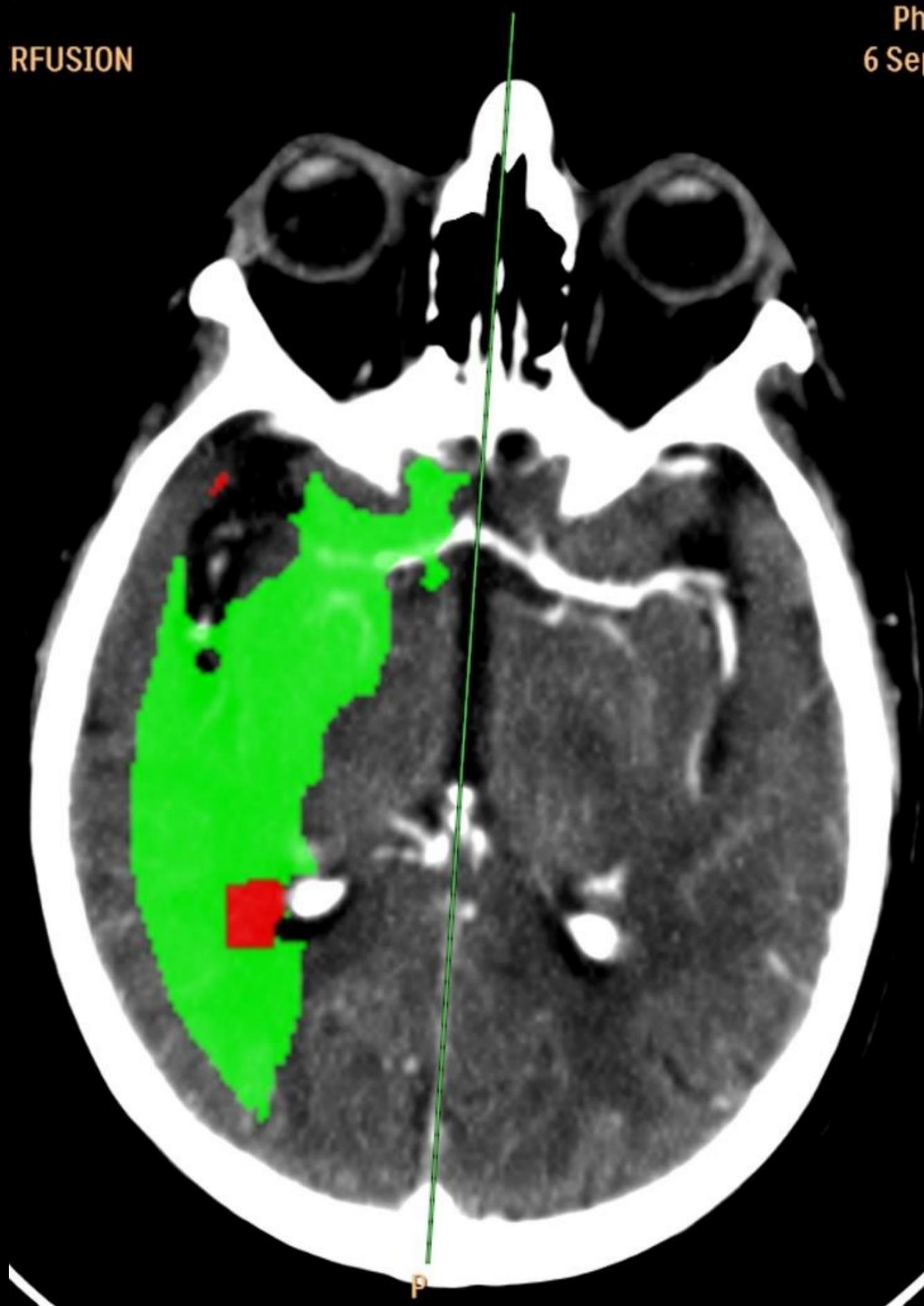


El estudio de perfusión muestra una extensa área de **infarto establecido (rojo)** y **penumbra (verde)** en el territorio de la arteria cerebral media (ACM) derecha, con un core mayor del 50%.

Mismatch desfavorable.

