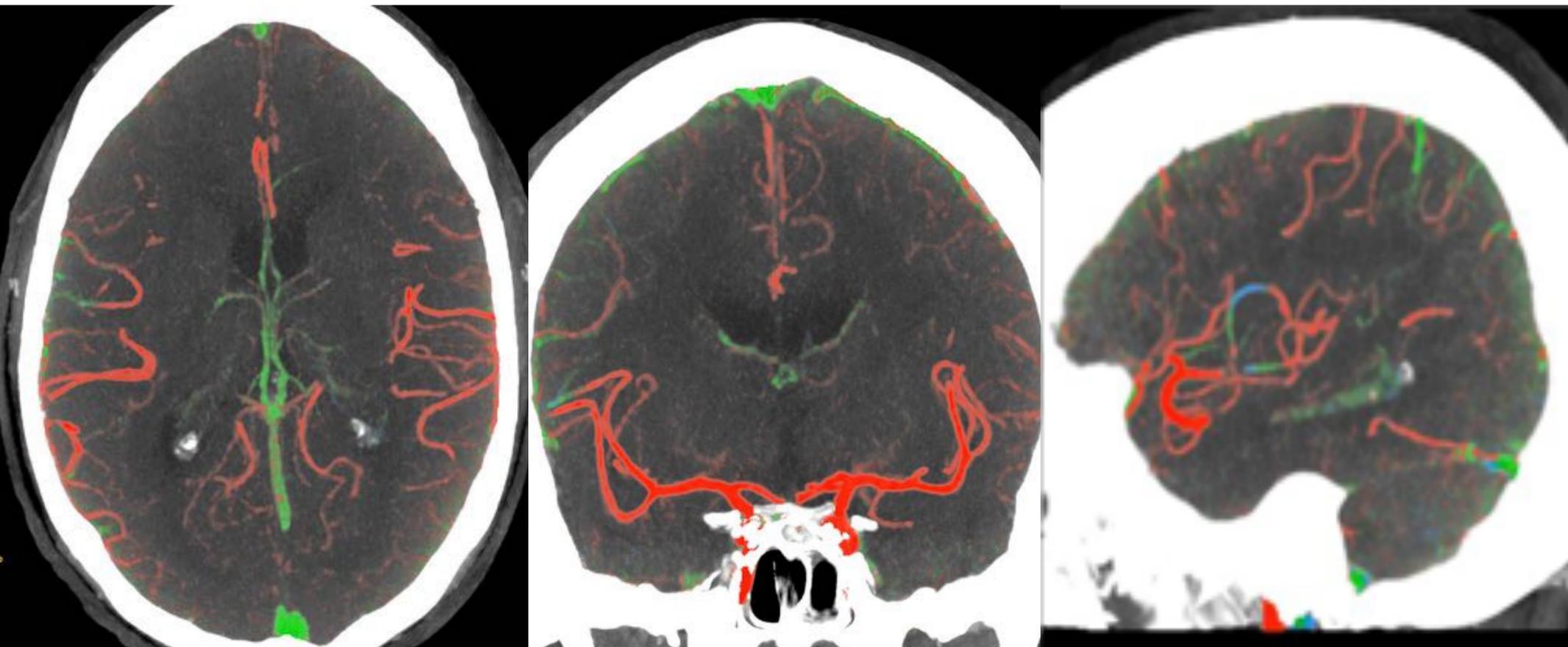




ANGIO-TC MULTIFÁSICA EN EL CÓDIGO ICTUS



Isabel Herrera Herrera, Irene Garrido, Juan Guzmán de Villoria, Pilar Fernández, Jorge González, Javier Saura, Mariano Del Valle, Enrique Castro.

**Servicio Radiodiagnóstico. Hospital General Universitario Gregorio
Marañón, Madrid.**

Isabel.herherrera@gmail.com



OBJETIVOS DOCENTES

Mostrar la técnica de adquisición de la angio-TC multifásica 4D (ATC-4D) y su interpretación en el código ictus.

Revisar los posibles errores de interpretación derivados de la técnica o de la patología subyacente.

Exponer las ventajas y limitaciones de esta técnica de imagen respecto al angio-TC monofásica en fase arterial.

Mostrar la relación del ATC-4D con la TC perfusión y su implicación en el pronóstico funcional del paciente.

Revisar otros tipos de angio-TC multifásicas y su aportación en otras patologías más allá del código ictus.



