

Aplicación de la inteligencia artificial en el código ictus: Experiencia en nuestro hospital

Cristina Montes Rueda¹, Manuel Brioso Díez¹, Teresa Busquier Cerdán¹, Marina Rodríguez Yanes¹, Marina Jiménez López¹, Francisco Aneiros Rosón¹, Daniel Moreno Real¹, Daniela de Araujo Martins-Romeo¹.

¹Hospital universitario Virgen Macarena, Sevilla

OBJETIVO

El accidente cerebrovascular isquémico agudo es una patología causada por la obstrucción vascular cerebral, que ocasiona un déficit sanguíneo y altera la función encefálica. Representa el 80% de los accidentes cerebrovasculares y conlleva gran morbilidad y mortalidad, especialmente en oclusiones de gran vaso. Los resultados óptimos tras un ictus isquémico dependen de un diagnóstico rápido, una comunicación efectiva y un tratamiento precoz.

El «**código ictus**» es un protocolo creado para identificar precozmente signos y síntomas de isquemia aguda y trasladar al paciente a un centro de referencia donde se selecciona aquel que pueda beneficiarse de una terapia de reperfusión y cuidados en una Unidad de Ictus. Para ello se realiza un estudio de imagen multimodal que consiste en TC de cráneo basal, angiografía cerebral por TC (Angio-TC) y estudio de perfusión.

Su interpretación por el radiólogo está sujeta a la experiencia individual, variabilidad entre observadores, retrasos de tiempo variables y otros factores como la calidad de las imágenes.

Es frecuente cierto retraso de tiempo entre la aparición de la clínica y el inicio del tratamiento, que puede ocasionar pérdida de función neurológica, aumento de morbilidad o incluso la exclusión del paciente para terapia endovascular.

Por ello, surge la necesidad de un método más ágil y preciso de detección de accidentes cerebrovasculares agudos que permita optimizar la tarea de los radiólogos. La respuesta a este problema podría estar en los algoritmos de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático.

Se plantea la **hipótesis** de que la IA podría realizar de forma más rápida una evaluación automatizada del estudio de imagen multimodal realizado en el "código ictus", con fiabilidad comparable a radiólogos experimentados.

Los **objetivos** de este trabajo son realizar un análisis del software de inteligencia artificial (Brainomix®) utilizado en nuestro hospital, tanto para la evaluación del ASPECTS en TC basal como para la detección y localización correcta de la oclusión vascular en Angio-TC en pacientes con activación de "código ictus", con respecto al radiólogo de Urgencias. La interpretación del estudio de perfusión no es objetivo de nuestro trabajo.

MATERIAL Y MÉTODO

Selección de pacientes

Se trata de un estudio observacional y retrospectivo en el que se recopilaban aquellos pacientes que acudieron al Hospital Universitario Virgen Macarena de Sevilla y se les activó un protocolo “Código ictus” por presentar clínica de accidente cerebrovascular isquémico agudo.

- Criterios de inclusión: pacientes mayores de 18 años con confirmación de oclusión vascular por pruebas de imagen, que finalmente se trasladaron al hospital de referencia para realizar angiografía diagnóstica/terapéutica.
- Criterios de exclusión: pacientes con hemorragia intracraneal, patologías simuladoras de ictus o aquellos con oclusión vascular que no recibieron tratamiento endovascular por factores clínicos previos o por mal pronóstico.

Se seleccionaron un total de 102 pacientes durante un periodo de tiempo de 15 meses (desde julio de 2022 hasta septiembre de 2023).

**PACIENTES CON
ACTIVACIÓN “CÓDIGO
ICTUS” EN HUVM**

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- >18 años
- Oclusión de vaso de gran calibre
- Realización de angiografía D/T

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Hemorragia o patología simuladora de ictus
- No candidatos a angiografía D/T

**102 pacientes
seleccionados**

Software de inteligencia artificial (IA)

En nuestro hospital, cuando llega un paciente con clínica de accidente isquémico agudo, tras ser valorado por un neurólogo, se activa el protocolo “**Código Ictus**”. El paciente se traslada a Radiología de Urgencias donde se realiza un estudio multimodal: TC de cráneo basal, angiografía por TC y estudio de perfusión. Una vez adquirido, a la vez que el radiólogo interpreta las imágenes, un software de IA (Brainomix®) genera un análisis automático.

Para interpretar el TC basal y generar una puntuación ASPECTS, Brainomix® mide un volumen de hipodensidad a partir de un mapa de vóxeles, evaluando por separado la región hipodensa no aguda del área hipodensa isquémica aguda.

Para la detección de oclusiones de vasos en angioTC, Brainomix® busca zonas de ausencia de repleción en los vasos mediante un mapa de vóxeles para una detección directa de la oclusión. Además, cuantifica aquellas regiones cerebrales con una falta relativa de densidad de vasos, proporcionando una puntuación de las ramas colaterales piales.

Los resultados se generan en unos 2-3 minutos y se envían automáticamente al sistema PACS.

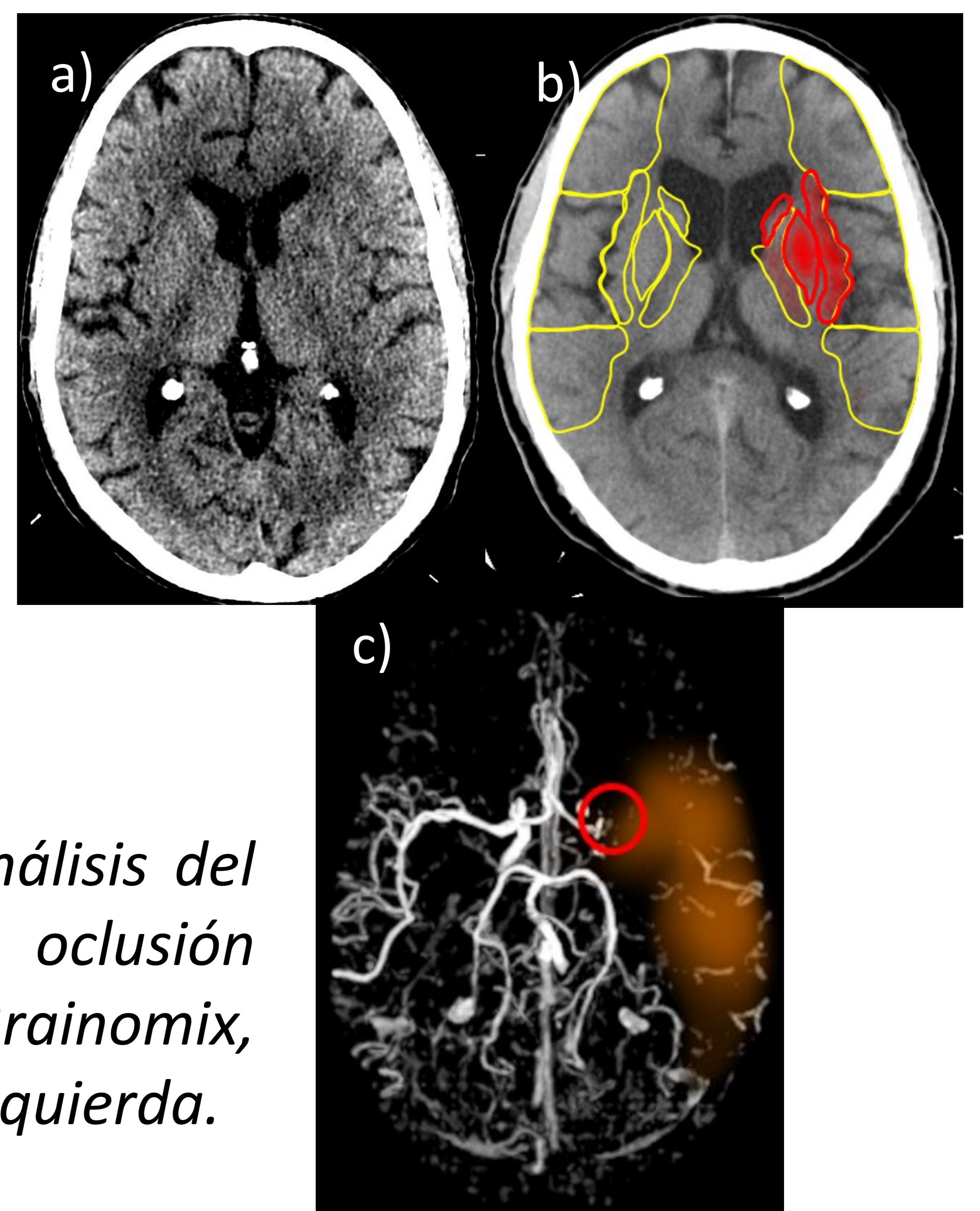


Figura 1. A) TC craneal sin contraste, B) Análisis del ASPECTS por Brainomix, C) AngioTC con oclusión vascular marcada con un círculo rojo por Brainomix, en un paciente con oclusión aguda de ACM izquierda.

Puntuación ASPECTS en TC de cráneo basal

El Alberta Stroke Program Early CT Score (**ASPECTS**) es un método simple y sistemático basado en TC sin contraste, útil para evaluar los cambios isquémicos precoces en el área de irrigación de la arteria cerebral media (ACM). Una puntuación ASPECTS mayor o igual a 6 se utiliza como criterio de indicación terapéutica actualmente.

Se evalúan 10 regiones vasculares de la ACM para detectar cambios focales de hipotenuación por isquemia, que comprenden: 7 regiones a nivel de los ganglios basales (M1, M2, M3, núcleo caudado, cápsula interna, ínsula, núcleo lenticular) y 3 regiones a nivel supraganglionar (M4, M5, M6). La evaluación final del ASPECTS se obtiene restando un punto por cada región afectada de un total de 10.

Para el análisis del ASPECTS en este trabajo se utiliza como dato de referencia el informe emitido por el radiólogo de Urgencias.

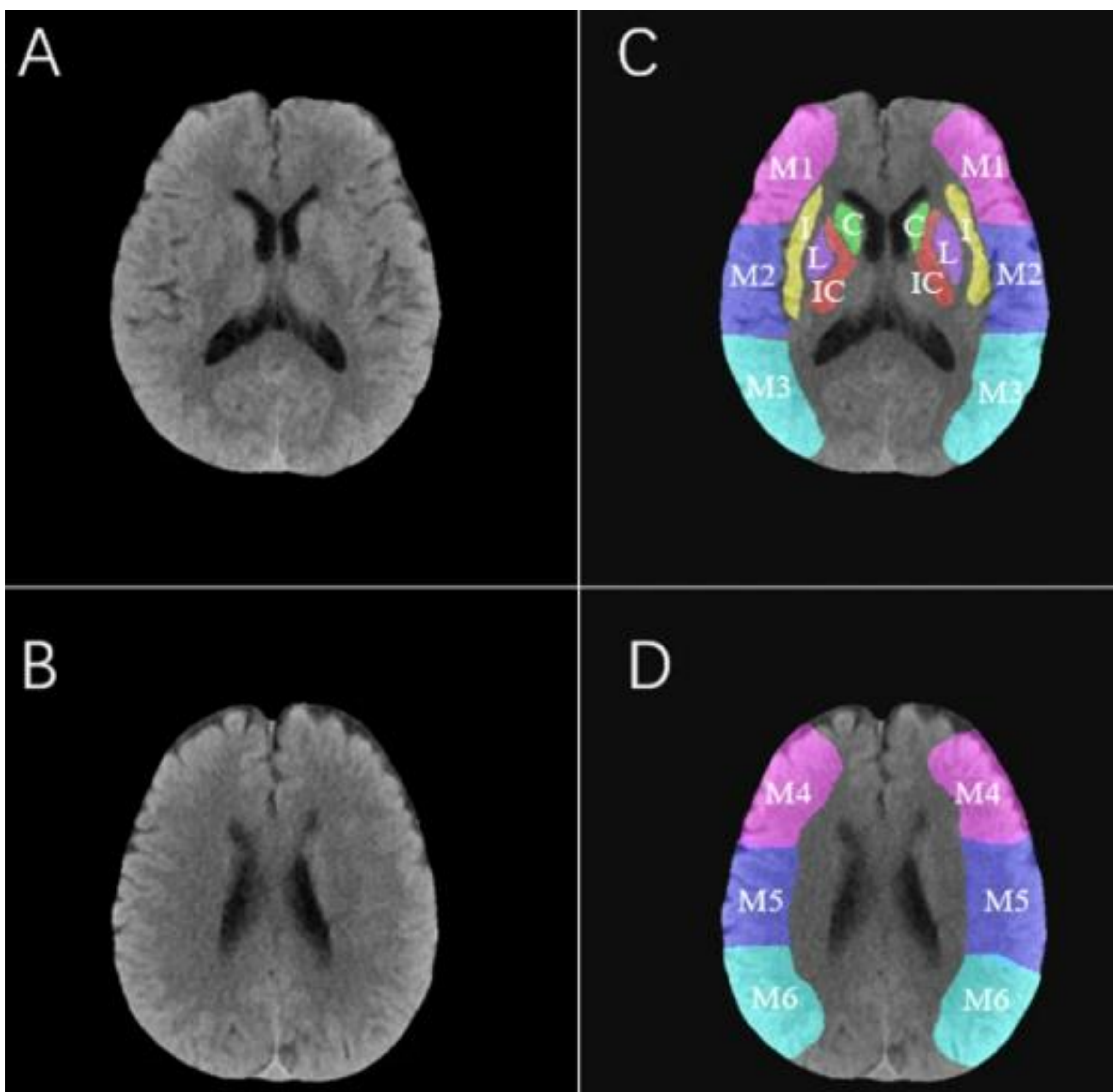


Figura 2. A y C) Imágenes axiales a nivel de los ganglios basales, con regiones ASPECTS en la imagen C. B y D) Imágenes axiales a nivel supraganglionar, con regiones ASPECTS en la imagen D. Fuente: Shu Wan et al. Automated ASPECTS calculation may equal the performance of experienced clinicians. European Radiology 2023.

Oclusión vascular en angiografía por TC

La oclusión vascular en Angio-TC se define como la ausencia de opacificación de contraste, parcial o completa, en un vaso intra o extracraneal, con o sin recanalización posterior. La detección de la oclusión de un vaso de gran calibre es importante por el potencial tratamiento endovascular inmediato.