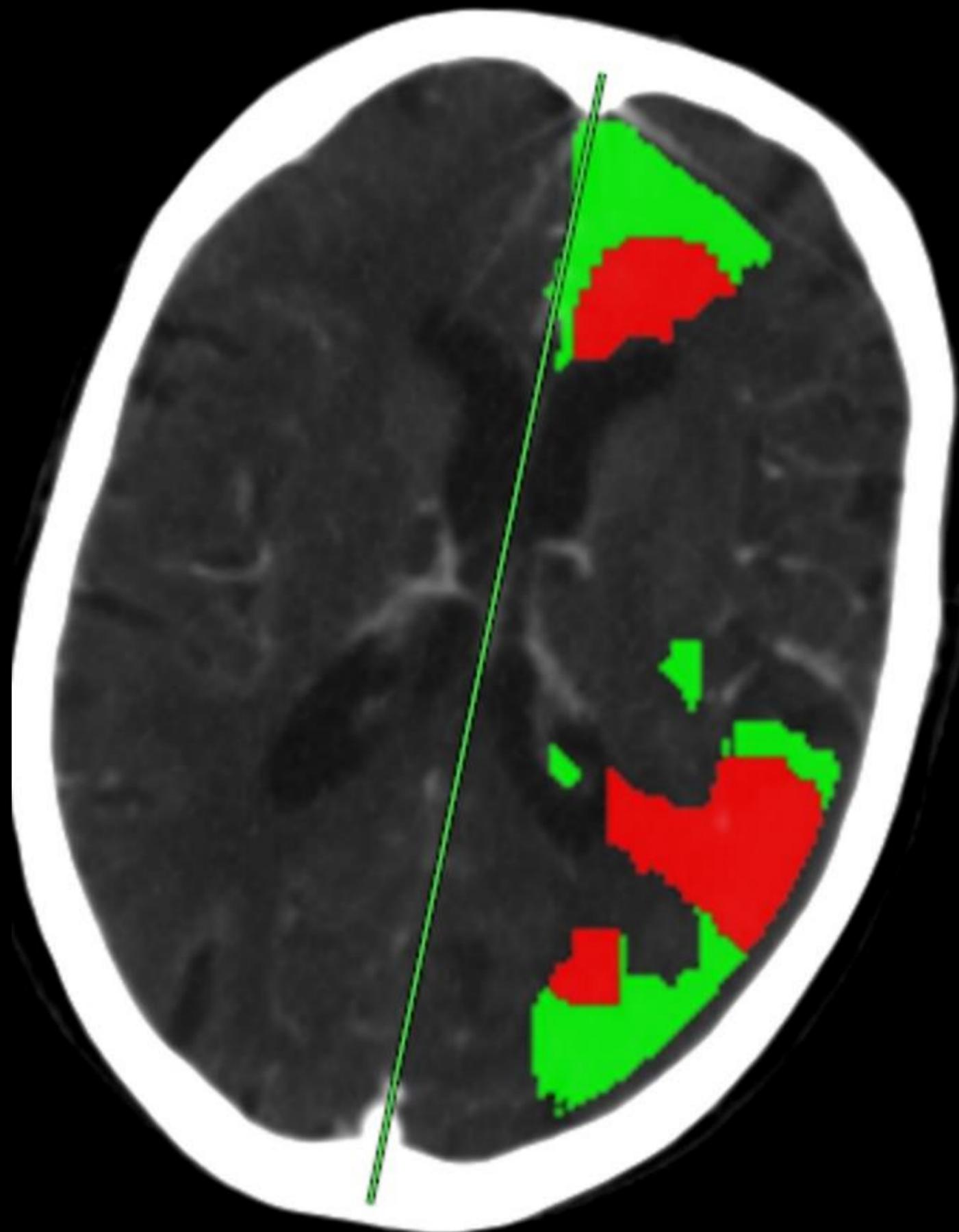
RFUSION

Phi
6 Sep



Extensa zona de penumbra (verde) en el territorio de la ACM derecha con mínimo core central (rojo).