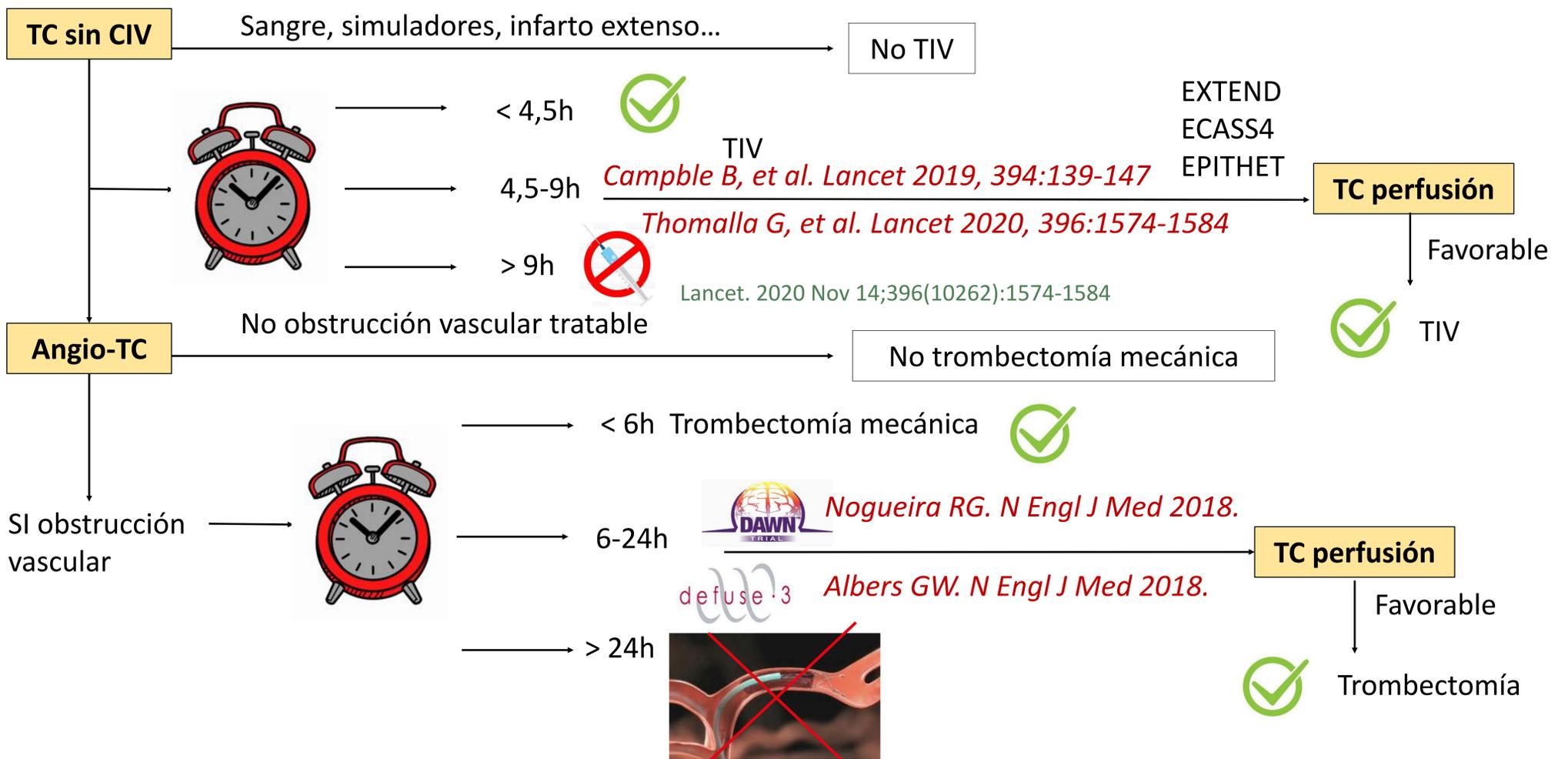
1.- INTRODUCCIÓN

- Múltiples ensayos recientes, atestiguan el beneficio de la **trombólisis y trombectomía** en pacientes con cada vez **mayor ventana terapéutica desde el inicio del ictus agudo**, por lo que la **detección rápida y precisa de la patología cerebrovascular** es cada vez más importante.
- Varios ensayos utilizan imágenes para ampliar aún más la ventana terapéutica en el tratamiento de estos pacientes. Como se establece en el manejo del ictus de la American Heart Association / American Stroke Association de 2019.
- En el estudio de los pacientes con ictus isquémico, los ensayos ESCAPE y MR CLEAN han sugerido que también se debería **considerar el estado de colaterales para la selección de pacientes para trombectomía.**
- **Unas buenas colaterales se correlacionan con un volumen de infarto reducido en pacientes que se presentan con más de 6 horas de clínica.** La colateralidad pial se evalúa según la extensión del llenado arterial y el retraso de este llenado en **comparación con el lado sano opuesto.**



1.- INTRODUCCIÓN

- Las **pruebas de imagen** tienen cada vez más peso en el manejo del **ictus agudo**.



Esquema del papel actual de las técnicas de imagen en el manejo del ictus isquémico.

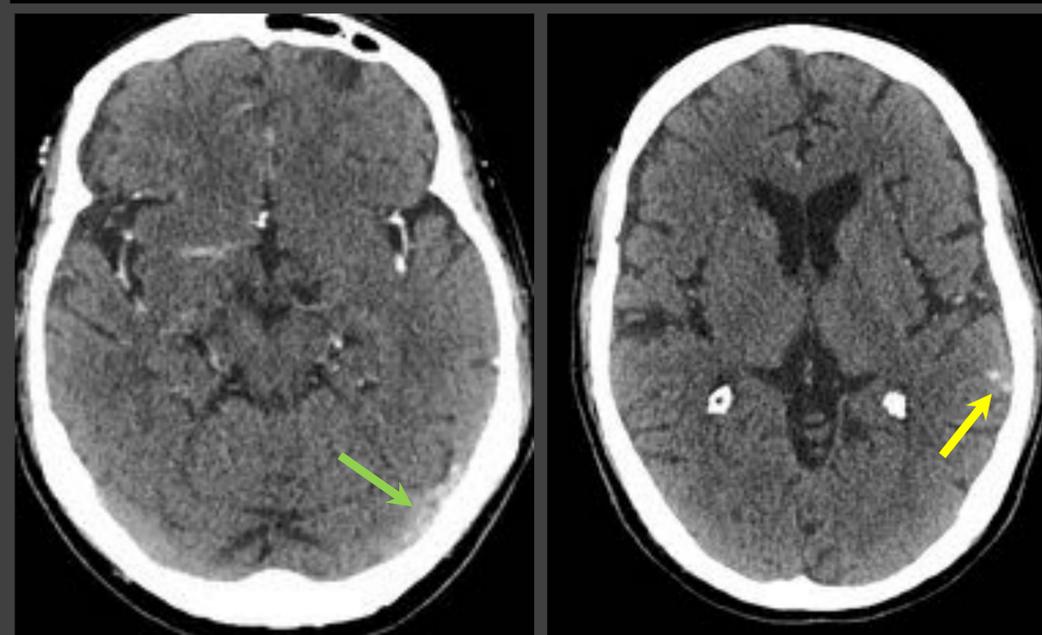
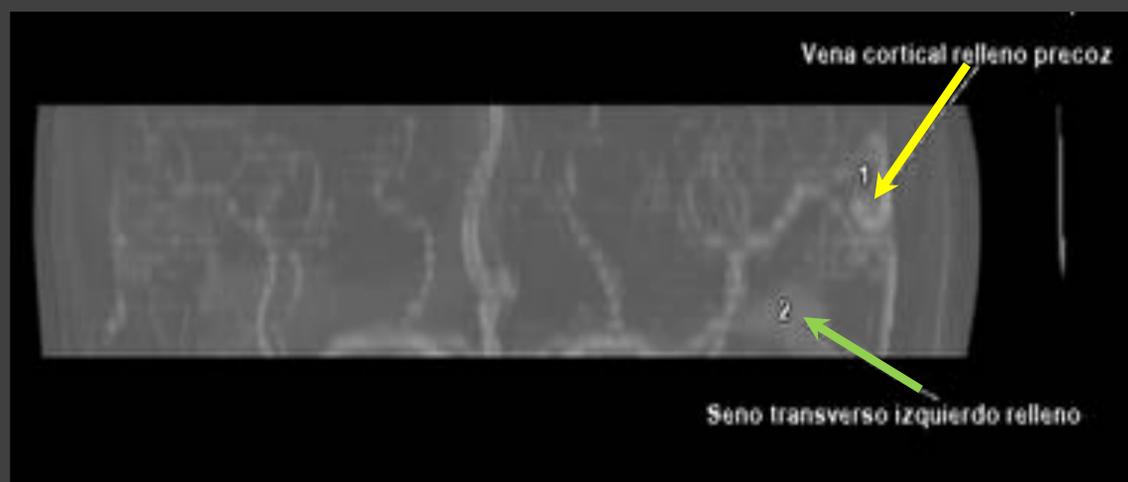


1.- INTRODUCCIÓN

- Los protocolos de imagen para valorar la vascularización en el ictus agudo deben ser **fáciles de adquirir, procesar e interpretar** y deben ser **eficaces para detectar y medir la patológica cerebrovascular**, lo que incluye:
 - La dinámica del flujo arterial a lo largo del tiempo.
 - El estado de las colaterales de la piamadre.
 - Las oclusiones arteriales tanto proximales como distales.
 - Características del trombo: extensión y permeabilidad.
- La angio-TC dinámica multifásica
 - Se ha desarrollado en los últimos años como una **técnica que combina** la naturaleza **no invasiva de la ATC** con la **adquisición dinámica de la arteriografía con substracción digital (ASD)**. Esta técnica también se conoce como **ATC-4D** y permite la evaluación de la dinámica de flujo de la vascularización intracraneal mediante **múltiples adquisiciones de TC durante un periodo de tiempo**.
 - La ATC-4D ha demostrado un valor añadido sobre la ATC convencional en fase arterial, **para la evaluación de la extensión y la dinámica del flujo colateral**.
 - **Los mapas ColorViz** se obtienen utilizando el flujo de trabajo de GE FastStroke^{MT} y facilitan la interpretación al combinar **en una sola imagen la información del tiempo y cantidad de colaterales**.