Para este estudio, las localizaciones de las posibles oclusiones vasculares se dividieron en 5 categorías o subgrupos:

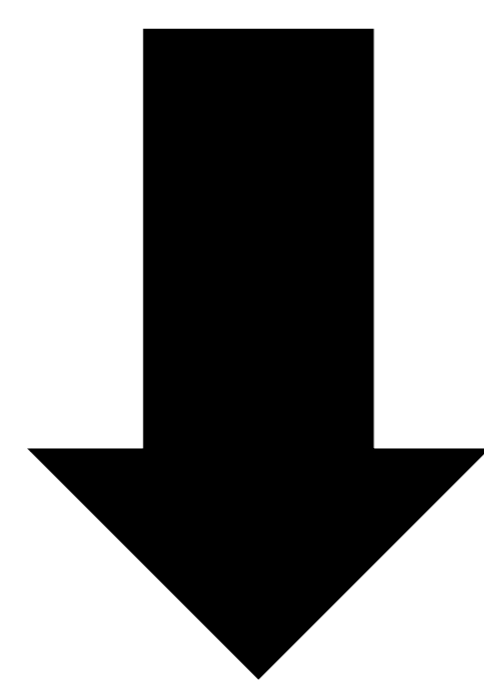
- Categoría 1 o ACI/ACM proximal: oclusiones en arteria carótida interna (ACI) intracraneal o arteria cerebral media (ACM) proximal en el segmento M1.
- Categoría 2 o ACM distal: oclusiones en arteria cerebral media (ACM) distal en los segmentos M2, M3 y M4.
- Categoría 3 o ACA: oclusiones en arteria cerebral anterior (ACA) en segmentos proximales (A1 y A2) o distales (A3 y A4).
- Categoría 4 o extracraneal: oclusiones en arterias carótidas comunes, arterias carótidas internas extracraneales (hasta segmento petroso) y arterias vertebrales extracraneales (hasta segmento V3).
- Categoría 5 o circulación posterior: oclusiones en arterias vertebrales intracraneales (segmento V4), arterias cerebelosas posteroinferiores (PICA), arteria basilar, arterias cerebelosas anteroinferiores (AICA), arterias cerebelosas superiores (ACS) y arterias cerebrales posteriores (ACP: P1-P4).

Para el análisis de la oclusión vascular por Angio-TC en este trabajo se utiliza la angiografía diagnóstica/terapéutica como dato de referencia.

Análisis estadístico

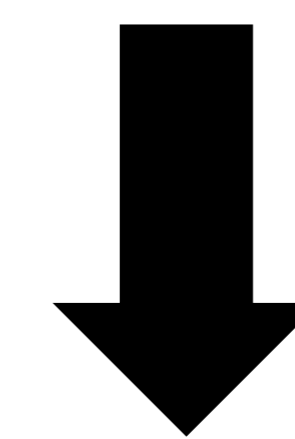
Se realizó utilizando el software informático y estadístico IBM SPSS, con dos aspectos diferentes.

1. Análisis comparativo del **ASPECTS** automatizado del algoritmo de IA con respecto el **ASPECTS** informado por el radiólogo, analizando lateralidad y valor numérico.

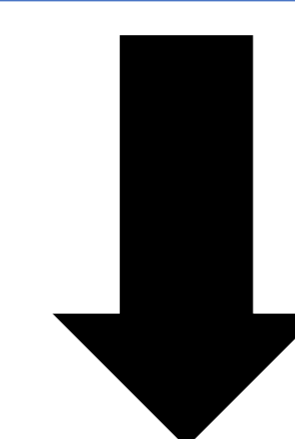


Prueba de Wilcoxon

2. Análisis de la capacidad de detección de **oclusiones vasculares** del algoritmo de IA y del radiólogo con respecto al grupo control, analizando lateralidad y localización.



Grupo control utilizado: resultado de la angiografía D/T.
Análisis por subgrupos en función de la localización de la oclusión.



Test de McNemar

RESULTADOS

ASPECTS

De los 102 pacientes seleccionados, se excluyeron 5 por dar “ERROR” en el software de IA que analiza automáticamente el ASPECTS, siendo finalmente 97 pacientes considerados para este objetivo.

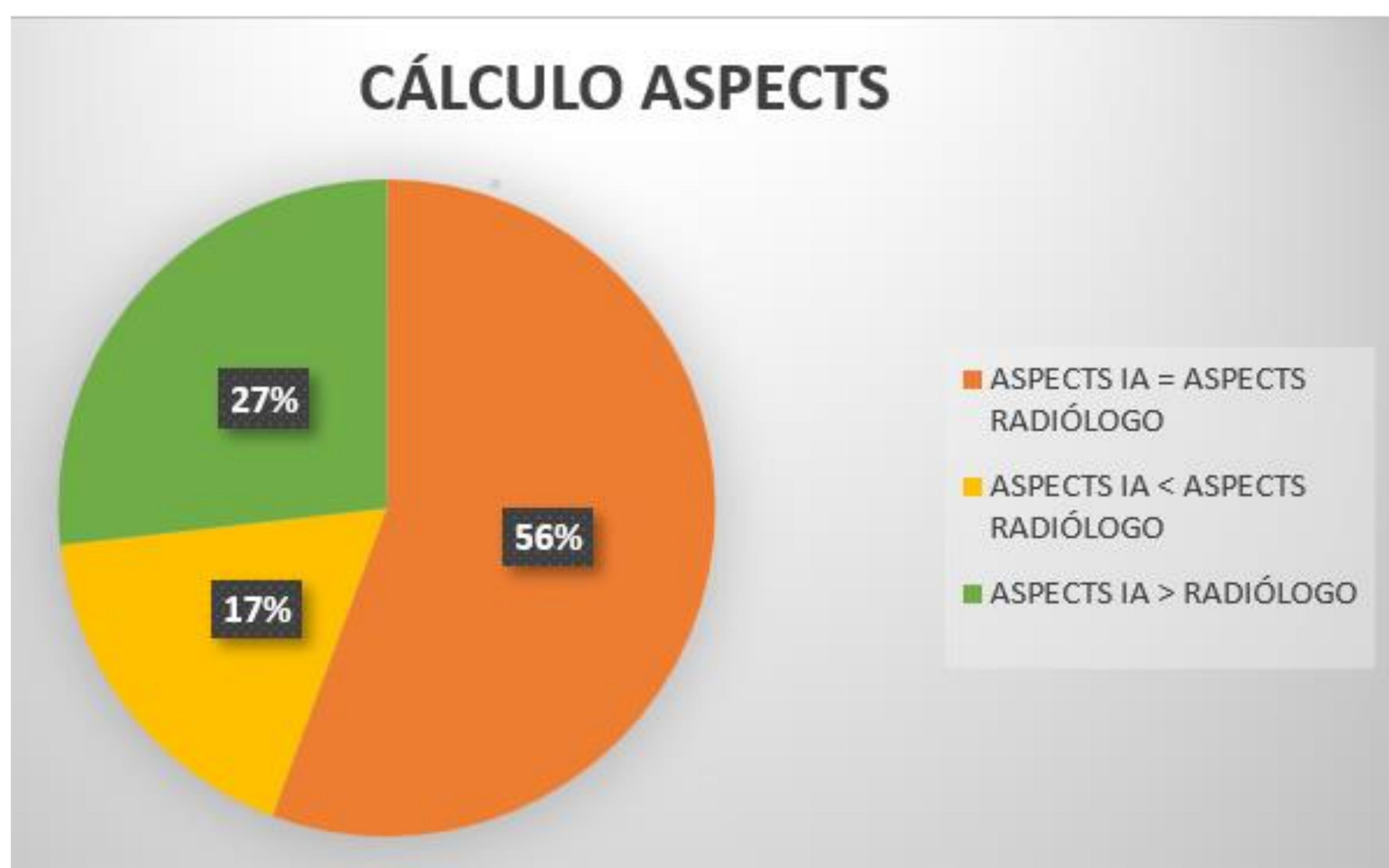
En todos los casos analizados, la IA y el radiólogo coinciden en la lateralidad de los signos de isquemia aguda en el TC de cráneo basal.

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
ASPECTS RADIOLOGO	97	8,68	1,711	2	10
ASPECTS IA	97	8,89	1,368	3	10

Tabla 1. Estadísticos descriptivos en los que se expone la media del ASPECTS, la puntuación mínima y la máxima de los casos estudiados según la IA y el radiólogo de urgencias.

Gráfico 1. Representación gráfica de los resultados de la prueba de Wilcoxon.



		N
ASPECTS IA - ASPECTS RADIÓLOGO	Rangos negativos	17 ^a
	Rangos positivos	26 ^b
	Empates	54 ^c
	Total	97

a. ASPECTS IA < ASPECTS RADIÓLOGO

b. ASPECTS IA > ASPECTS RADIÓLOGO

c. ASPECTS IA = ASPECTS RADIÓLOGO

Tabla 2. Resultados estadísticos de la prueba de Wilcoxon.

En el análisis comparativo del ASPECTS, obtenemos que la IA y el radiólogo coinciden en 54 casos (55.67%) y difieren en 43. Dentro de los casos con diferencias tenemos 17 casos (17.53%) en los que la IA da un ASPECTS menor que el radiólogo y 26 casos (26.80%) en los que la IA aporta un ASPECTS mayor que el radiólogo.

En todos los casos en los que difiere el cálculo del ASPECTS, salvo en dos, tanto la IA como el radiólogo coinciden en estar por debajo de 6 puntos o estar igual/por encima de 6 puntos, que es criterio de indicación terapéutica.

Estadísticos de prueba^a

	ASPECTS IA - ASPECTS RADIÓLOGO	
Z	-1,806 ^b	
Sig. asin. (bilateral)	,071	p >0,05

Tabla 3. Estadísticos de la prueba de Wilcoxon.

Obtenemos una $p > 0.05$, por lo tanto aceptamos la hipótesis de que el ASPECTS calculado por la IA no presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al ASPECTS informado por el radiólogo en nuestra muestra de pacientes, con un intervalo de confianza del 95%.

Ejemplos

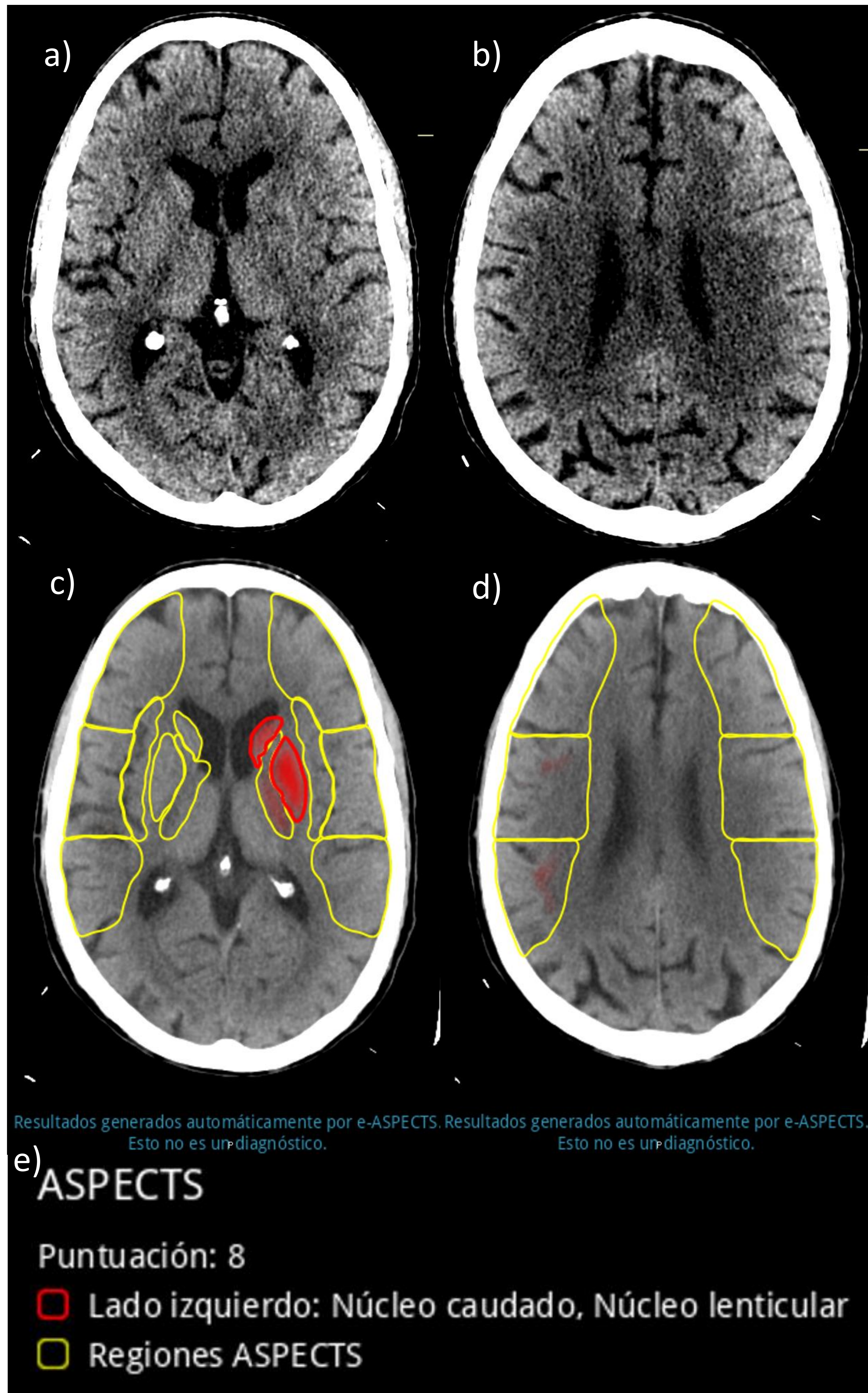


Figura 3. A y B) TC de cráneo basal informado por el radiólogo de urgencias con un ASPECTS 8. C, D y E) Análisis automático del software de IA que genera un ASPECTS de 8. En este caso coinciden ambas interpretaciones con una puntuación ASPECTS favorable.