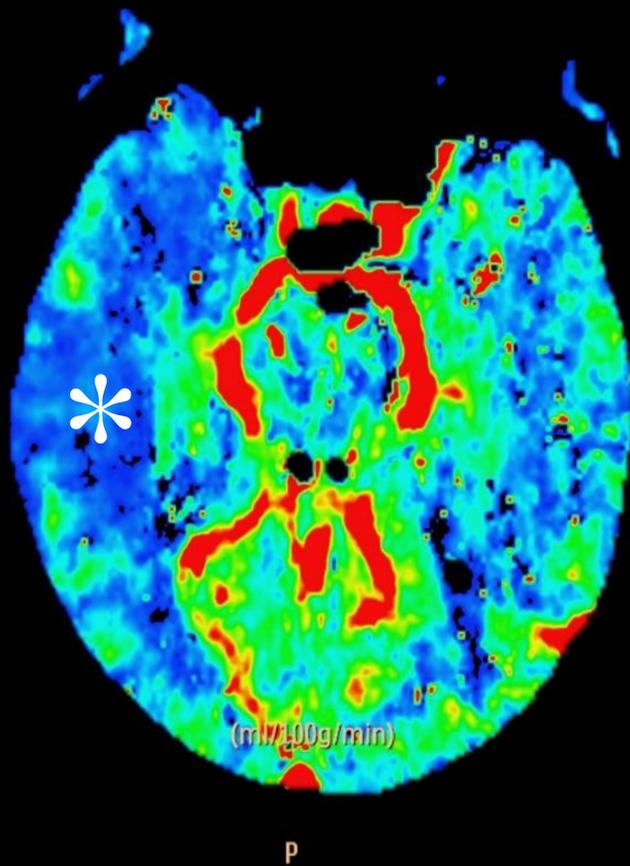
Mismatch favorable.



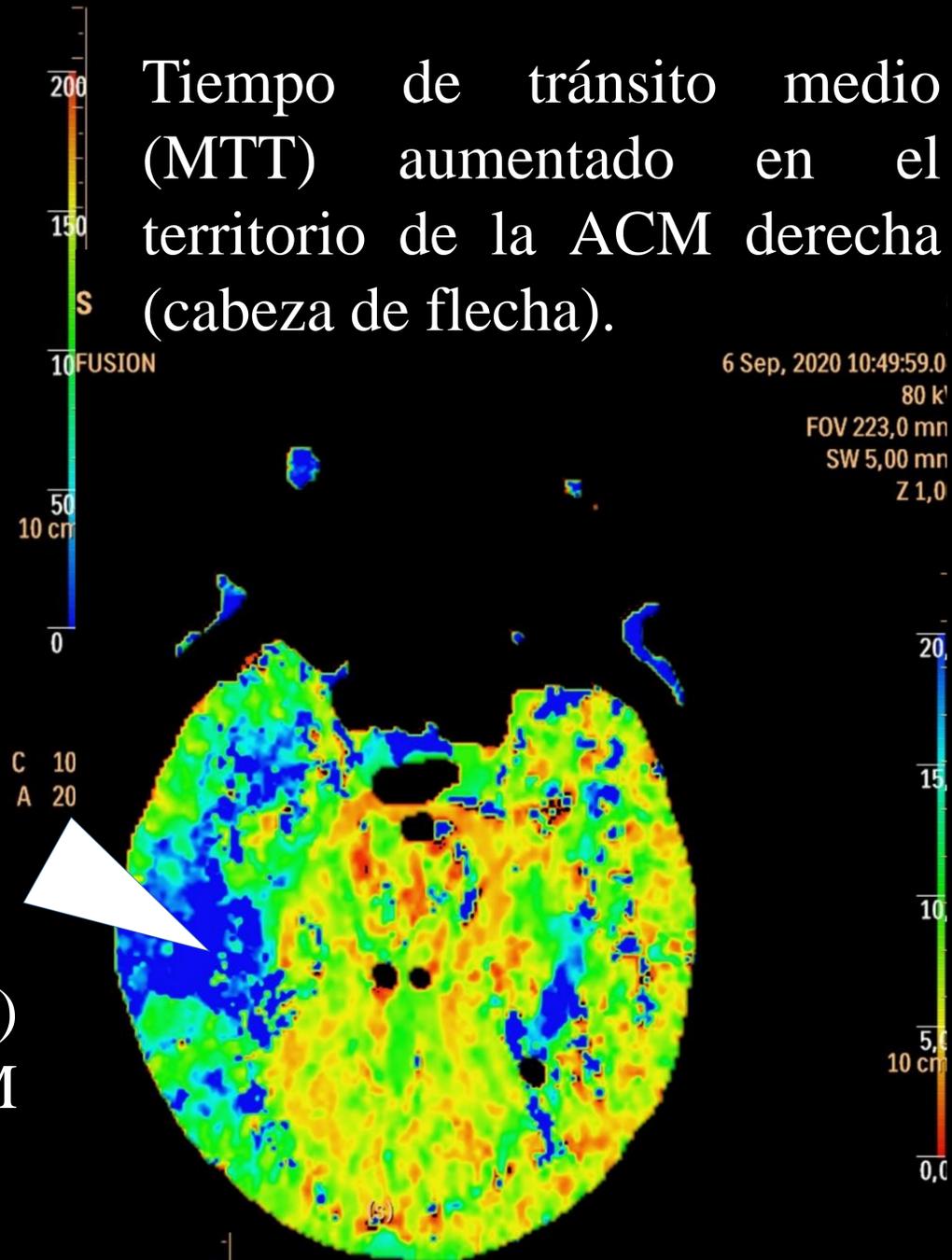
Dos áreas de penumbra izquierdas, una frontal y otra parietal (verdes) con core en su interior (rojo).