2.- TÉCNICA DE ADQUISICIÓN

TIPOS DE ADQUISICIÓN ATC-4D	
CONTINUA	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición continua, con mayor resolución temporal. - Sospecha de malformación vascular de alto flujo, como fístula dural o MAV. - La cobertura depende del tamaño de detector, siendo de 4 y 8 cm los más usados.
NO CONTINUA	<ul style="list-style-type: none"> - Resolución temporal menor. - Evaluación del flujo colateral en la oclusión arterial. - Existen técnicas en las que el movimiento de la mesa puede ampliar la cobertura más allá del tamaño del detector.



Adquisiciones de ATC-4D en modo continuo en paciente con fístula dural. Las imágenes axiales y la reconstrucción MIP con una cobertura de 8cm, muestran realce en venas corticales  y en seno venoso transversal  en la fase arterial. Esta adquisición continua, dada su alta resolución temporal, permite también la visualización de la dinámica vascular en modo CINE (no mostrado).



2.- TÉCNICA DE ADQUISICIÓN

ADQUISICIÓN EN EL CÓDIGO ICTUS:

Se realizan **3 fases** tras la inyección de 80ml de contraste iodado IV a un flujo de 5ml/s y seguido de 50ml de suero salino.

▪ Primera fase:

- Cubre desde el cayado aórtico hasta el vértex craneal.
- Duración: menos de 7 segundos.

▪ Segunda y tercera fase:

- Cubre desde la base del cráneo al vértex.
- Fase venosa y venosa tardía con un retraso de 10 y 18 segundos.
- No requieren de inyección de contraste adicional.
- La adquisición de cada fase dura unos 3-4 segundos.

▪ La reconstrucción ColorViz:

- Es una **sumación de estos tres mapas**. La información de los tres mapas se pueden codificar en un solo mapa, donde la fase **arterial tiene un color rojo**, la fase **venosa un color verde** y la **más tardía un color azul**.
- No requiere un **post-procesado complejo**, ya que está automatizado.
- Solo requiere la creación de imágenes MIP multiplanares en las 3 fases, estando **disponible para su revisión en 1-2 minutos**.

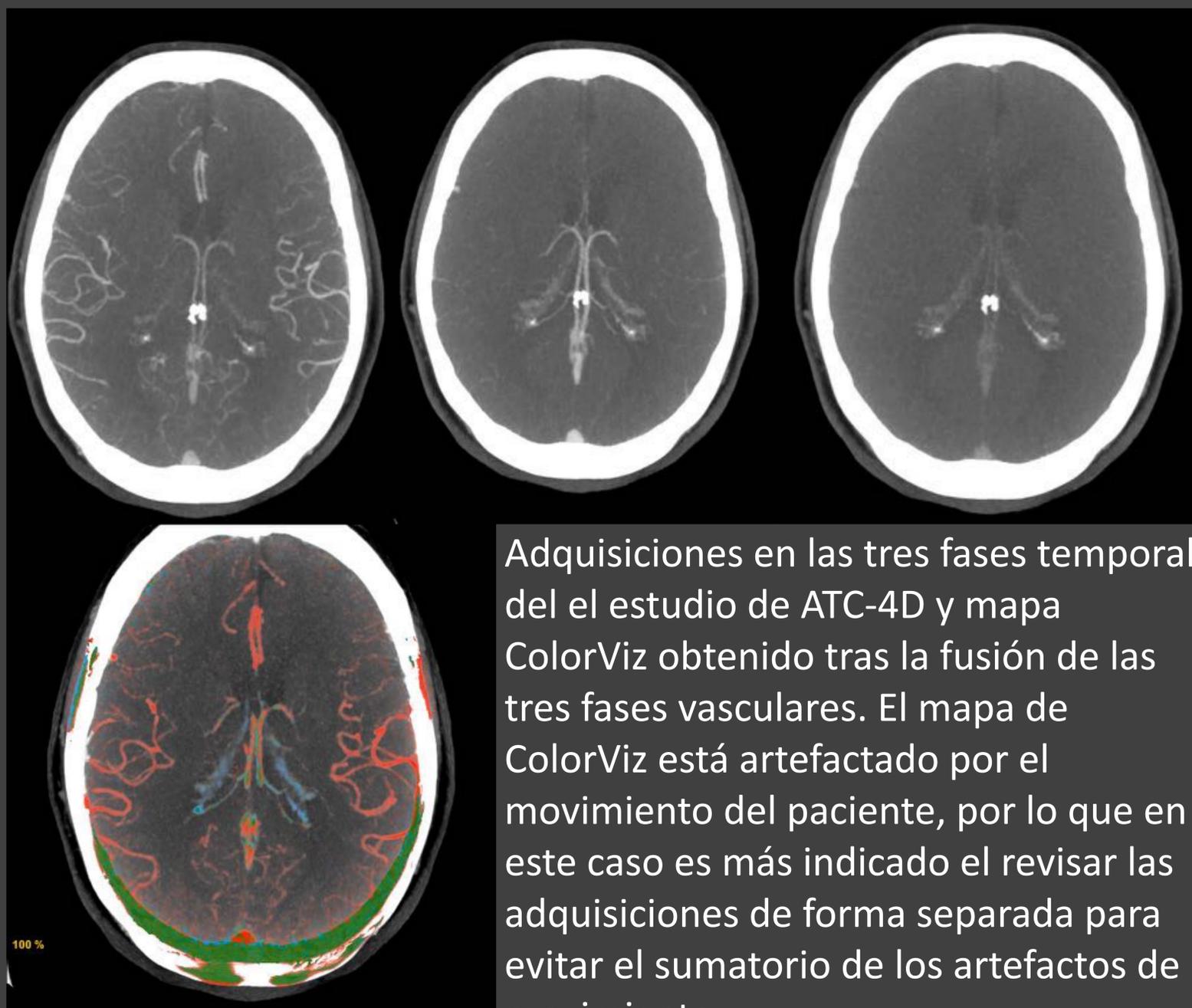
▪ En comparación con los estudios de perfusión: la dosis de radiación es menor y su tiempo de adquisición también, de menos de 30 segundos.



3.- LIMITACIONES Y POSIBLES ERRORES DE INTERPRETACIÓN: EVITARLOS COMIENZA POR CONOCERLOS

Limitaciones técnicas:

- **Radiación** adicional respecto al ATC monofásico, aunque es baja, aproximadamente un 20% mayor.
 - **Solución:** Optimizar los parámetros de adquisición utilizando **técnicas de reducción de dosis**, como la reconstrucción iterativa y los filtros de reducción de ruido.