Ejemplos

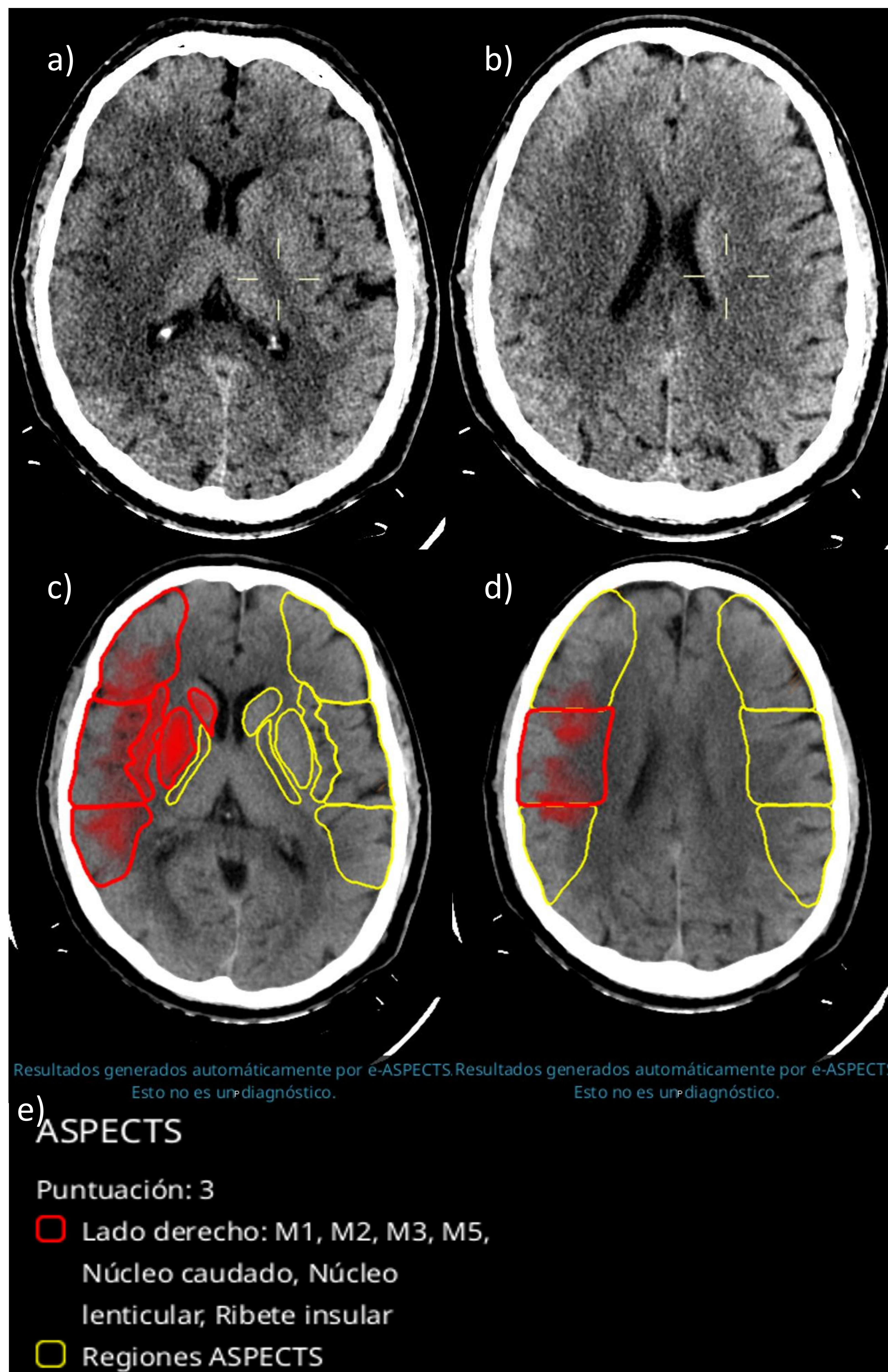


Figura 4. A y B) TC de cráneo basal informado por el radiólogo de urgencias con un ASPECTS 4 (M1, M2, M3, M5, ribete insular y núcleo lenticular). C, D y E) Análisis automático del software de IA que genera un ASPECTS de 3. En este caso, no coinciden ambas interpretaciones, pero tanto la IA como el radiólogo dan una puntuación ASPECTS desfavorable.

Ejemplos

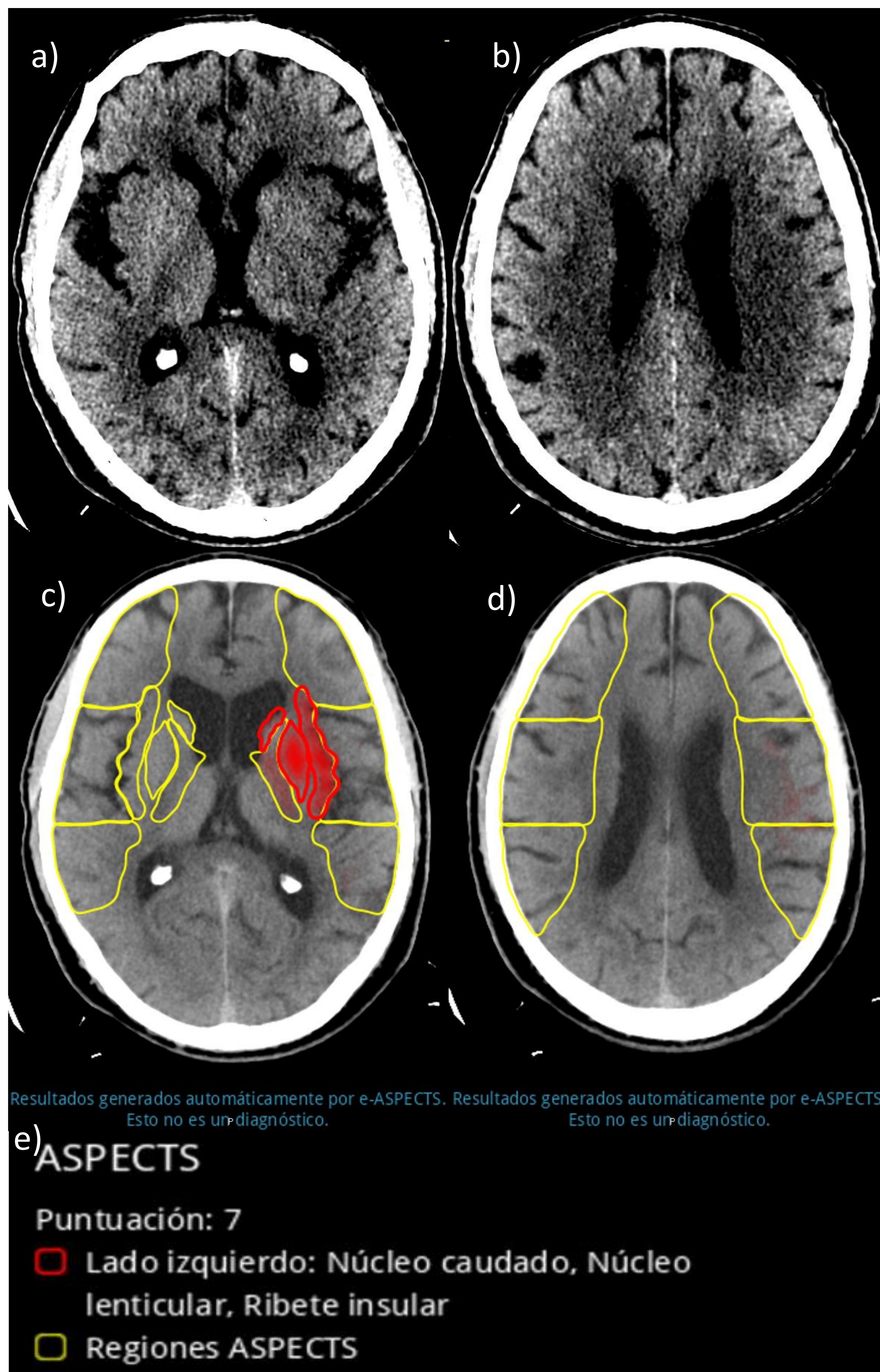


Figura 5. A y B) TC de cráneo basal informado por el radiólogo de urgencias con un ASPECTS 8 (ribete insular y núcleo lenticular). C, D y E) Análisis automático del software de IA que genera un ASPECTS 7. En este caso, no coinciden ambas interpretaciones, pero tanto la IA como el radiólogo dan una puntuación ASPECTS favorable.

OCLUSIÓN VASCULAR EN ANGIO-TC: ANÁLISIS POR SUBGRUPOS

Del los 102 pacientes seleccionados, se excluyeron 3 por dar “ERROR” en el software de IA, siendo finalmente 99 pacientes incluidos para este objetivo. Algunos pacientes presentaron varias oclusiones en diferentes localizaciones por lo que fueron incluidos en varias categorías.

En todos los casos en los que la IA o el radiólogo detectan oclusión arterial coinciden en la lateralidad del vaso con respecto a la angiografía.

	Casos confirmados por Angiografía	Casos detectados por Radiólogo	% detección Radiólogo	Casos detectados por IA	% detección IA
C1: ACI/ACM proximal	46	46	100%	38	82.6%
C2: ACM distal	31	30	96.8%	13	41.9%
C3: ACA	6	4	66.7%	0	0%
C4: Extracraneal	10	10	100%	5	50%
C5: Circulación Posterior	12	12	100%	0	0%

Tabla 4. Resultados de detección de casos en formato de porcentajes tanto del radiólogo como de la IA en cada una de las categorías.

ANÁLISIS POR SUBGRUPOS

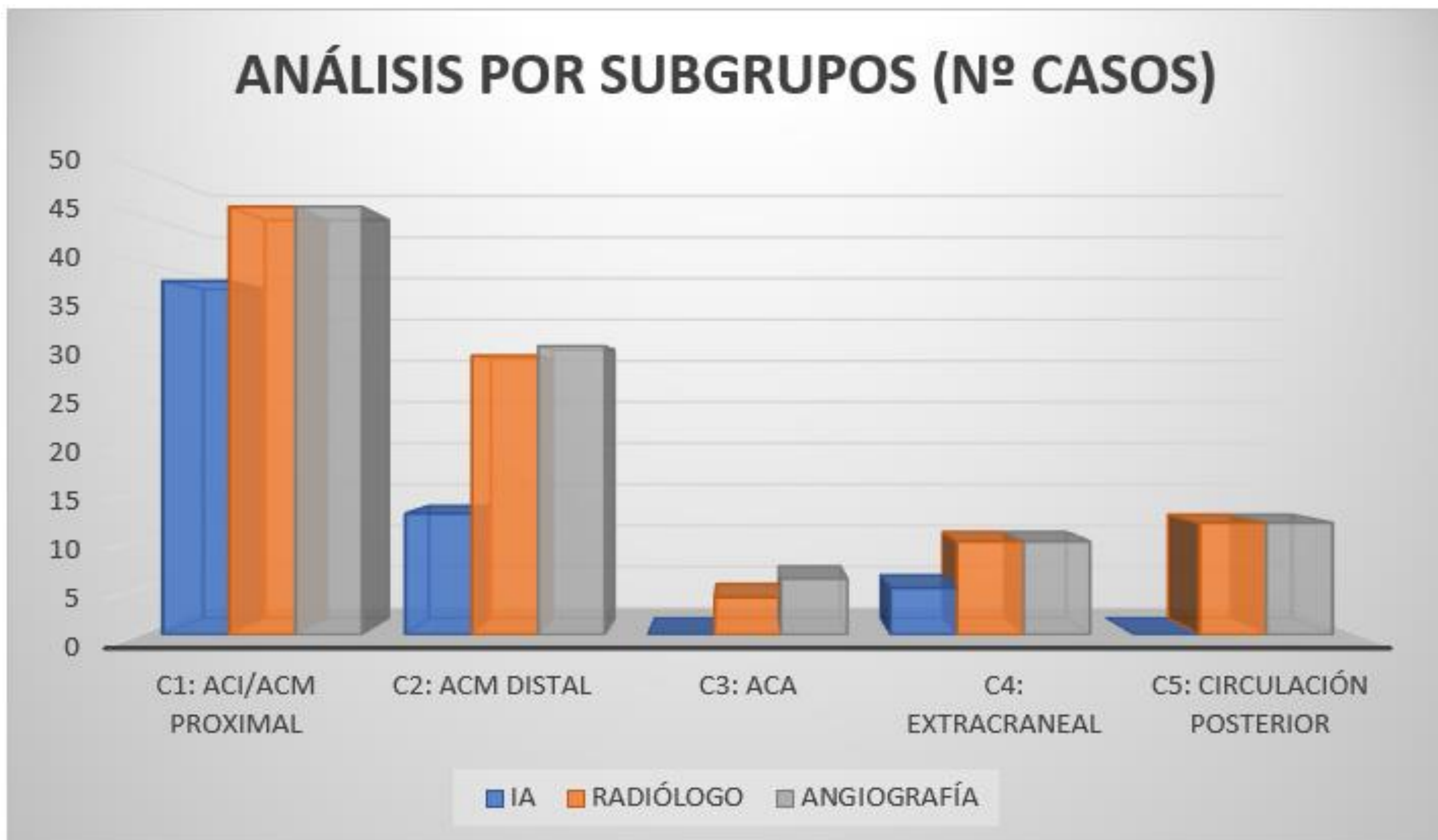


Gráfico 2. Representación gráfica del número de oclusiones vasculares detectadas por la IA y el radiólogo con respecto al grupo control (angiografía) para cada una de las categorías definidas.

A continuación se exponen los resultados del análisis estadístico por categorías.

CATEGORÍA C1: ACI/ACM PROXIMAL

	N.º CASOS DETECCIÓN OCCLUSIÓN	SENSIBILIDAD
IA	38	0.83
RADIÓLOGO	46	≈ 1
ANGIOGRAFÍA	46	

Tabla 5. Resultados estadísticos del test de McNemar.