Mismatch aproximadamente del 50%, desfavorable.

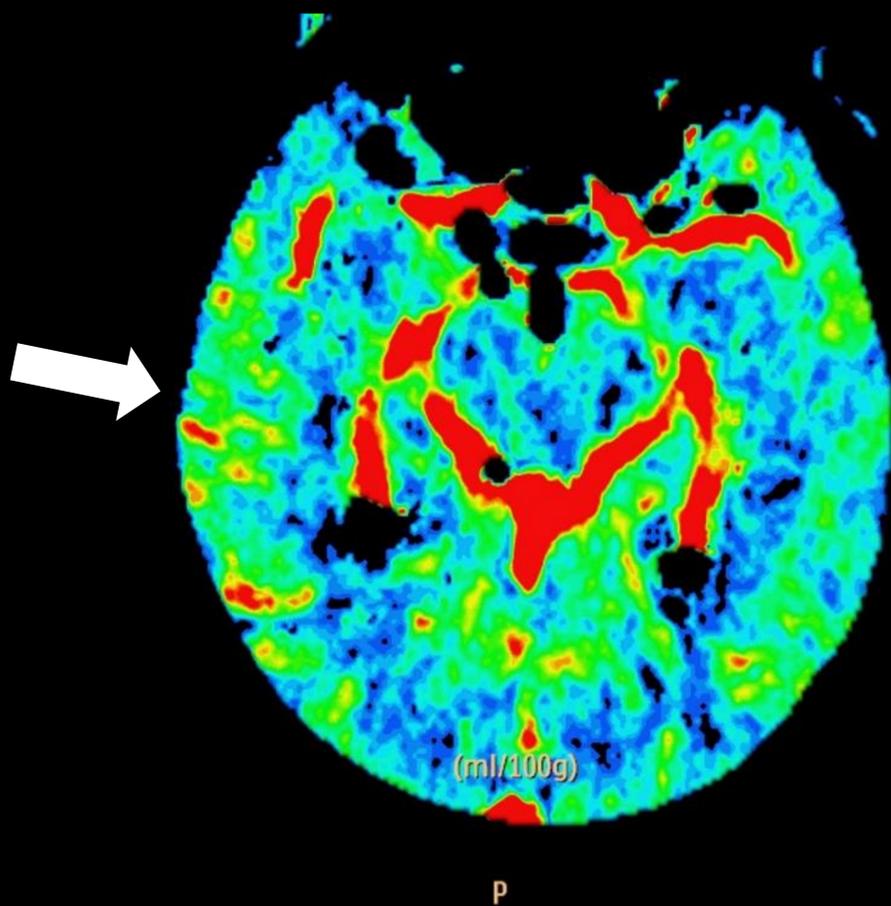
Flujo sanguíneo cerebral (CBF) disminuido en el territorio de la arteria cerebral media (ACM) derecha (*).