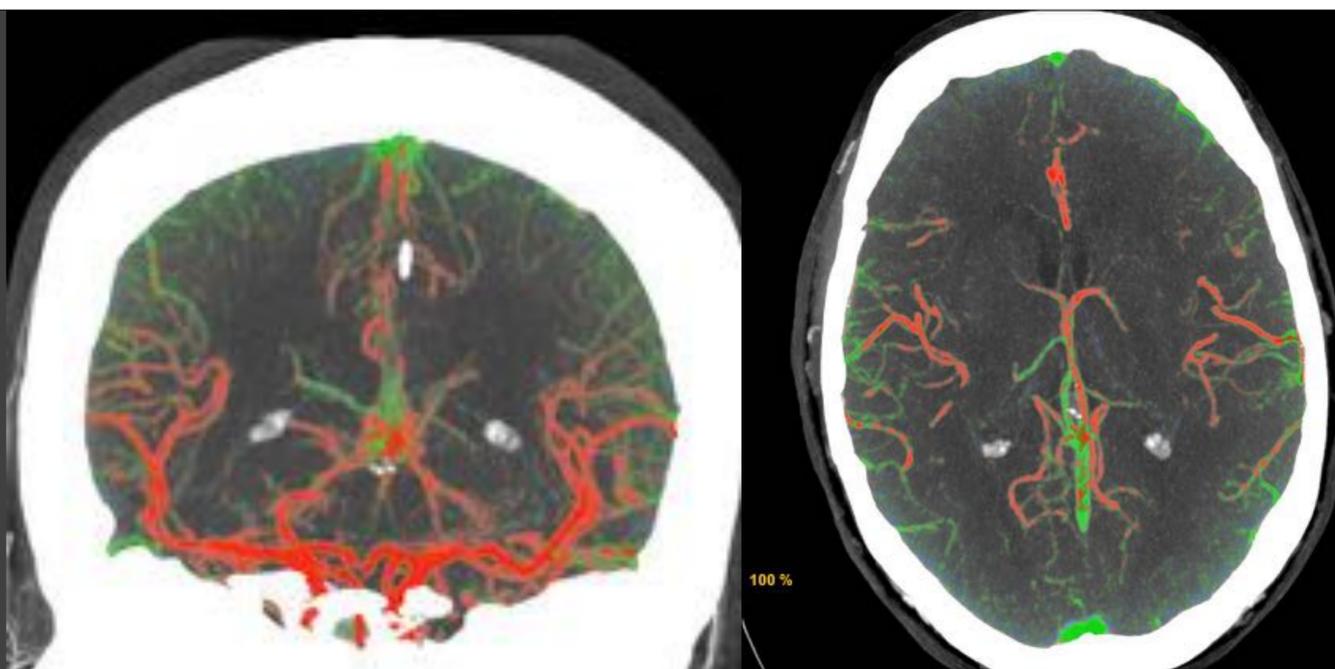
Adquisiciones en las tres fases temporal del el estudio de ATC-4D y mapa ColorViz obtenido tras la fusión de las tres fases vasculares. El mapa de ColorViz está artefactado por el movimiento del paciente, por lo que en este caso es más indicado el revisar las adquisiciones de forma separada para evitar el sumatorio de los artefactos de movimiento.



3.- LIMITACIONES Y POSIBLES ERRORES DE INTERPRETACIÓN: EVITARLOS COMIENZA POR CONOCERLOS

Potenciales errores de interpretación:

- La presencia de una **estenosis proximal** limita el flujo intracraneal, y puede provocar un **retraso en el llenado de las arterias piales**, lo que puede llevar a una interpretación errónea.
 - **Solución:** Realizar una **lectura sistemática** de todas las pruebas de imagen realizadas en el ictus y adecuada **correlación clínica**.
- Una **hemodinámica deficiente** puede dar como resultado una **opacificación deficiente de los vasos piales**.
 - **Solución:** Tomar como referencia de circulación colateral normal, la del hemisferio contralateral sano que también se verá afectado por la patología hemodinámica.
- La utilidad de la ATC multifásica en la circulación posterior tiene un valor más limitado, excepto en los infartos de ACP.
 - **Solución:** No utilizar la información del estado de colaterales en los infartos de territorio posterior, excepto para infartos de ACP.



Mala función cardíaca que produce un retraso en el llenado arterial distal, que se codifican de color verde (fase venosa) en lugar de rojo (fase arterial), similar a lo que ocurre en una oclusión arterial. La afectación difusa de ambos hemisferios cerebrales y correlación con datos del paciente evita el potencial error de interpretación.



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

INTERPRETACIÓN DE LOS MAPAS ColorViz

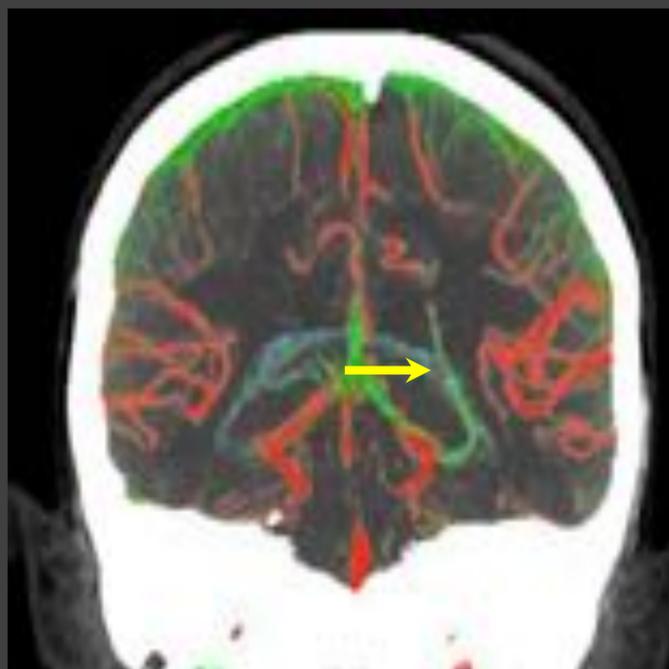
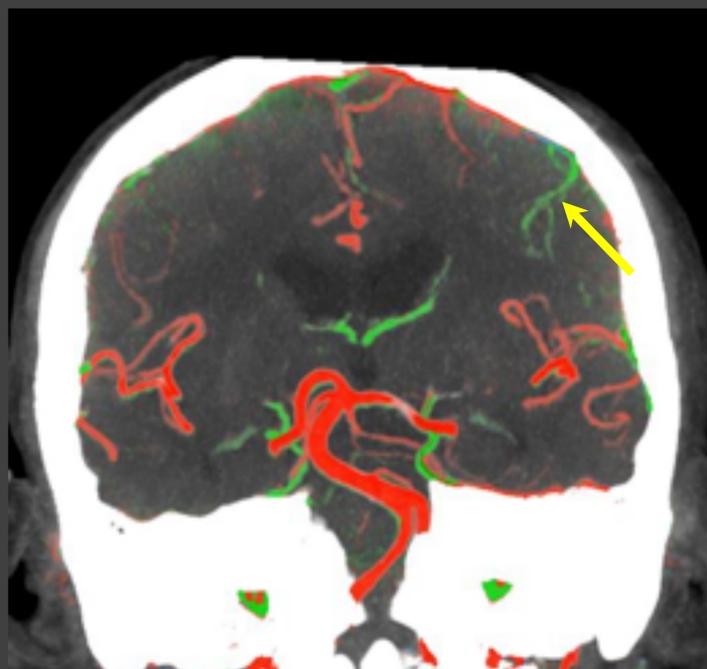
Combina en una sola imagen la información del **tiempo** y **cantidad de colaterales**.