En la categoría C1, el radiólogo detecta todos los casos confirmados por la angiografía (46), mientras que la IA es capaz de detectar 38. Según estos datos, la IA muestra una sensibilidad del 83% para la detección de este tipo de oclusiones y el radiólogo una sensibilidad cercana al 100%.

A)	Tipo de prueba	Significación P de un factor
Par : Radiologo - Angiografía	Binomial ajustado mid-p	,500
	McNemar	,500

B)	Tipo de prueba	Significación P de un factor
Par : IA - Angiografía	Binomial ajustado mid-p	,131
	McNemar	,129

Tabla 6. Estadísticos del test de McNemar en categoría C1 (intervalo de confianza del 95%).

A) $p > 0.05$, no hay diferencias estadísticamente significativas entre radiólogo y angiografía.

B) $p > 0.05$, no hay diferencias estadísticamente significativas entre IA y angiografía.

C1: ACI-ACM PROXIMAL

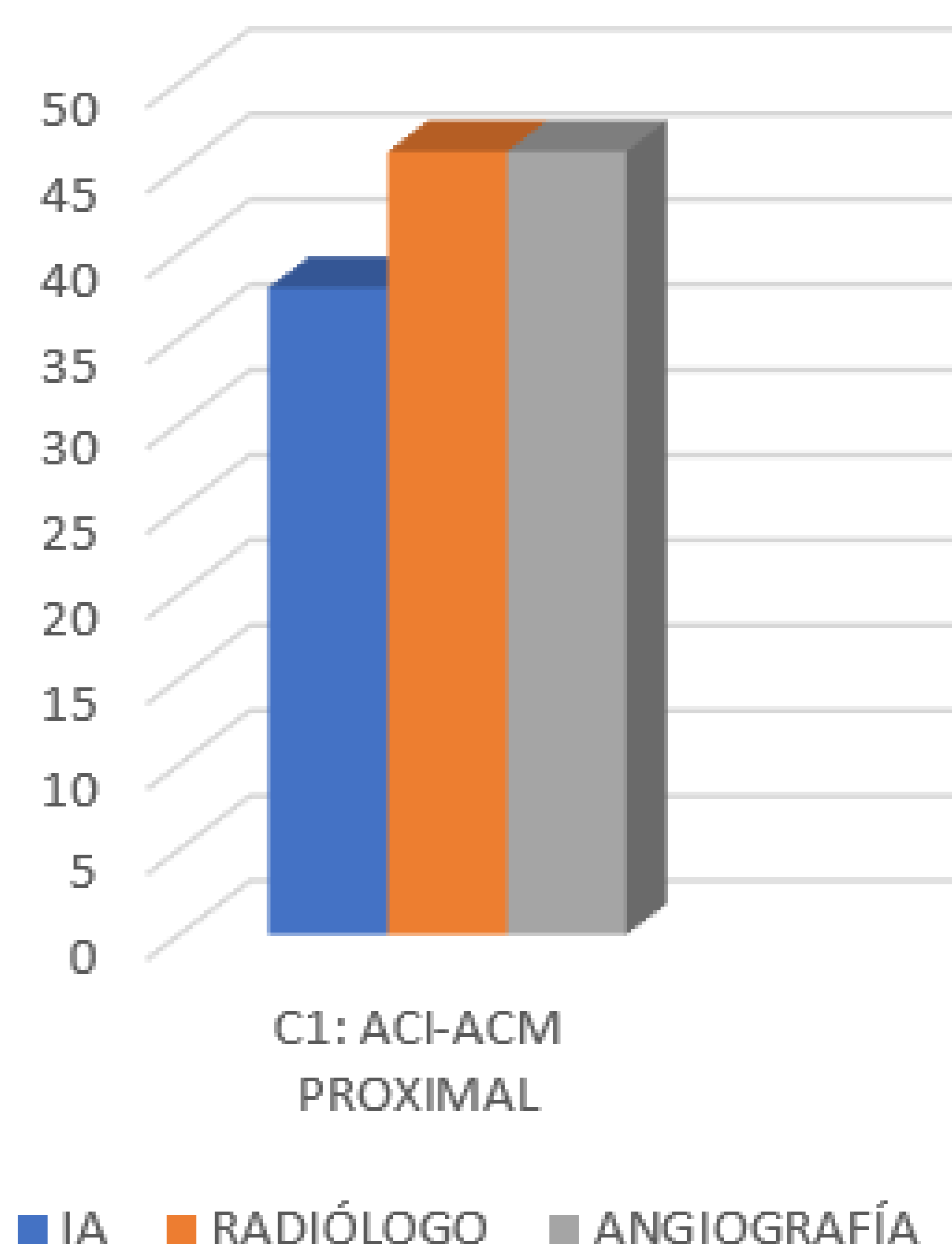


Gráfico 3. Representación gráfica de los casos detectados en la categoría C1.

Ejemplos

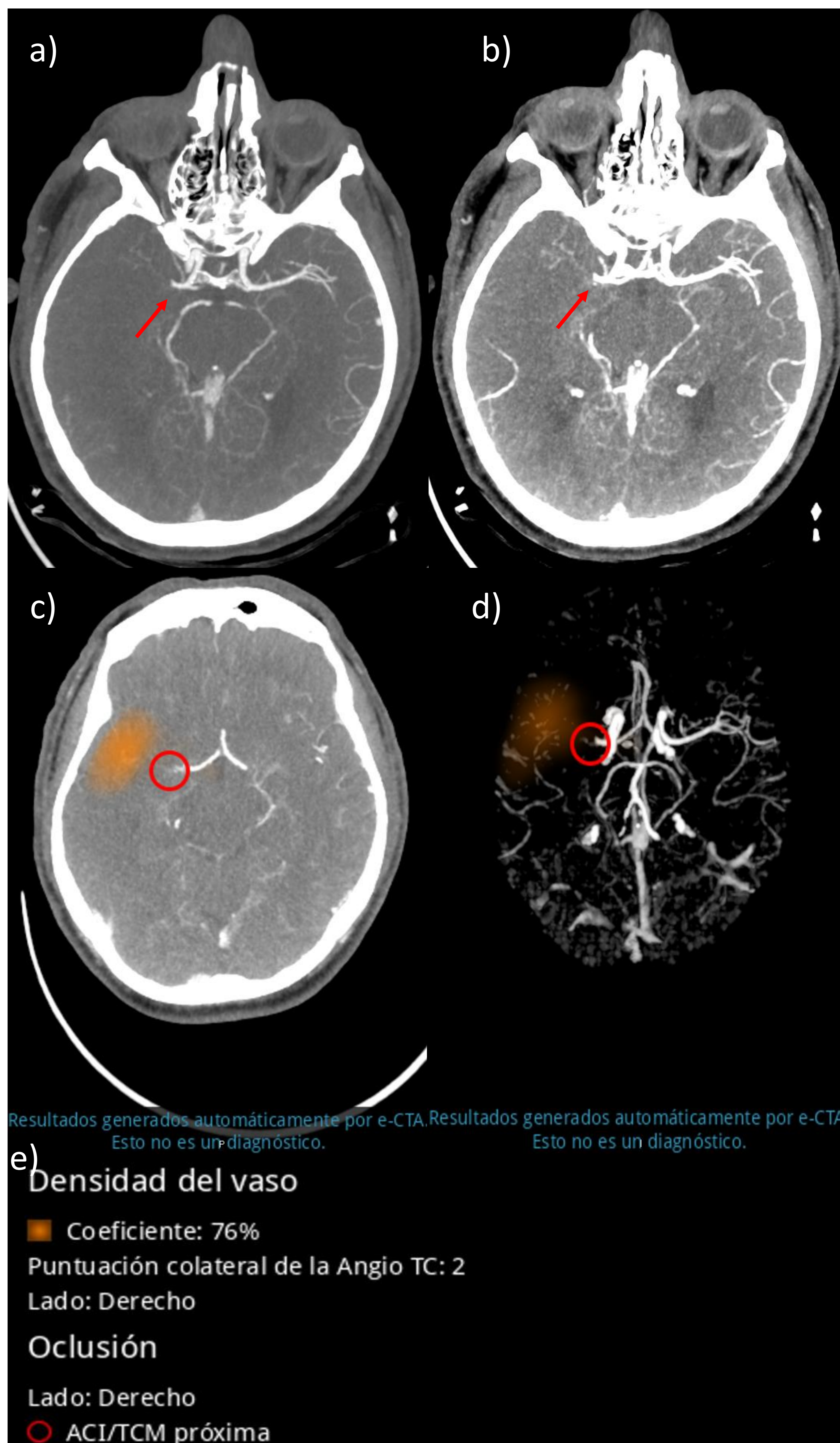


Figura 6. A y B) Imagen axial y reconstrucción MIP (B) de oclusión en M1 derecha informada por el radiólogo (flechas rojas). C, D y E) Detección automática de oclusión en M1 derecha por algoritmo de IA, generando una reconstrucción MIP automática (D).

Ejemplos

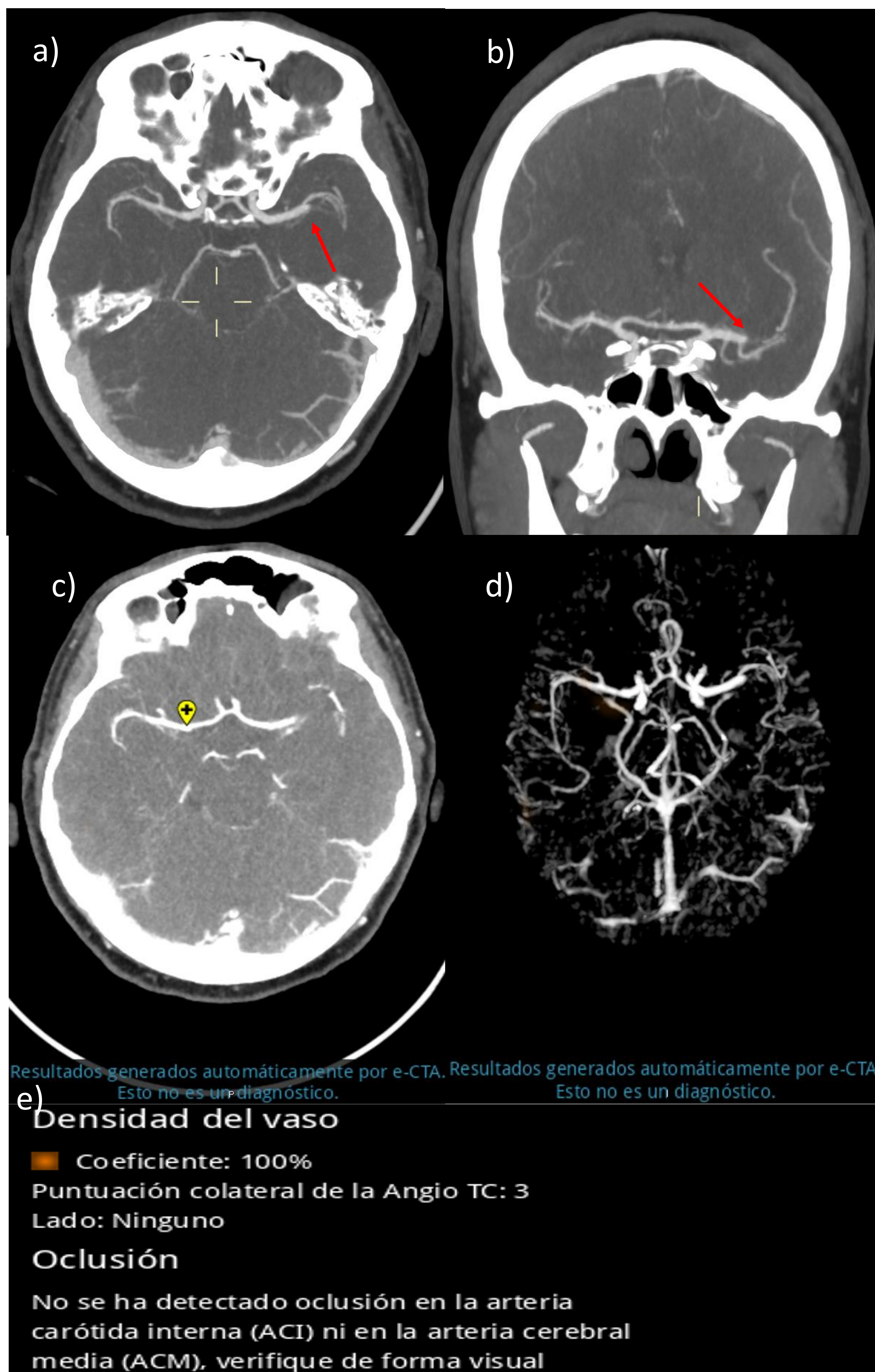


Figura 7. A y B) Imagen axial y coronal de una oclusión en M1 izquierda informada por el radiólogo (flechas rojas). C, D y E) La IA no detecta oclusión en M1 izquierda, posiblemente por la presencia de paso filiforme de contraste a M2 ipsilateral.

CATEGORÍA C2: ACM DISTAL

	N.º CASOS DETECCIÓN OCLUSIÓN	SENSIBILIDAD
IA	13	0.42
RADIÓLOGO	30	0.97
ANGIOGRAFÍA	31	

Tabla 7. Resultados estadísticos del test de McNemar.

En la categoría C2, el radiólogo detecta 30 casos de todos los casos confirmados por angiografía (31), mientras que la IA sólo detecta 13. Según estos datos, la IA muestra una sensibilidad del 42% para la detección de este tipo de oclusiones y el radiólogo una sensibilidad del 97%.

		Significación
A)	Tipo de prueba	P de un factor
Par 1: Radiologo - Angiografía	Binomial ajustado mid-p	,344
	McNemar	,327

		Significación
B)	Tipo de prueba	P de un factor
Par 1: IA - Angiografía	Binomial ajustado mid-p	,003
	McNemar	,003

Tabla 8. Estadísticos del test de McNemar en categoría C2 (intervalo de confianza del 95%).

A) $p > 0.05$, no hay diferencias estadísticamente significativas entre radiólogo y angiografía.