Tiempo de tránsito medio (MTT) aumentado en el territorio de la ACM derecha (cabeza de flecha).



Volumen sanguíneo cerebral (CBV) aumentado en el territorio de la ACM derecha (flecha).



Todo ello indicativo de penumbra en el área referida, con leve o nulo core, al no verse afectado el volumen sanguíneo cerebral.

- Prestar especial atención a las **áreas de falsa penumbra.**

- Su detección es fundamental para evitar el tratamiento inadecuado de pacientes con una perfusión anómala o alterada sin ictus isquémico.
- Se define como un territorio vascular alterado que no se corresponde con la clínica.

Sus causas pueden ser...

• 1. Limitación al flujo cerebral:

- Resultado de la arterioesclerosis calcificada en la bifurcación carotídea.
- La estenosis de la arteria carótida interna se asocia con una disminución del flujo sanguíneo cerebral y un aumento del tiempo al pico; menos perceptible cuando existe un suministro sanguíneo colateral importante.
- Los mapas de perfusión pueden mostrar mayor volumen en la distribución arterial en un hemisferio que en el otro.

• 2. Condiciones isquémicas no tratables con trombolisis:

- La presencia de un infarto crónico puede imitar la isquemia aguda en imágenes de perfusión, la correspondencia con la hipodensidad en el TC basal permite su identificación.

• 3. Disregulación vascular:

- Muchas enfermedades neurológicas pueden ser causa de una perfusión alterada.
- Es fundamental correlacionar los hallazgos de imagen con la historia clínica.
- Las causas comunes de disregulación vascular son: Encefalopatía hipertensiva, convulsiones, HSA y la migraña hemipléjica.

- **4. Trombosis venosa:**

- Las alteraciones de la perfusión consisten en el aumento del tiempo al pico con un volumen cerebral conservado en un territorio vascular venoso.
- Puede presentar trastorno de perfusión sin infarto o asociarse a un infarto venoso; en esa circunstancia, los hallazgos en la TC de perfusión son los mismos que en el infarto arterial.

- **5. Angulación de la cabeza del paciente durante la exploración:**

- La inclinación de la cabeza conduce a una asimetría de la perfusión aparente debido a que los hemisferios cerebrales representados en los cortes axiales de TC no están ubicados a una distancia igual de las principales arterias.

- **6. Variaciones de la anatomía cerebrovascular:**

- Alteraciones en el flujo de sangre entre las circulaciones anterior y posterior, que pueden ser unilateral o bilateral.
- El resultado de estas diferencias es la velocidad del flujo entre la parte anterior y posterior de la circulación cerebral.
- Entre las variantes anatómicas más frecuentes se encuentran las que provocan que el flujo de sangre a uno o ambos lóbulos occipitales se suministren predominantemente por la circulación anterior o posterior; o variantes del polígono de Willis.

3. Angio-TC de troncos supraaórticos (TSA) e intracraneal

- **Fundamental:**

- Estudio de la anatomía vascular.
- Detección de enfermedades vasculares.
- Selección de los pacientes con ictus agudo que se pueden beneficiar de tratamiento endovascular.

Valoración del estado y la permeabilidad de las arterias carótidas primitivas, internas y externas y vertebrales en su recorrido cervical, así como las arterias intracraneales.