Determinar el tiempo de llenado de colaterales:

- Elegir el **color predominante** del vaso en el territorio vascular afectado. Los vasos predominantes **rojos no indican retraso**, los predominantes **verdes indican el retraso en 1 fase** y el predominante **azul, un retraso de 2 fases**.
- **RECUERDA** que enfermedades como la insuficiencia cardíaca pueden provocar una reducción del gasto cardíaco y retrasos en el flujo sistémico, pero también alterará en igual magnitud al color predominante en el hemisferio no afectado, que se toma de referencia. **Esta corrección no se puede aplicar en los casos que condicionen un retraso unilateral del flujo**, como la estenosis carotídea proximal.

Cantidad de colaterales:

- Se puede considerar que el hemisferio afectado tiene **un buen flujo colateral si los vasos piales distales a la oclusión se ven en número similar al del hemisferio cerebral**.



Las anomalías venosas del desarrollo  son una potencial fuente de error, si se interpretan de forma errónea como retraso en la vascularización en un territorio vascular. Para evitar equivocaciones hay conocer la anatomía vascular y correlacionar los hallazgos con el contexto clínico y con las demás pruebas de imagen realizadas.



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

PUNTUACIÓN DE COLATERALES EN ANGIO-TC 4D

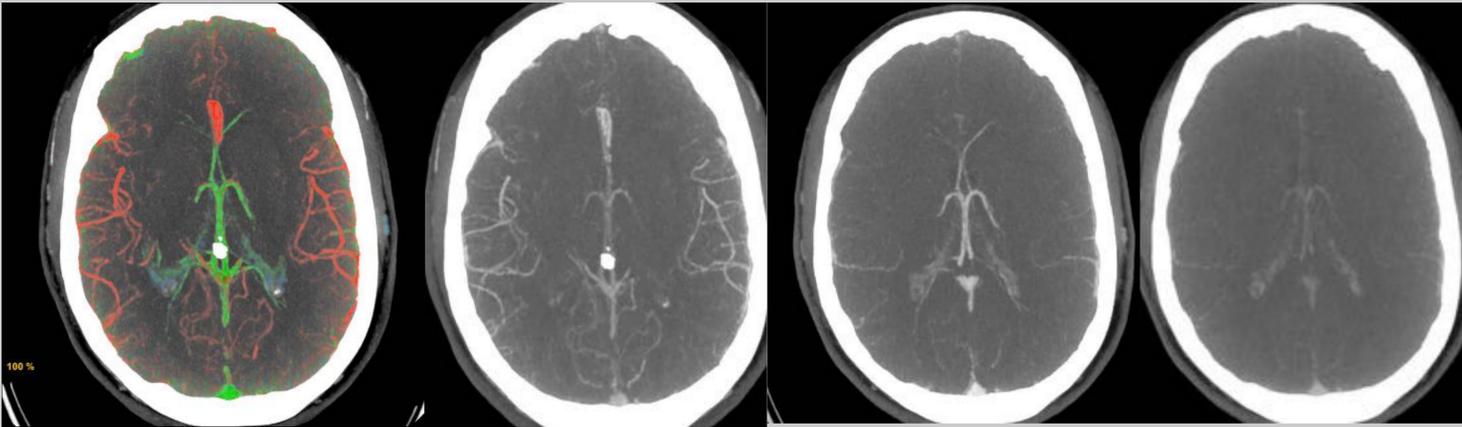
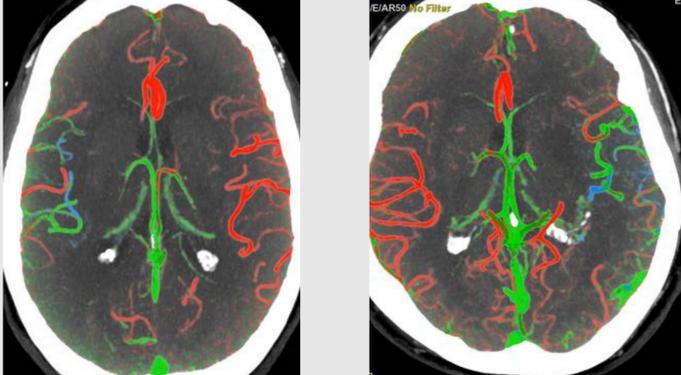
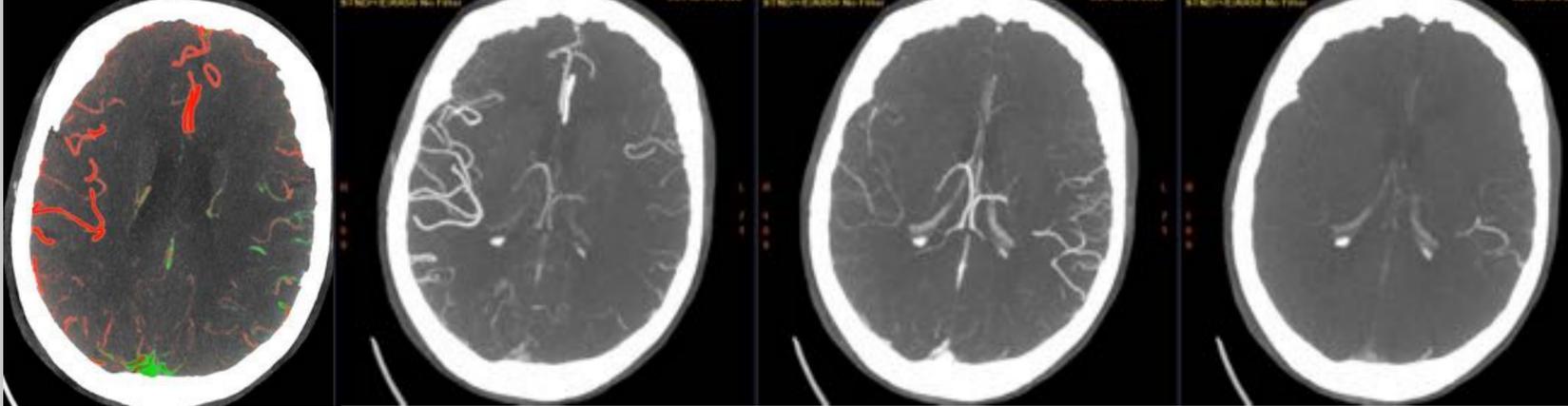
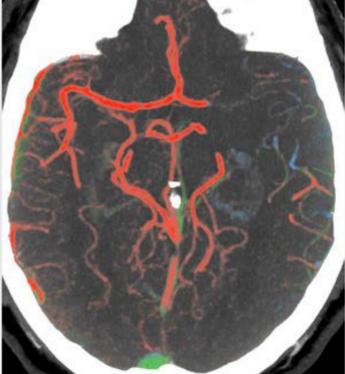
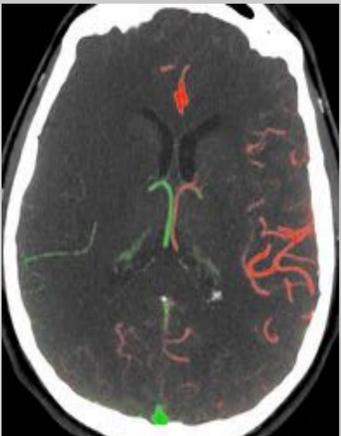
- Se determina una puntuación en una **escala que va del 0 al 5**, siendo 5 la mejor colateralidad y 0 la peor.
- Generalmente se considera:
 - **5-4:** Buen estado de colaterales.
 - **3-0:** Pobre colateralidad.