B) $p < 0.05$, **hay diferencias estadísticamente significativas entre IA y angiografía.**

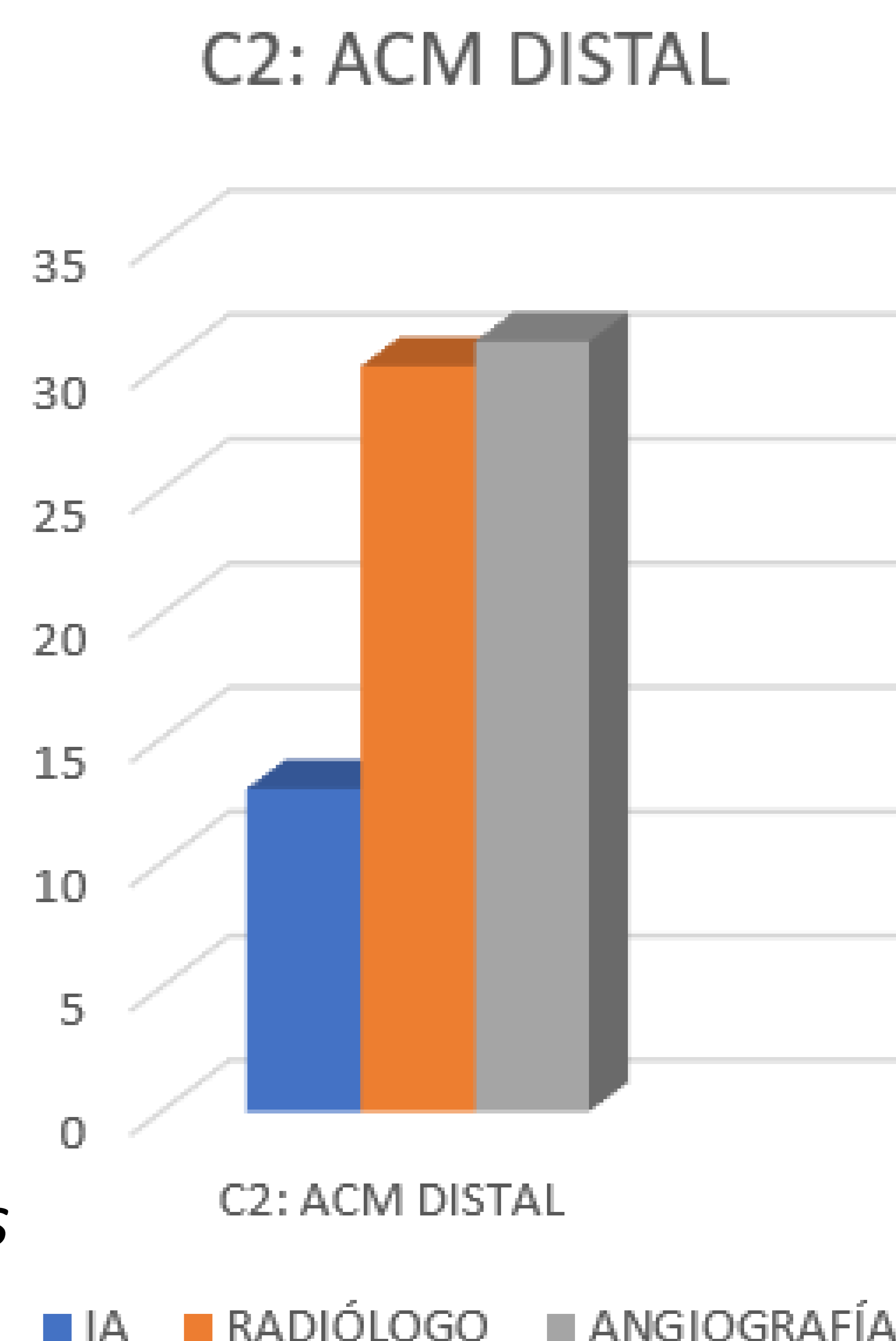


Gráfico 4. Representación gráfica de los casos detectados en la categoría C2.

Ejemplos

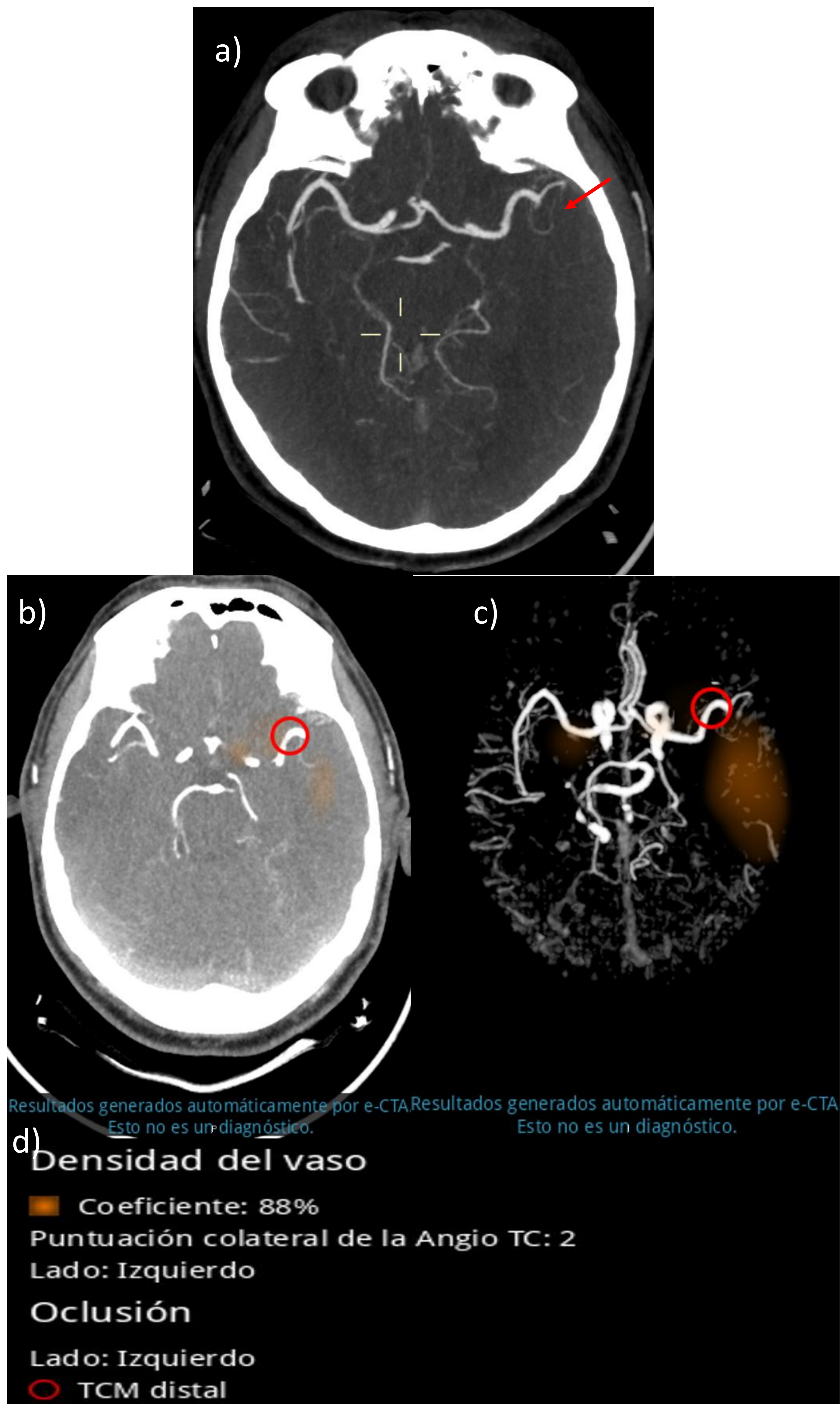


Figura 8. A) Imagen axial con reconstrucción MIP de oclusión en M2 proximal izquierda informada por el radiólogo (flecha roja). B, C y D) Detección automática de oclusión en M2 derecha por algoritmo de IA, generando una reconstrucción MIP automática (C).

Ejemplos

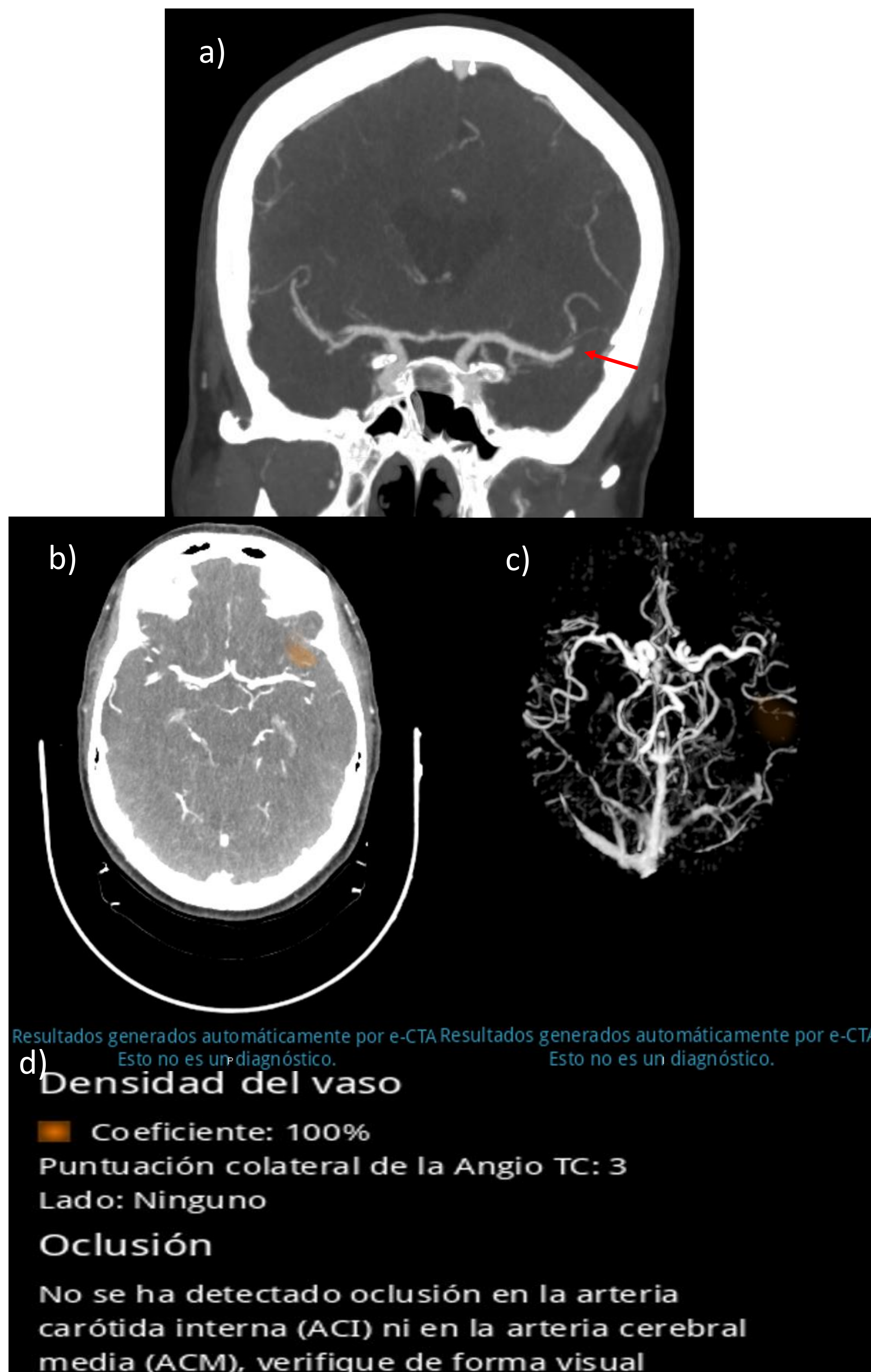


Figura 9. A) Imagen coronal de oclusión en M2 proximal izquierda informada por el radiólogo (flecha roja). B, C y D) La IA no detecta oclusión en M2 izquierda.

CATEGORÍA C3: ACA

	N.º CASOS DETECCIÓN OCCLUSIÓN	SENSIBILIDAD
IA	0	≈ 0
RADIÓLOGO	4	0.66
ANGIOGRAFÍA	6	

Tabla 9. Resultados estadísticos del test de McNemar.

En la categoría C3, el radiólogo detecta 4 de los casos confirmados por angiografía (6), mientras que la IA no es capaz de detectar ninguno. Según estos datos, el radiólogo muestra una sensibilidad del 66% para la detección de este tipo de oclusiones, siendo nula la sensibilidad de la IA.