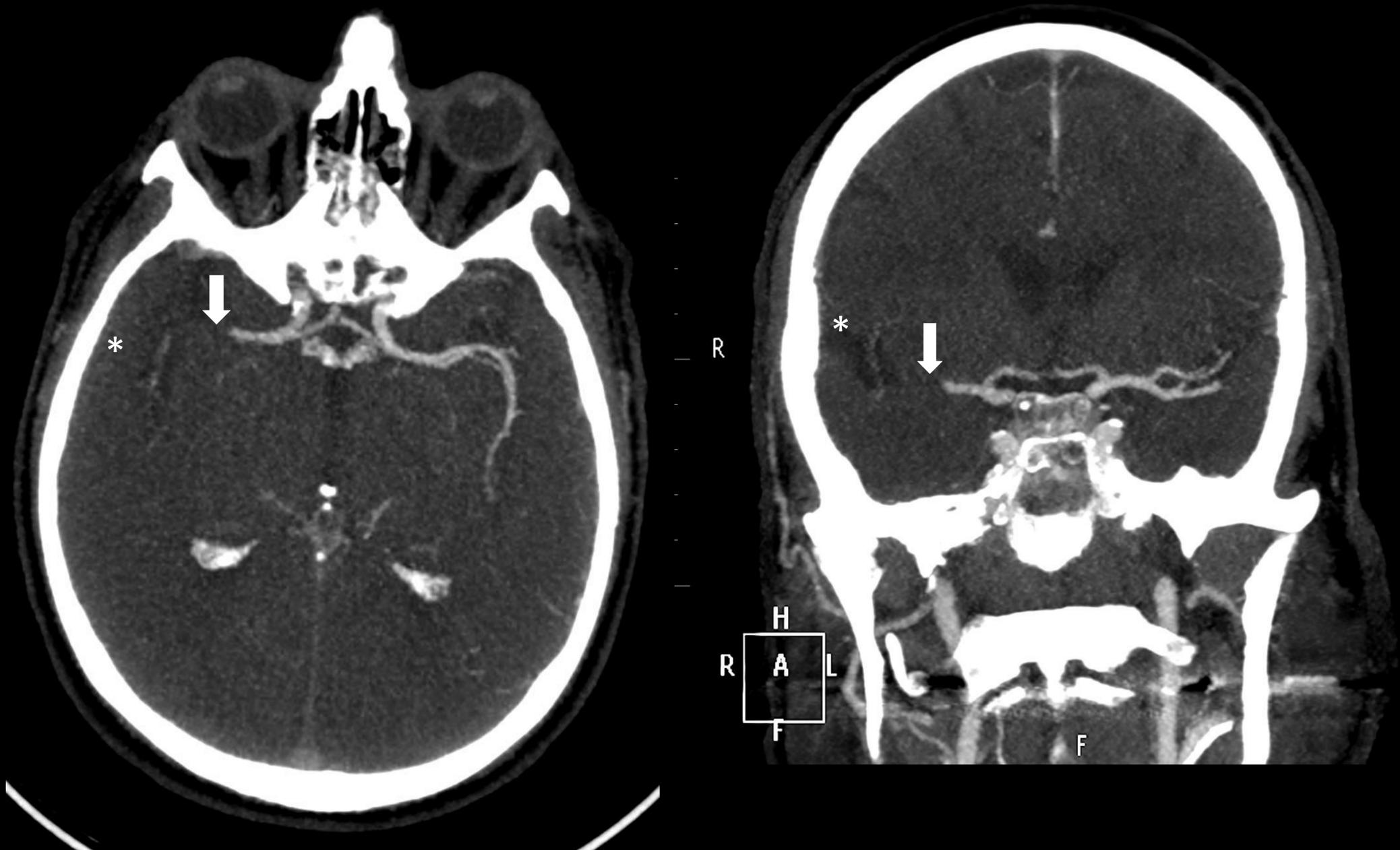
Es imprescindible establecer...