PUNTUACIÓN	INFORMACIÓN en el hemisferio afecto distal a la oclusión vascular respecto al hemisferio sano contralateral.
5	- Tiempo: sin retraso en comparación con el hemisferio sano. + - Cantidad: igual número o mayor que en el hemisferio sano.
4	- Tiempo: retraso en una fase respecto al hemisferio sano. + - Cantidad: igual que en el hemisferio sano.
3	- Retraso de llenado de dos fases con similar cantidad de colaterales. ó - Retraso de una fase con número de colaterales reducidas.
2	- Retraso de llenado de dos fases y un número reducido de colaterales. ó - Retraso de una fase con regiones sin vasos visibles.
1	- Solo unos pocos vasos son visibles en el hemisferio afecto, en cualquier fase.
0	- No hay vasos visibles en el hemisferio afecto en ninguna fase.



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

PUNTUACIÓN DE COLATERALES EN ANGIO-TC 4D

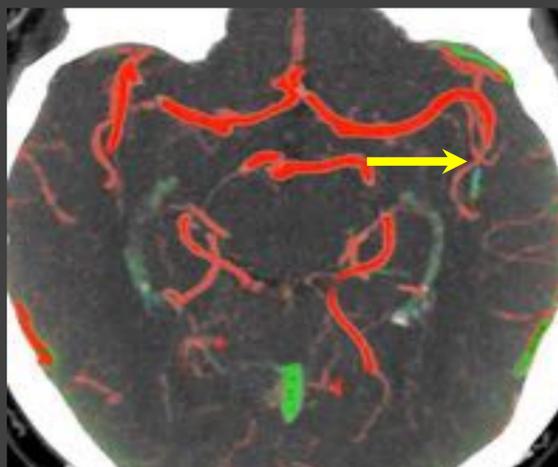
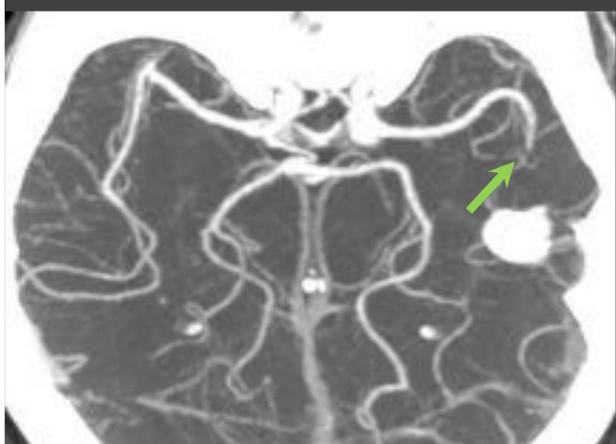
PUNTUACIÓN	INFORMACIÓN en el hemisferio afecto distal a la oclusión vascular respecto al hemisferio sano contralateral.
5	
4	
3	
2	
1	
0	<p>- No hay vasos visibles en el hemisferio afecto en ninguna fase.</p>



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.1.- CARGA TROMBÓTICA

- Se ha observado una **mejor delimitación de la carga trombótica** en pacientes con oclusión de la circulación anterior mediante el uso de la **ATC-4D en comparación con la ATC convencional** debido a una mejor visualización de la circulación colateral.
- La **localización y tamaño** del trombo oclusivo en un vaso intracraneal tiene implicación en la respuesta al tratamiento, de tal forma que los trombos proximales y de mayor tamaño, son más resistentes al tratamiento intravenoso.
- **Indicadores de mejores tasas de recanalización:**
 - La **opacificación con contraste distal al sitio de oclusión**, conocida como signo del **“contorno del coágulo”**.
 - La **presencia de flujo anterógrado** en la ATC-4D, como dato de permeabilidad del trombo.
- **Longitud de la oclusión:**
 - Tiene importancia **pronóstica y ayuda en la planificación** y ejecución de la trombectomía. Se puede usar para seleccionar el tamaño del dispositivo del stent retriever en la trombectomía.
 - El tamaño del trombo es **predictor del tamaño del infarto, la transformación hemorrágica y del resultado clínico**.
 - La **recanalización es poco probable con el tratamiento intravenoso**, cuando la longitud del trombo supera los **8 mm**.
 - La **ATC monofásica puede sobrestimar la longitud del trombo** dada la falta de opacificación del vaso distal al trombo.



Oclusión de rama posterior de ACM izquierda. En la fase arterial, solo observamos la oclusión y no podemos inferir el tamaño del trombo . En el estudio de ATC-4D las colaterales opacifican el trombo “contorno del coágulo” y podemos medir el trombo, que es de pequeño tamaño .