A)	Tipo de prueba	Significación P de un factor
Par 1: Radiologo - Angiografía	Binomial ajustado mid-p	,125
	McNemar	,079

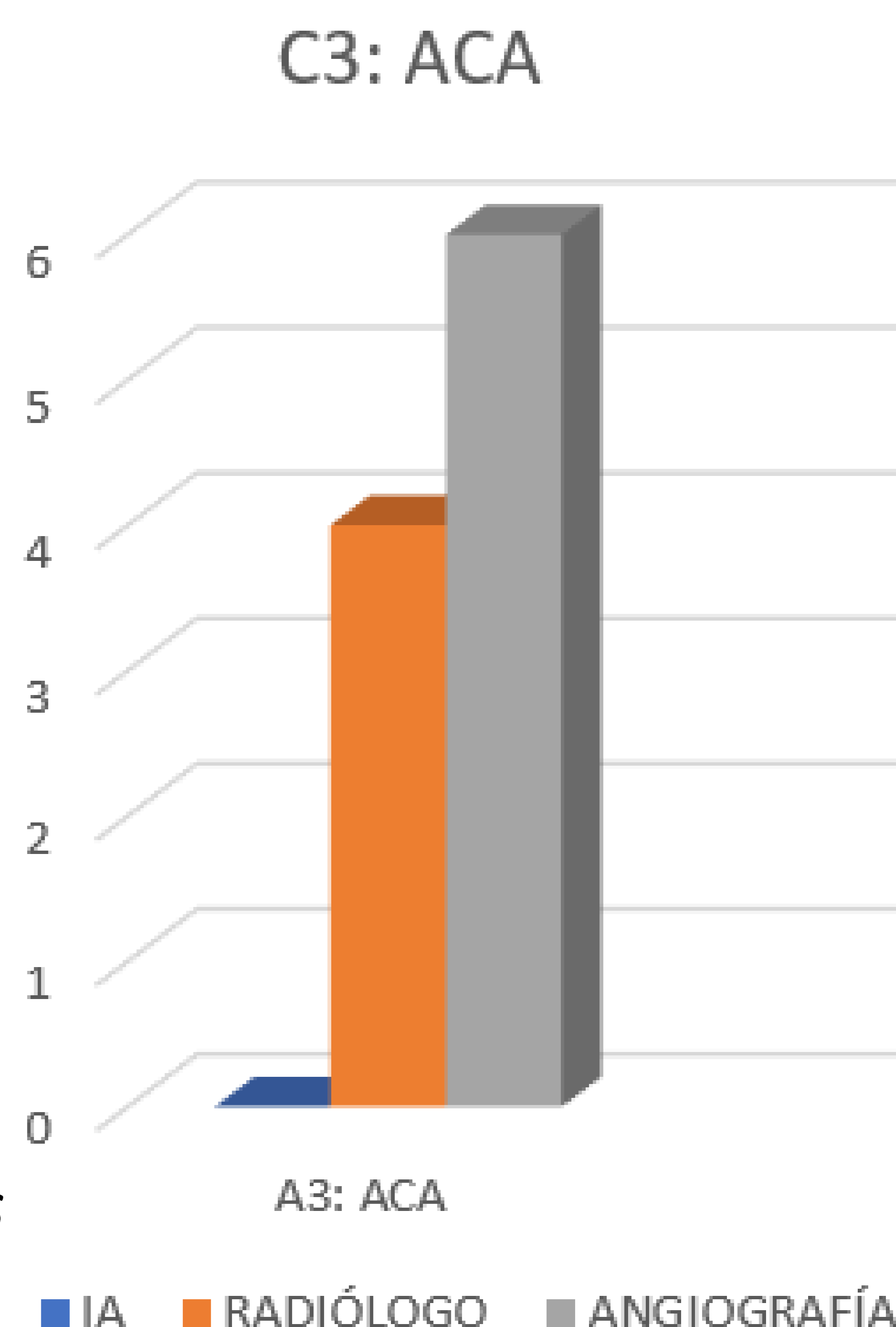
B)	Tipo de prueba	Significación P de un factor
Par 1: IA - Angiografía	Binomial ajustado mid-p	,008
	McNemar	,007

Tabla 10. Estadísticos del test de McNemar en categoría C3 (intervalo de confianza del 95%).

A) $p > 0.05$, no hay diferencias estadísticamente significativas entre radiólogo y angiografía.

B) $p < 0.05$, hay diferencias estadísticamente significativas entre IA y angiografía.

Gráfico 4. Representación gráfica de los casos detectados en la categoría C3.



Ejemplos

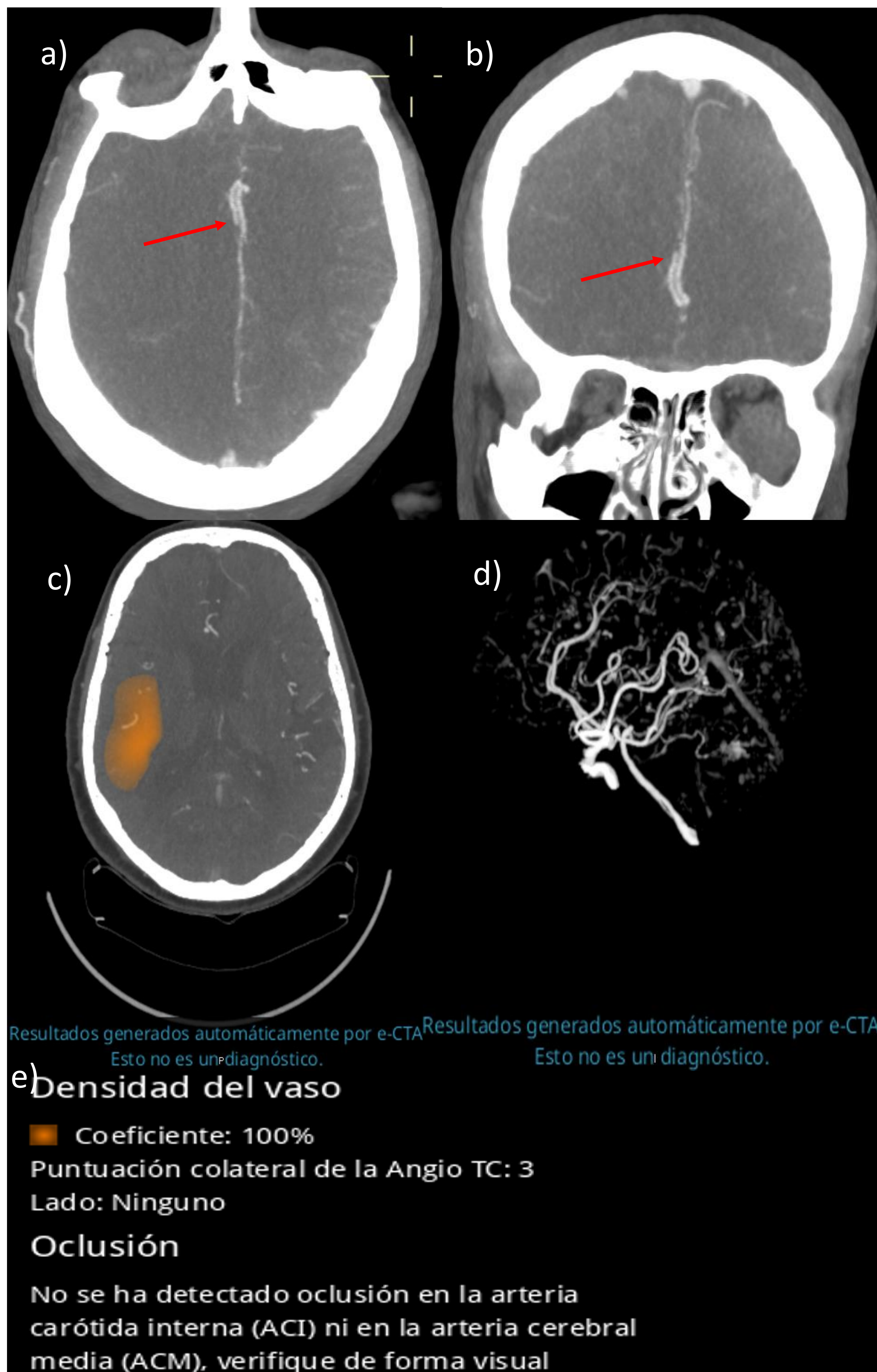


Figura 10. A y B) Imagen axial y coronal con reconstrucción MIP de oclusión en A2 derecha informada por el radiólogo (flechas rojas). C, D y E) La IA no detecta oclusión en A2 derecha.

CATEGORÍA C4: EXTRACRANEAL

	N.º CASOS DETECCIÓN OCCLUSIÓN	SENSIBILIDAD
IA	5	0.5
RADIÓLOGO	10	≈ 1
ANGIOGRAFÍA	10	

Tabla 11. Resultados estadísticos del test de McNemar.

En la categoría C4, el radiólogo detecta todos los casos confirmados por la angiografía (10), mientras que la IA es capaz de detectar 5. Según estos datos, la IA muestra una sensibilidad del 50% para la detección de este tipo de oclusiones y el radiólogo una sensibilidad cercana al 100%.

A)

Tipo de prueba	Significación P de un factor
Binomial ajustado mid-p	a
McNemar	a

a. Esta estadística no se puede calcular porque no hay suficientes casos

B)

Tipo de prueba	Significación P de un factor
Binomial ajustado mid-p	,105
McNemar	,048

Tabla 12. Estadísticos del test de McNemar en categoría C4 (intervalo de confianza del 95%).

A) No permite el cálculo del valor p por escaso número de casos incluidos en esta categoría.

B) $p < 0.05$, hay diferencias estadísticamente significativas entre IA y angiografía.

C4: EXTRACRANEAL

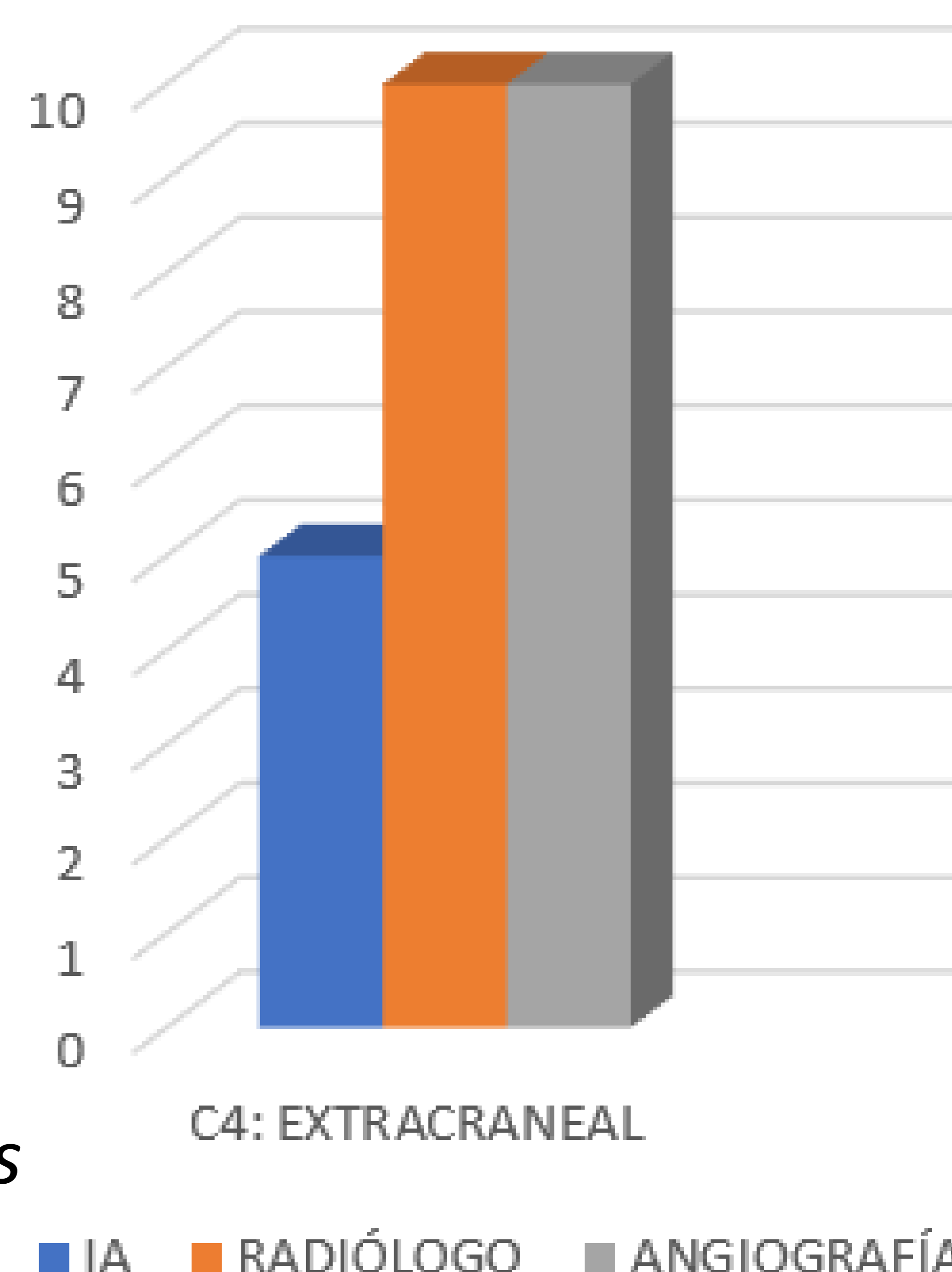


Gráfico 4. Representación gráfica de los casos detectados en la categoría C4.

Ejemplos

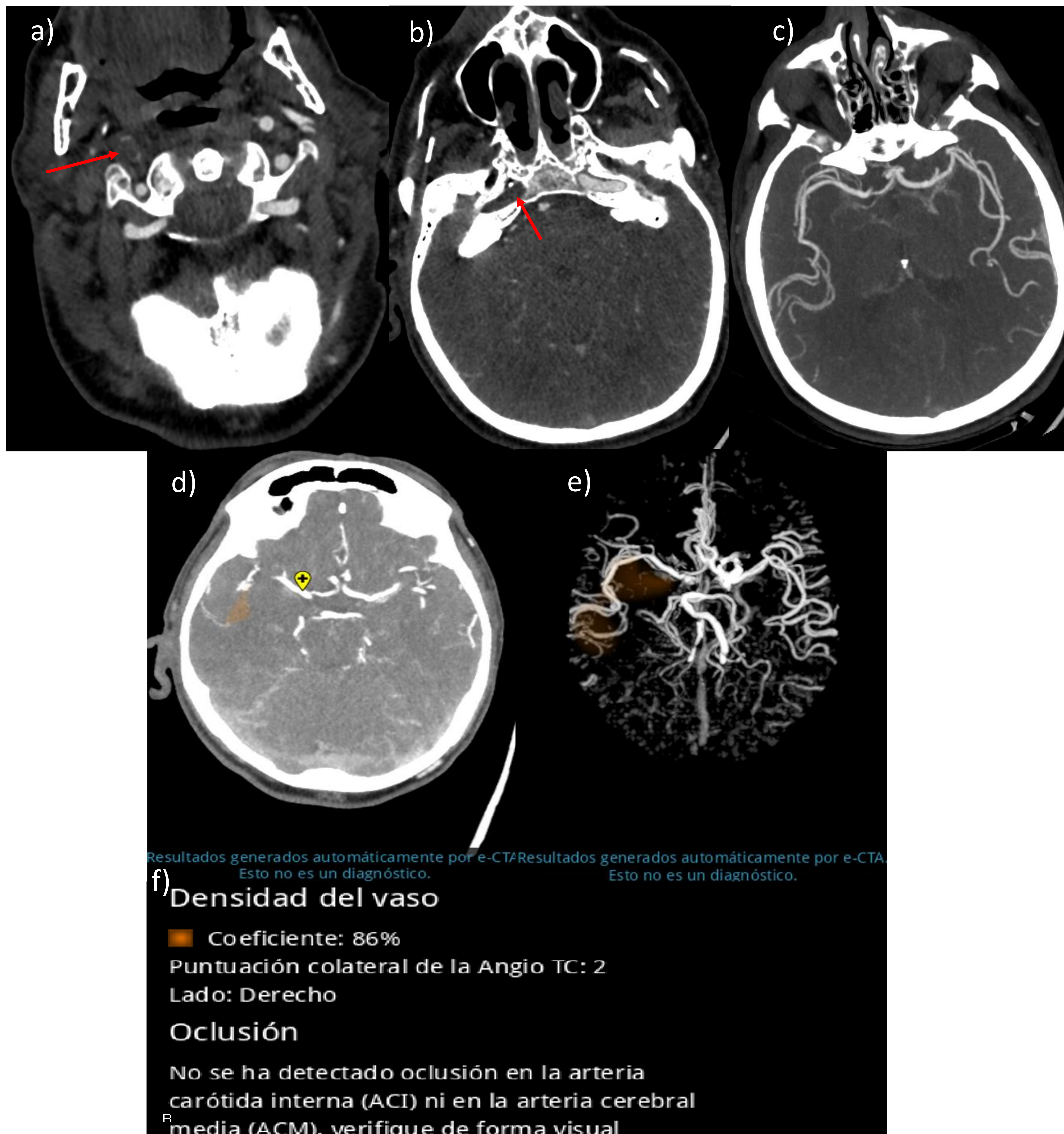


Figura 11. A y B) Imágenes axiales que muestran oclusión completa de la ACI derecha desde su segmento cervical (flechas rojas). C) Reconstrucción MIP axial donde se aprecia recanalización de la ACM y ACA derechas a través de la arteria comunicante anterior. D, E y F) La IA no detecta oclusión en ACI derecha extracraneal, probablemente por la recanalización referida.