• *Punto de oclusión:*

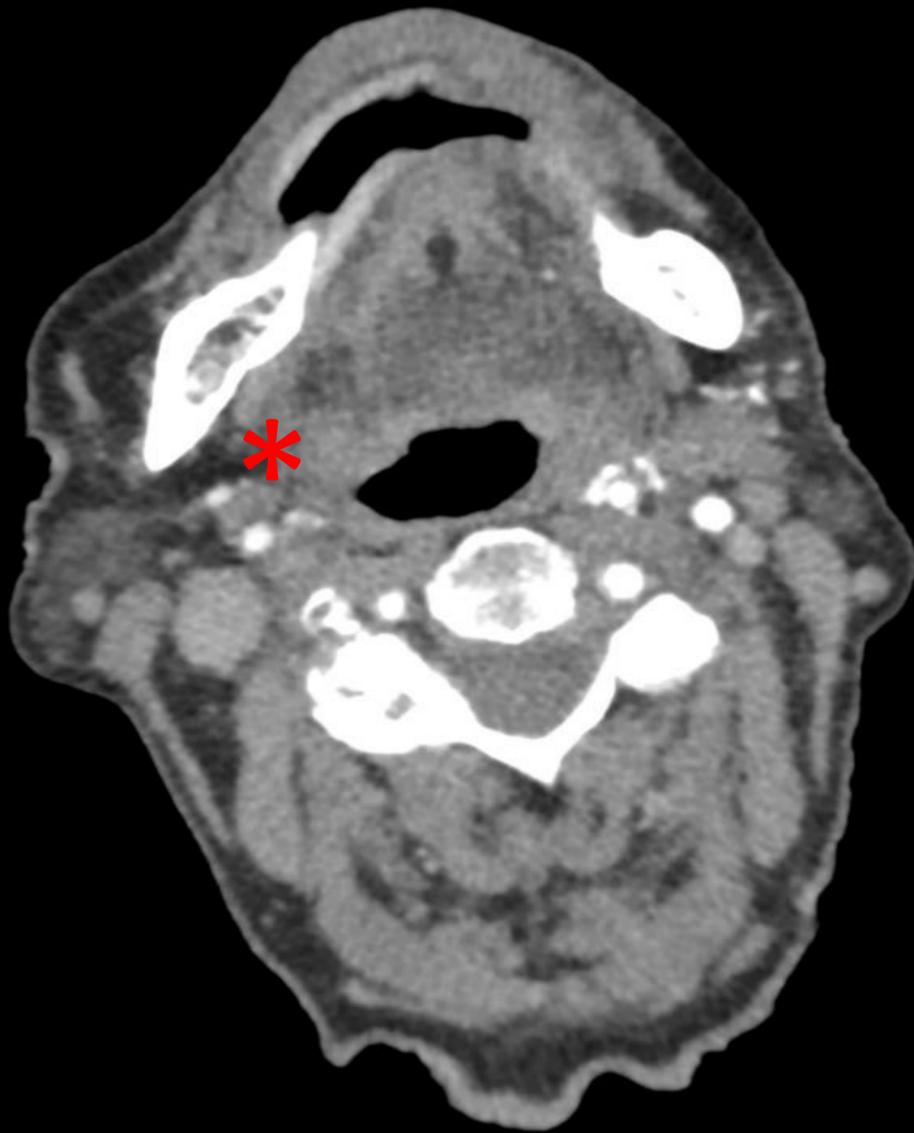
- Permite identificar la oclusión de arterias carótida interna, cerebral media (segmentos M1, M2 y M3) y anterior, o la trombosis del sistema vertebrobasilar.

• *Existencia de disección carotídea:*

- Entrada de sangre entre las capas de la pared arterial (subintimales o subadventiciales).
 - ↳ Hematoma intramural
 - ↳ Estenosis de la luz arterial
 - ↳ Ictus isquémico
- Es más frecuente en adultos relativamente jóvenes y su aparición puede ser espontánea o secundaria (traumatismo cervical o alteraciones en la pared arterial).



Defecto de repleción en el segmento M1 de la arteria cerebral media derecha (flecha) con discreto grado de recanalización de ramas distales (*).



Obstrucción completa de arteria carótida interna derecha desde su extremo proximal en bulbo carotídeo hasta trayecto cavernoso

• *Colateralidad*

- Vaso principal obstruido
 - ↳ Circulación sanguínea colateral
 - ↳ Perfusión del territorio
- Su presencia se asocia tanto a una mejor evolución como a un pronóstico más favorable del paciente.

Se establecen los siguientes grados según la **escala clásica de Tan:**

- 0: No se identifica circulación colateral.
- 1: Se visualizan algunos vasos colaterales periféricos en el territorio isquémico.
- 2: Hay una irrigación completa del territorio isquémico por las colaterales.
- 3: Flujo sanguíneo normal.



Imagen axial de angio-TC intracraneal, con reconstrucción de máxima intensidad (MIP): El estudio angiográfico muestra una ausencia de colaterales hemisféricas derechas. Grado 0 de la escala de Tan.