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

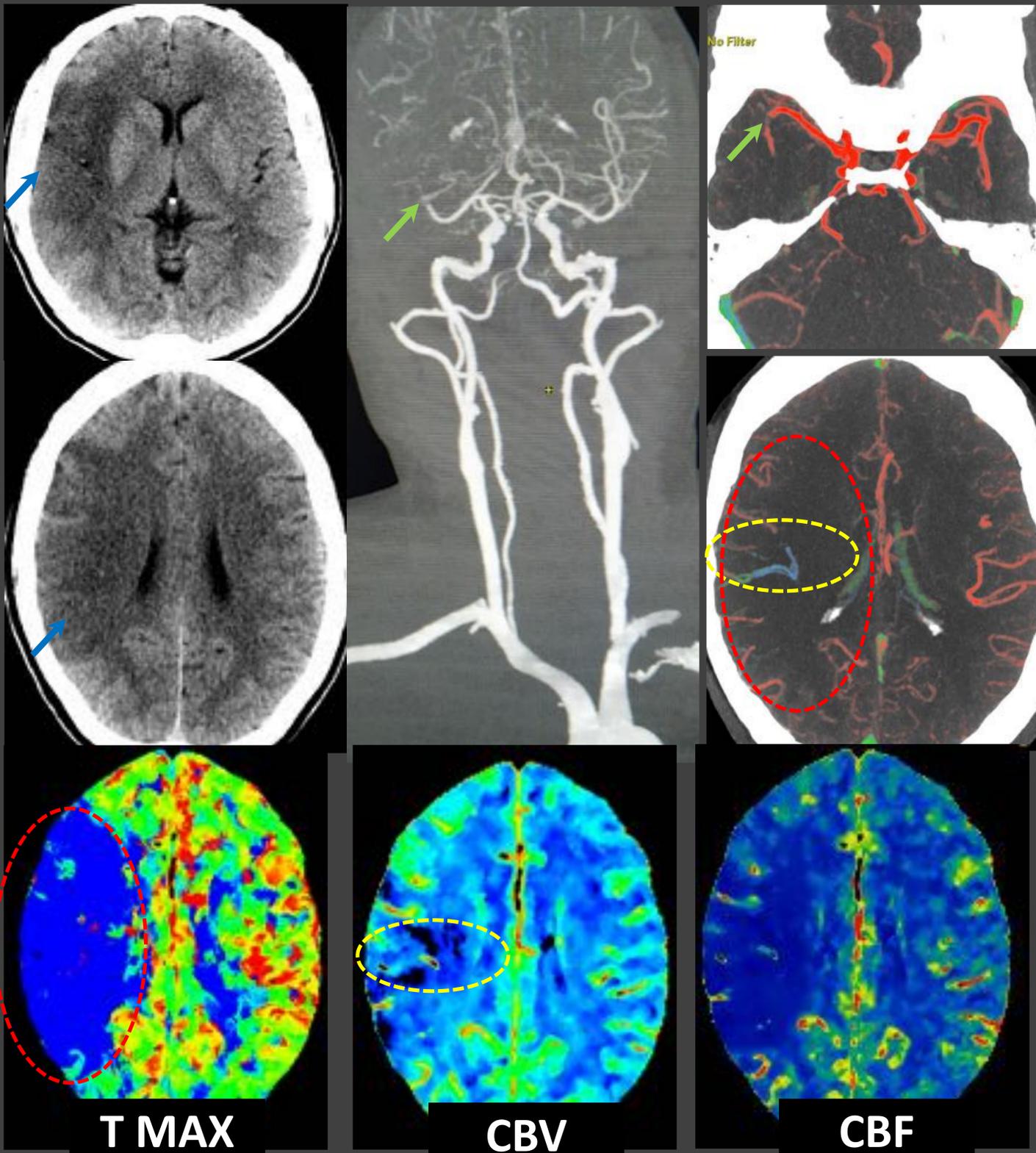
4.2.- EXTENSIÓN DEL TEJIDO INFARTADO Y VALOR PRONÓSTICO

- **La extensión del tejido cerebral infartado** generalmente depende de la **ubicación de la oclusión del vaso** y el **tiempo de recanalización**.
- En los últimos años, ha quedado claro que la **circulación colateral** es un **factor independiente importante para la extensión del infarto y el resultado clínico**.
- El **flujo sanguíneo colateral** también es un **factor pronóstico independiente para el éxito de la terapia trombolítica**, observándose que la **ausencia de colaterales leptomeníngicas es altamente predictiva de un mal resultado clínico**.
- En un estudio de **ATC convencional** con una única adquisición, la **ausencia de colateralidad puede no ser real**, ya que la adquisición es demasiado temprana para mostrar las colaterales de llenado tardío, mientras que la **ATC-4D** si puede demostrar la existencia de colaterales tardías y ser por lo tanto un **predictor más fiable de la respuesta al tratamiento y pronóstico del paciente**. Así la ausencia de colateralidad en un estudio de ATC-4D es predictor de mal pronóstico del paciente, mientras que la ausencia de colateralidad en la ATC convencional es menos fiable.
- En un estudio sobre **valor pronóstico** de las colaterales en los ictus isquémicos agudos, se observa que el grado de colateralidad tiene **mayor importancia pronóstica en la ACV de etiología cardioembólica**, mientras que los secundarios a **patología arterioesclerótica de gran vaso**, afectan con mayor frecuencia al territorio profundo de la ACM y en estos el grado de colateralidad tiene menor importancia pronóstica.

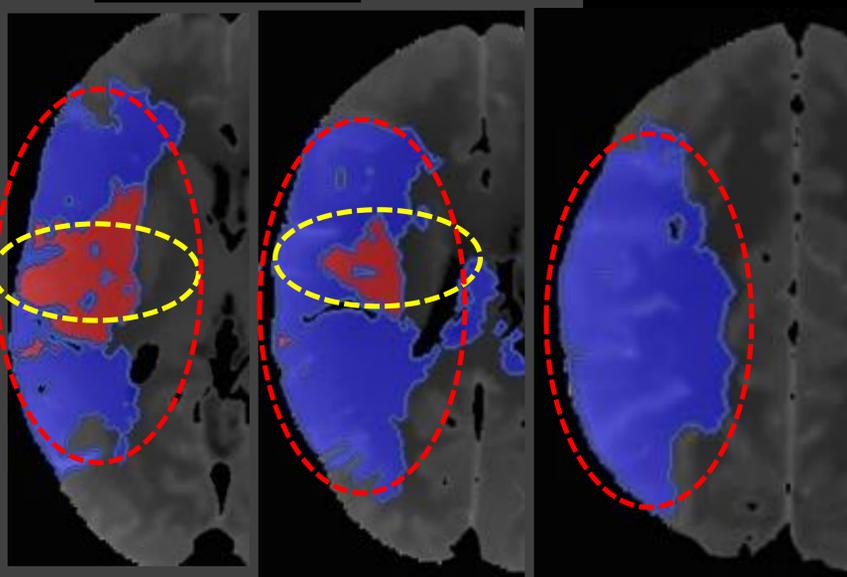


4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.2.- EXTENSIÓN DEL TEJIDO INFARTADO Y VALOR PRONÓSTICO



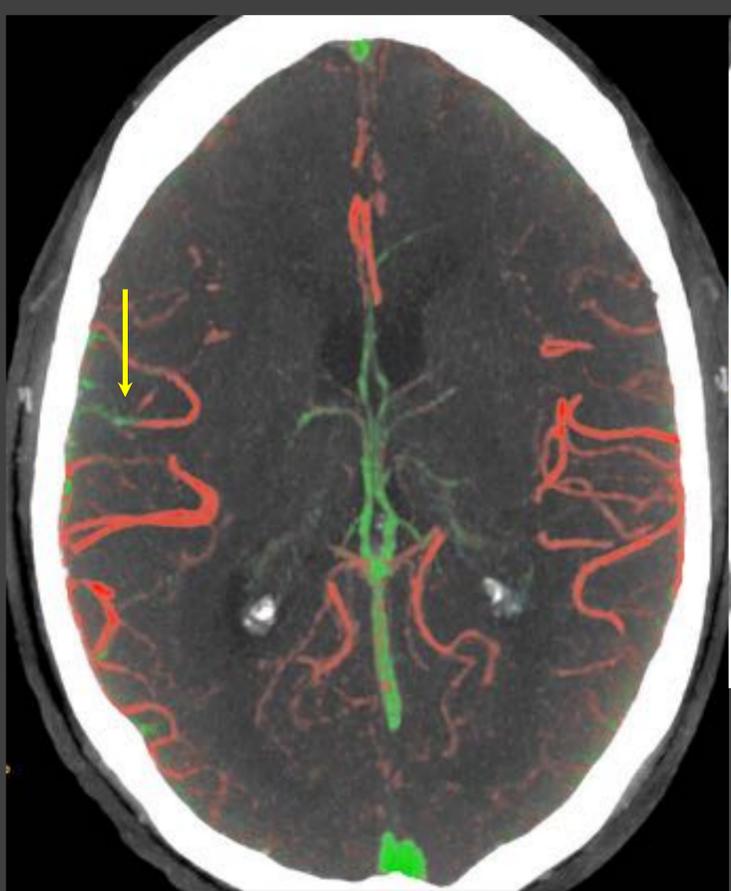
Paciente de 44 años que se presenta con clínica de ictus y NIHSS de 18 en progresión hasta síndrome hemisférico derecho completo. El TC craneal sin CIV muestra un ASPECTS de 3  y el ATC en fase arterial oclusión de M1 derecha prebifurcación . La colateralidad es m CTA 4, con similares colaterales, mostrando un retraso focal  que coincide con área de core isquémico en el estudio de perfusión , con disminución del CBV . De tal forma que el infarto establecido es de 29cc y la penumbra  de 89ccm con un ratio entre ambos de más de 3. Se realizó trombectomía mecánica con resultado TICI 2C a expensas de trombos distales en M4 y la recuperación clínica se produjo en pocos días, con un NIHSS al alta de 3.