Ejemplos

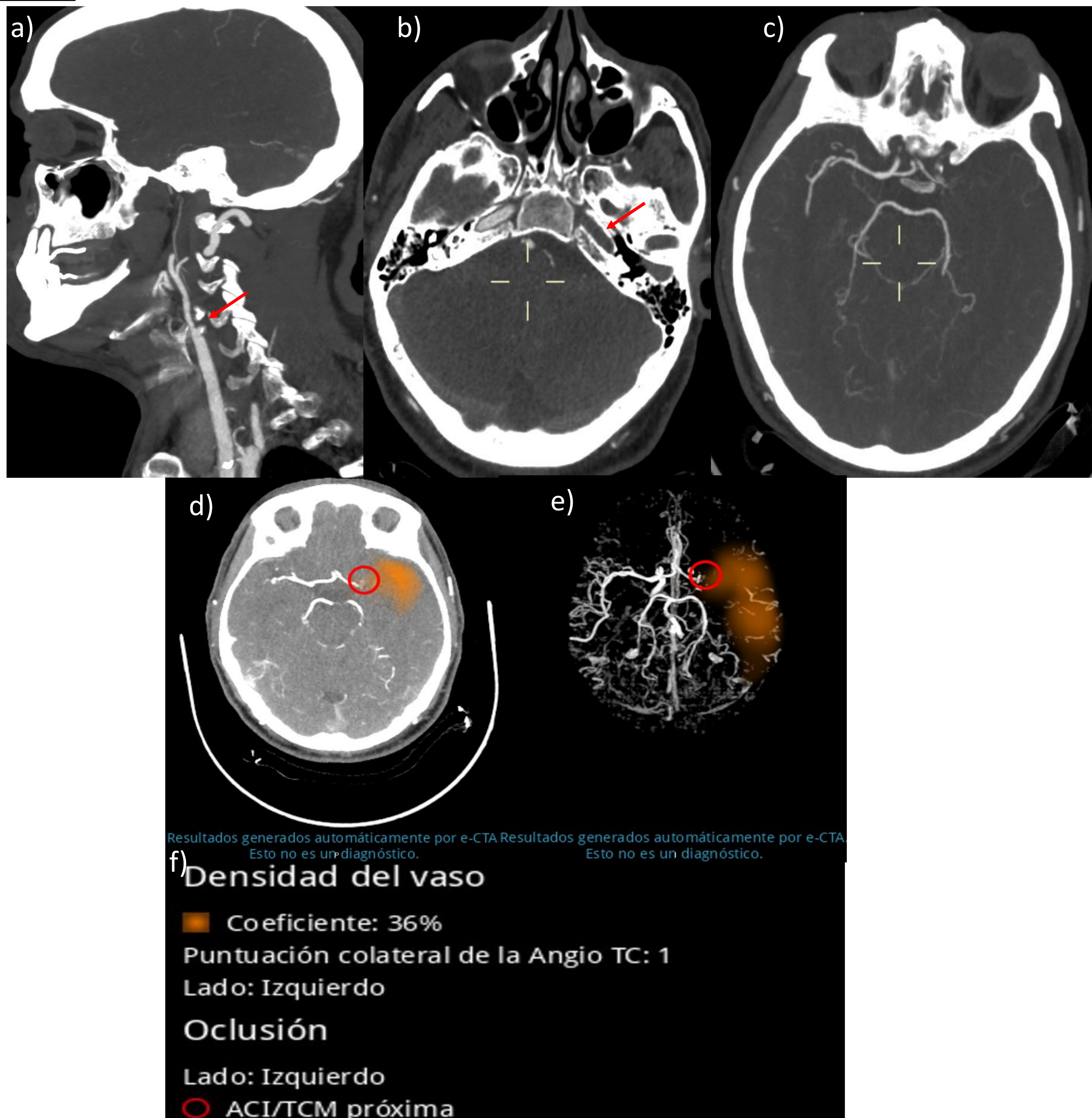


Figura 12. A y B) Imagen coronal y axial que muestra oclusión de la ACI izquierda extracraneal, desde su bifurcación, que es informada por el radiólogo (flechas rojas). C) Imagen axial con ausencia de contraste en ACM ipsilateral. D, E y F) Detección automática de la IA de oclusión en ACI intracraneal, debido a hallazgos indirectos intracraneales, sin identificar el lugar exacto de la oclusión.

CATEGORÍA C5: CIRCULACIÓN POSTERIOR

	N.º CASOS DETECCIÓN OCCLUSIÓN	SENSIBILIDAD
IA	0	≈ 0
RADIÓLOGO	12	≈ 1
ANGIOGRAFÍA	12	

Tabla 13. Resultados estadísticos del test de McNemar.

En la categoría C5, el radiólogo detecta todos los casos confirmados por la angiografía (12), mientras que la IA no es capaz de detectar ninguno. Según estos datos, el radiólogo muestra una sensibilidad cercana al 100% en este tipo de oclusiones, siendo nula la sensibilidad de la IA.

A)

Tipo de prueba	Significación P de un factor
Binomial ajustado mid-p	a
McNemar	a

a. Esta estadística no se puede calcular porque no hay suficientes casos

B)

Tipo de prueba	Significación P de un factor
Binomial ajustado mid-p	<,001
McNemar	<,001

Tabla 14. Estadísticos del test de McNemar en categoría C5 (intervalo de confianza del 95%).

A) No permite el cálculo del valor p por escaso número de casos incluidos en esta categoría.

B) $p < 0.05$, **hay diferencias estadísticamente significativas entre IA y angiografía.**

C5: CIRCULACIÓN POSTERIOR

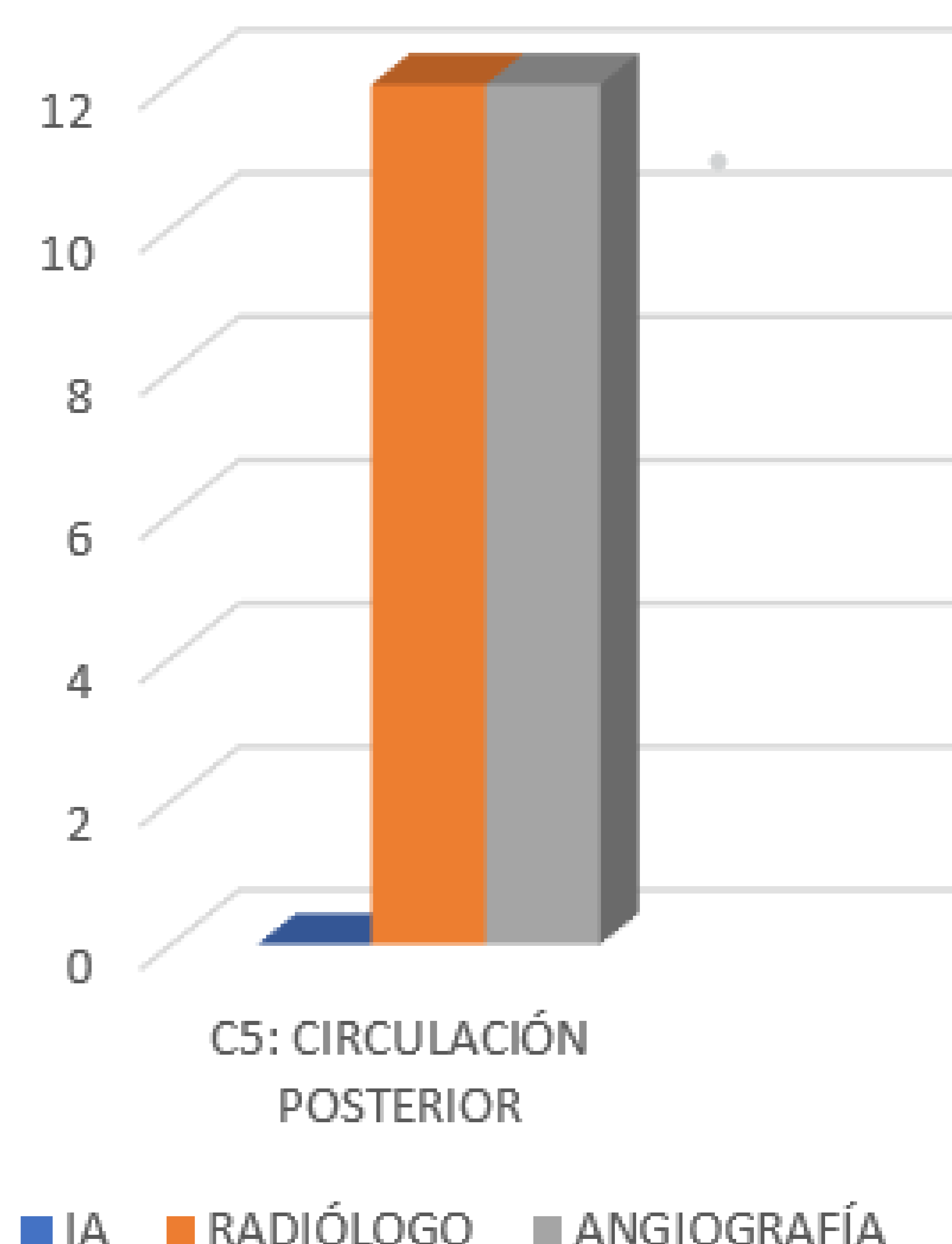


Gráfico 14. Representación gráfica de los casos detectados en la categoría C5.