Reconstrucciones post-procesado

- **Objetivo:** Generar reconstrucciones 3D “volumen rendering” (VR), imágenes multiplanares (MPR) y de máxima intensidad de proyección (MIP) en planos axiales, sagitales y coronales, de los troncos supraaórticos y de las arterias intracraneales. Estas últimas son más apropiadas para la valoración de las arterias intracraneales, mientras las MPR y el VR son más apropiadas para un análisis detallado de la estenosis de las arterias carótidas.
- Es importante establecer una ventana adecuada para discriminar correctamente entre el contraste endovenoso y el calcio.
- En los cortes axiales nos centraremos en el estudio de las arterias cerebrales medias, anteriores y posteriores, arteria basilar, arterias cerebelosas posteroinferiores, anteroinferiores y superiores. Valorar colateralidad.
- En los cortes coronales se evalúan las arterias carótidas en su trayecto cervical (bulbo carotídeo y arterias carótidas internas) e intracraneal, las arterias vertebrales, la arteria basilar y las arterias cerebrales medias.
- Por último, en los cortes sagitales, nuestro estudio se enfoca en el trayecto cervical de las arterias carótidas internas y en la arteria basilar.

Reconstrucción 3D “volume rendering”



Obstrucción completa de arteria carótida interna derecha (*)

3. CONCLUSIONES

1. La **TC multimodal** es una técnica de diagnóstico **imprescindible** para las decisiones terapéuticas a las que son candidatos algunos pacientes con ictus isquémico agudo: Tratamiento fibrinolítico o endovascular.
2. La valoración radiológica de elección se realiza mediante la combinación de **TC simple, TC perfusión y angio-TC**.
3. La **TC simple** es necesaria para excluir hemorragia cerebral y descartar otras causas de la sintomatología.
4. La **TC perfusión** permite valorar si hay **tejido recuperable, delimitando el área de penumbra (TTM aumentado, FSC disminuido y VSC normal o aumentado), y el área de infarto establecido (VSC y FSC disminuidos)**.
5. La **angio-TC** determina la presencia y el sitio de oclusión arterial, valora la circulación colateral, y la presencia de enfermedad aterosclerótica carotídea.
6. A pesar de las indicaciones, hay que valorar individualmente cada uno de los casos.

4. REFERENCIAS

1. de Lucas EM, Sánchez E, Gutiérrez A, Mandly AG, Ruiz E, Flórez AF, et al. CT Protocol for Acute Stroke: Tips and Tricks for General Radiologists. *Radiographics*. 2008;28:1673-1687.
2. Ledezma CJ, Wintermark M. Multimodal CT in stroke imaging: new concepts. *Radiol Clin North Am*. 2009 Jan;47(1):109-16.
3. del Cerro JM, Cañellas AR, Monreal JLC. Enfermedad cerebrovascular. Ictus isquémico. Ictus hemorrágico. Aneurismas y malformaciones vasculares. En: del Cura JL, ed. *Radiología Esencial*. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2009;1093-1122.
4. Fisher M. The ischemic penumbra: identification, evolution and treatment concepts. *Cerebrovasc Dis*. 2004;17 Suppl 1:1-6.
5. Hossmann KA. Viability thresholds and the penumbra of focal ischemia. *Annals of Neurology*. 1994 Oct;36(4):557-565.
6. Best AC, Acosta NR, Fraser JE, Borges MT, Brega KE, Anderson T, Neumann RT, Ree A, Bert RJ. Recognizing false ischemic penumbras in CT brain perfusion studies. *Radiographics*. 2012 Jul-Aug;32(4):1179-96.
7. Srinivasan A, Goyal M, Al Azri F, Lum C. State-of-the-art imaging of acute stroke. *Radiographics*. 2006;26:S75-95.
8. Tomandl BF, Klotz E, Handschu R, et al. Comprehensive imaging of ischemic stroke with multisection CT. *Radiographics*. 2003;23:565-592.
9. Provenzale JM, Jahan R, Naidich TP, Fox AJ. Assessment of the patient with hyperacute stroke: imaging and therapy. *Radiology*. 2003;229(2):347-59.