Ejemplos

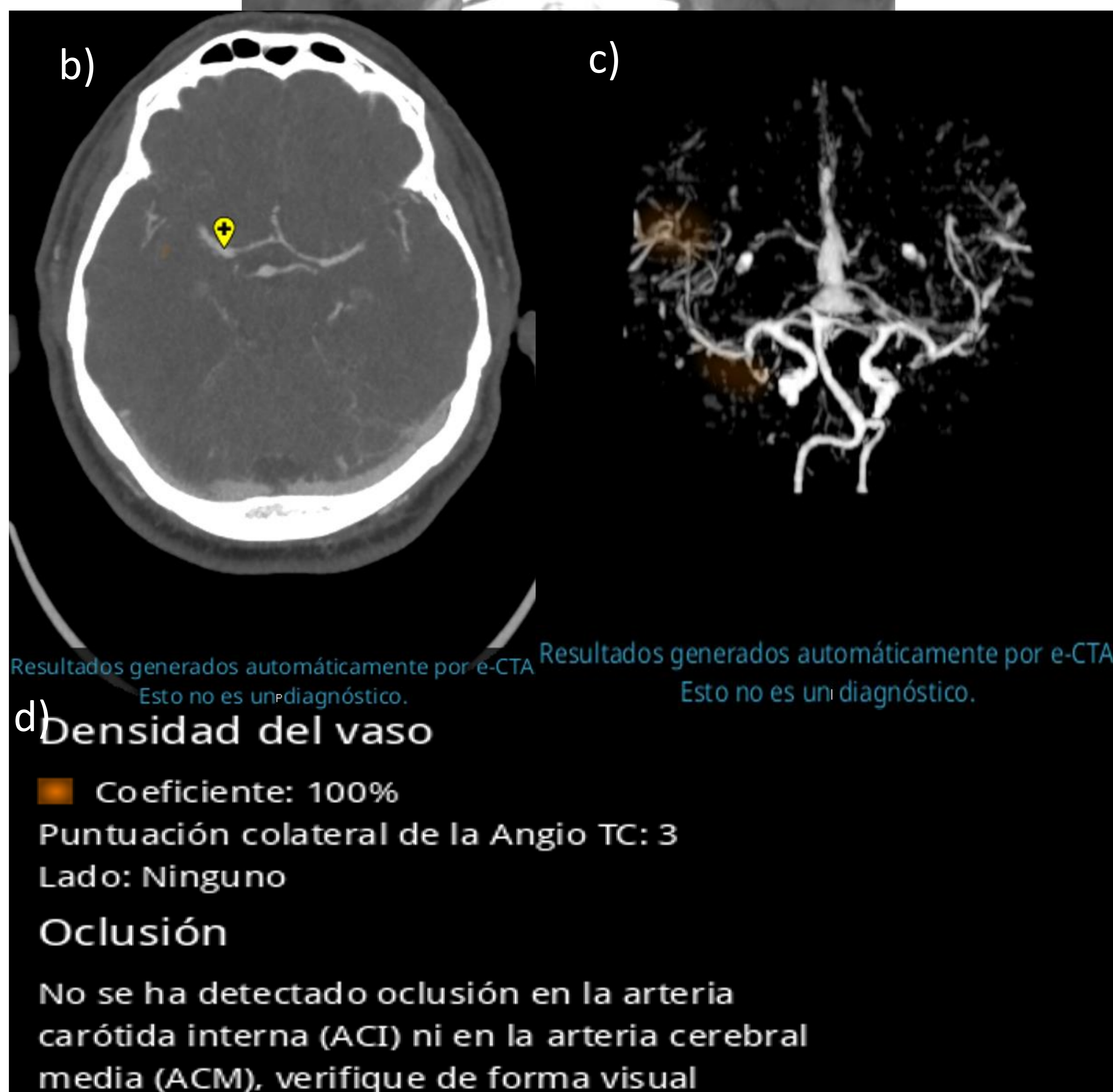
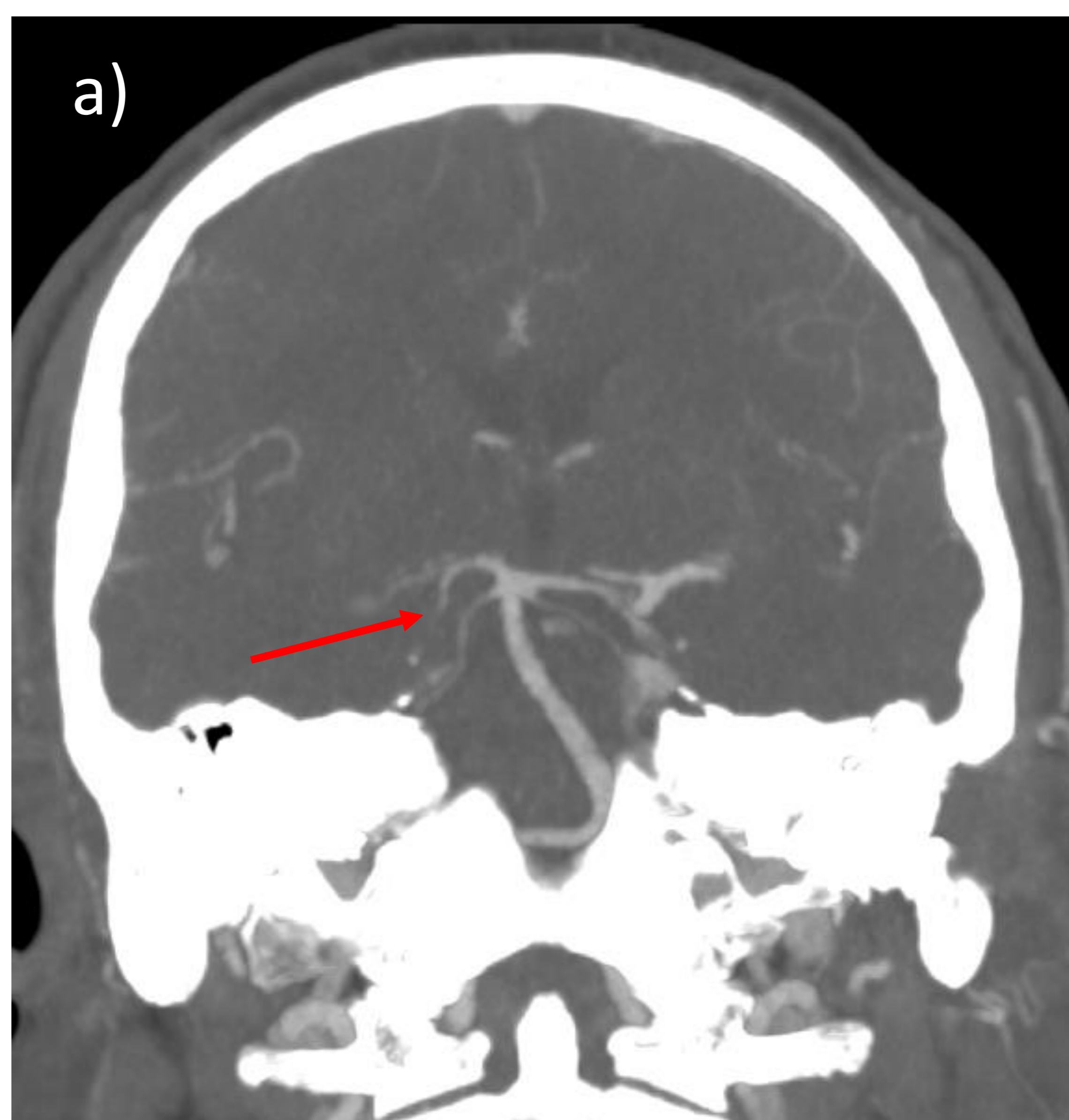


Figura 13. A) Imagen coronal con reconstrucción MIP de oclusión en P1 derecha informada por el radiólogo (flecha roja). B, C y D) La IA no detecta oclusión en P1 derecha.

DISCUSIÓN

ASPECTS

Según nuestro estudio, la lateralidad y la puntuación ASPECTS generada por Brainomix® no presenta diferencias significativas con el radiólogo. Shu Wan et al., demostraron que el ASPECTS calculado por la IA tiene igual validez que el aportado por radiólogos expertos tanto para ASPECTS favorables como desfavorables. Albers et al. manifestaron que el ASPECTS automatizado por IA presenta un rendimiento igual o incluso superior en comparación con los radiólogos para ASPECTS <6.

Estos hallazgos tienen relevancia clínica ya que la IA permitiría automatizar el proceso de puntuación ASPECTS, bajo la supervisión posterior del radiólogo, y así contribuir a una intervención terapéutica más rápida.

En los dos casos recogidos, en los que la IA y el radiólogo difieren por debajo o igual/por encima de ASPECTS 6 (criterio de indicación de tratamiento), vemos que la IA da un ASPECTS 7, mientras el radiólogo un ASPECTS <6. Se podría explicar tanto por un análisis incorrecto del radiólogo como de la IA.

Una posible causa de fallo del algoritmo de IA sería la no exclusión de la totalidad de las regiones hipodensas por causa isquémica no aguda en el cálculo ASPECTS (infraestimación), o bien la obtención de estudios de mala calidad por condiciones técnicas (sobreestimación).

Por otra parte, el ASPECTS sólo es aplicable al área de irrigación de la arteria cerebral media, dejando sin analizar signos de isquemia precoz en otras áreas cerebrales. Sería interesante el entrenamiento de algoritmos de IA en el sistema p-ASPECTS, que evalúa isquemia aguda en la circulación posterior, y su consiguiente validación con estudios con grandes muestras.

OCLUSIÓN VASCULAR EN ANGIOTC

La tasa de detección de oclusiones vasculares por la IA parece más limitada, y va a depender de su localización y del calibre del vaso.

Dentro de la circulación anterior, Brainomix[®] detecta un gran número de oclusiones en ACI intracraneal y M1, con una sensibilidad elevada (83%), pero el radiólogo presenta una sensibilidad superior ($\approx 100\%$). Sin embargo, para oclusiones en ACM distal, la tasa de detección de la IA disminuye, con una sensibilidad baja (42%), mientras el radiólogo muestra una sensibilidad elevada (97%).

En los estudios de Rava et al. y Luijten et al. se confirma mayor precisión del software de IA en la detección de oclusión de vasos de mayor calibre (ICA y M1) en comparación con oclusiones más distales (M2, M3 y M4). También muestran mayor sensibilidad del radiólogo para las oclusiones en ACM distal.

Estos hallazgos pueden explicarse porque a medida que el calibre del vaso disminuye, también lo hace la capacidad del algoritmo para detectar oclusiones, probablemente debido a la disminución del contraste observado dentro de los vóxeles que contienen estos vasos distales. Además, la IA puede no detectar oclusiones distales en ACM en caso de buen flujo colateral o que no llegue suficiente contraste a ramas distales. Otra opción sería el menor entrenamiento del algoritmo en oclusiones de ACM distal con respecto aquellas en ICA intracraneal y M1.

Se ha observado que ante una oclusión parcial, que permite cierto paso del contraste, la IA puede no reconocer la oclusión. Una solución sería implementar al algoritmo el cálculo del diámetro vascular durante su seguimiento.

En cuanto a oclusiones en ACA y circulación posterior, la IA no detecta ninguna, probablemente por no estar entrenado para ello. El software Brainomix[®] está diseñado para detectar oclusiones de ACI intracraneal y ACM proximal-distal, las cuales detecta mejor conforme analiza más casos debido al aprendizaje automático. Con respecto a oclusiones aisladas en vasos extracraneales, Brainomix detecta el 50% de ellas a través de hallazgos indirectos intracraneales, aunque tampoco está entrenado.

Algunas causas adicionales observadas que limitan la detección de la IA serían: anomalías vasculares por lesión preexistente, bolos de contraste inadecuados, vasos tortuosos, artefactos de movimiento y artefactos de endurecimiento del haz.

Debido a la evidencia del beneficio del tratamiento endovascular en oclusiones distales y en circulación posterior, un objetivo futuro sería el desarrollo de softwares de IA que incluyeran la detección de oclusiones más distales, en ACA, circulación extracraneal aislada y circulación posterior, lo que permitiría una aplicación más confiable en el entorno clínico.

Hay que tener en cuenta que el estudio realizado presenta limitaciones como el tamaño reducido de la muestra o los fallos técnicos de la IA que dieron “ERROR” en algunos pacientes. En el caso del ASPECTS, es posible que el valor informado por el radiólogo este influenciado por aquel generado por la IA. Para las oclusiones vasculares en ACA, circulación posterior y extracraneal serían necesarios nuevos estudios para su validación con mayor muestra de pacientes. Además, nuestro estudio no incluye una cohorte sin oclusiones vasculares por lo que no es posible evaluar el rendimiento diagnóstico de la IA en este aspecto. Por último, al excluir pacientes con oclusión vascular pero no candidatos a angiografía podríamos estar incurriendo en un sesgo de selección.

La inteligencia artificial es un recurso diagnóstico que, aunque necesita trabajo para mejorar su rendimiento, podría agilizar el diagnóstico y el tratamiento de aquellos pacientes con accidente isquémico agudo y actuar como herramienta educativa para profesionales en formación. No obstante, aunque los resultados con respecto al cálculo automatizado del ASPECTS son prometedores, la detección de oclusiones vasculares está limitada según su localización y calibre del vaso, por lo que la revisión crítica de las imágenes adquiridas por un radiólogo experimentado sigue siendo necesaria para la confirmación de los hallazgos. Los algoritmos de IA podrían ser utilizados por los radiólogos como apoyo diagnóstico, pero no como sustitutos de la toma de decisiones humana en la práctica clínica.

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial (IA) no presenta diferencias significativas en el análisis del ASPECTS con respecto al radiólogo, por lo que sería una herramienta útil para agilizar el diagnóstico y el tratamiento en pacientes con accidente isquémico agudo.

La detección de oclusión de vasos en la angiografía por TC aún presenta limitaciones. La IA demuestra alta sensibilidad para la detección de oclusiones en circulación anterior proximal (ICA intracraneal y M1), siendo menor para la detección de oclusiones en ACM distal y ACA. Los esfuerzos futuros de la inteligencia artificial deberían enfocarse en desarrollar la detección de oclusiones más distales, en circulación posterior y extracraneal.

Todo esto hace que la evaluación por parte de los radiólogos expertos siga siendo necesaria y fundamental para la detección precisa de oclusiones de vasos en la práctica clínica independientemente del resultado del algoritmo, aunque podría ser útil como herramienta de apoyo.

REFERENCIAS

1. Shu Wan, Wei Lu, Yu Fu, Ming Wang, Kaizheng Liu, Sijing Chen et al. Automated ASPECTS calculation may equal the performance of experienced clinicians: a machine learning study based on a large cohort. *European Radiology* 2023; 34: 1624-34.
2. Albers GW, Wald MJ, Mlynash M, Endres J, Bammer R, Straka M et al. Automated Calculation of Alberta Stroke Program Early CT Score: Validation in patients with large hemispheric infarct. *Stroke* 2019; 50: 3277-9.
3. Murray NM, Unberath M, Hager GD, Hui FK. Artificial intelligence to diagnose ischemic stroke and identify large vessel occlusions: a systematic review. *J Neurointerv Surg* 2020; 12 (2): 156-64.
4. Shlobin NA, Baig AA, Wagas M, Patel TR, Dossani RH, Wilson M et al. Artificial intelligence for large-vessel occlusion stroke: A systematic review. *World Neurosurg* 2022; 159: 107-20.
5. Rava RA, Peterson BA, Seymour SE, Snyder KV, Mokin M, Wagas M et al. Validation of an artificial intelligence-driven large vessel occlusion detection algorithm for acute ischemic stroke patients. *Neuroradiol J* 2021; 34 (5): 408-17.
6. Cimflova P, Golan R, Ospel JM, Sojoudi A, Duszynski C, Elebute I et al. Validation of a machine learning software tool for automated large vessel occlusion detection in patients with suspected acute stroke. *Neuroradiology* 2022; 64: 2245-55.
7. Luijten SPR, Wolff L, Duvetkot MHC, Doormaal PJV, Moudrous W, Kerkhoff H et al. Diagnostic performance of an algorithm for automated large vessel occlusion detection on CT angiography. *J Neurointerv Surg* 2021; 14 (8): 794-8.
8. Chandrabhatla AS, Kuo EA, Sokolowski JD, Kellogg RT, Park M, Mastorakos P. Artificial intelligence and machine learning in the diagnosis and management of stroke: A narrative review of united states food and drug administration-approved technologies. *J Clin Med* 2023; 12 (11): 37-55.
9. Hassan AE, Ringheanu VM, Rabah RR, Preston L, Tekle WG, Qureshi AI. Early experience utilizing artificial intelligence shows significant reduction in transfer times and length of stay in a hub and spoke model. *Interv Neuroradiol* 2020; 26: 615-22.