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.3.- DETECCIÓN DE LA OCLUSIÓN ARTERIAL

- Se ha demostrado que la **ATC 4D mejora la detección de la oclusión de vasos distales, en comparación con la ATC monofásica.**
- De acuerdo con el tamaño del vaso ocluido, se puede dividir el ictus por **oclusión de vaso grade (LVO) o por oclusión de vaso mediano (MeVO)**. Las guías actuales restringen su recomendación de tratamiento intraarterial nivel 1 A para los ictus de LVO, pero se reconoce que cada vez más los **ictus por MeVO también se benefician y se realiza de rutina en muchos centros.** La detección rápida de la oclusión de un MeVO es un desafío porque estos vasos pueden ser muy pequeños y se ha visto que la ATC 4D permite un diagnóstico y por lo tanto un tratamiento más rápido de estos pacientes, fundamental para un mejor pronóstico.
- Mejora también la detección de oclusiones en la arterial cerebral anterior y posterior y la **detección de múltiples** oclusiones intracraneales en el mismo o distinto territorio.



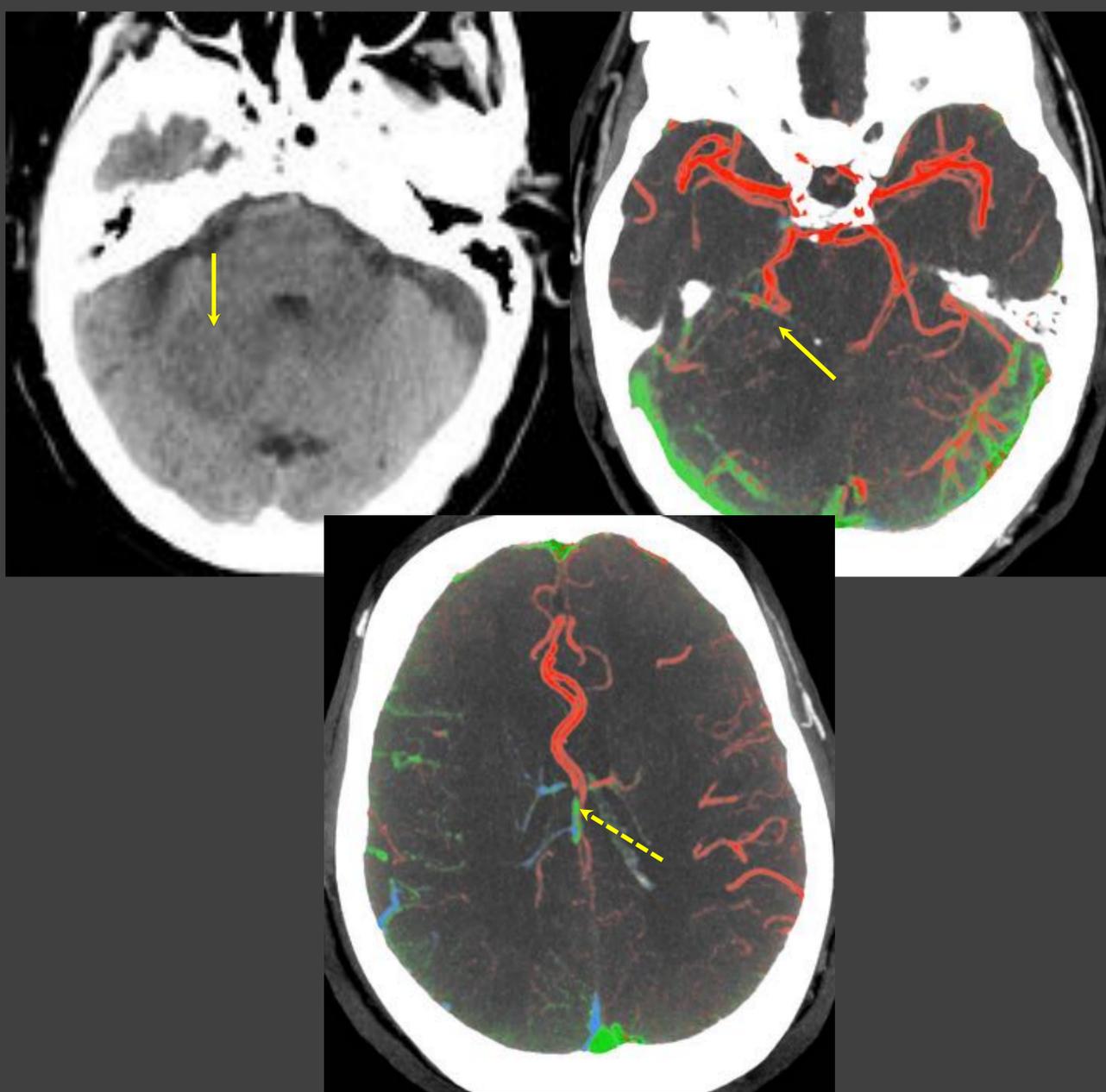
Paciente con focalidad neurológica y estudio de TC craneal sin CIV (no mostrado) con ASPECTS 10. En estudio de ATC-4D se observa estenosis distal de rama M3 de ACM derecha  que justifica la clínica.



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.3.- DETECCIÓN DE LA OCLUSIÓN ARTERIAL

- Esta mejora en la oclusión vascular es debido al **“signo de vaso retrasado”**.
 - **Información:** que se refiere al **realce tardío de un segmento de vaso distal al punto de oclusión**, probablemente por flujo retrógrado a través de colaterales piales. El **“vaso retrasado”** distal a la oclusión alcanza el realce máximo en una **fase posterior que los vasos no ocluidos**, lo que **aumenta la visibilidad de la oclusión tanto en vasos proximales como en distales, especialmente en evaluadores poco experimentados**, pero también en el radiólogo con experiencia.
 - **Limitaciones:** El signo de “vaso retrasado” es **menos sensible cuando hay malas colaterales y en oclusiones de arterias terminales o perforantes**.



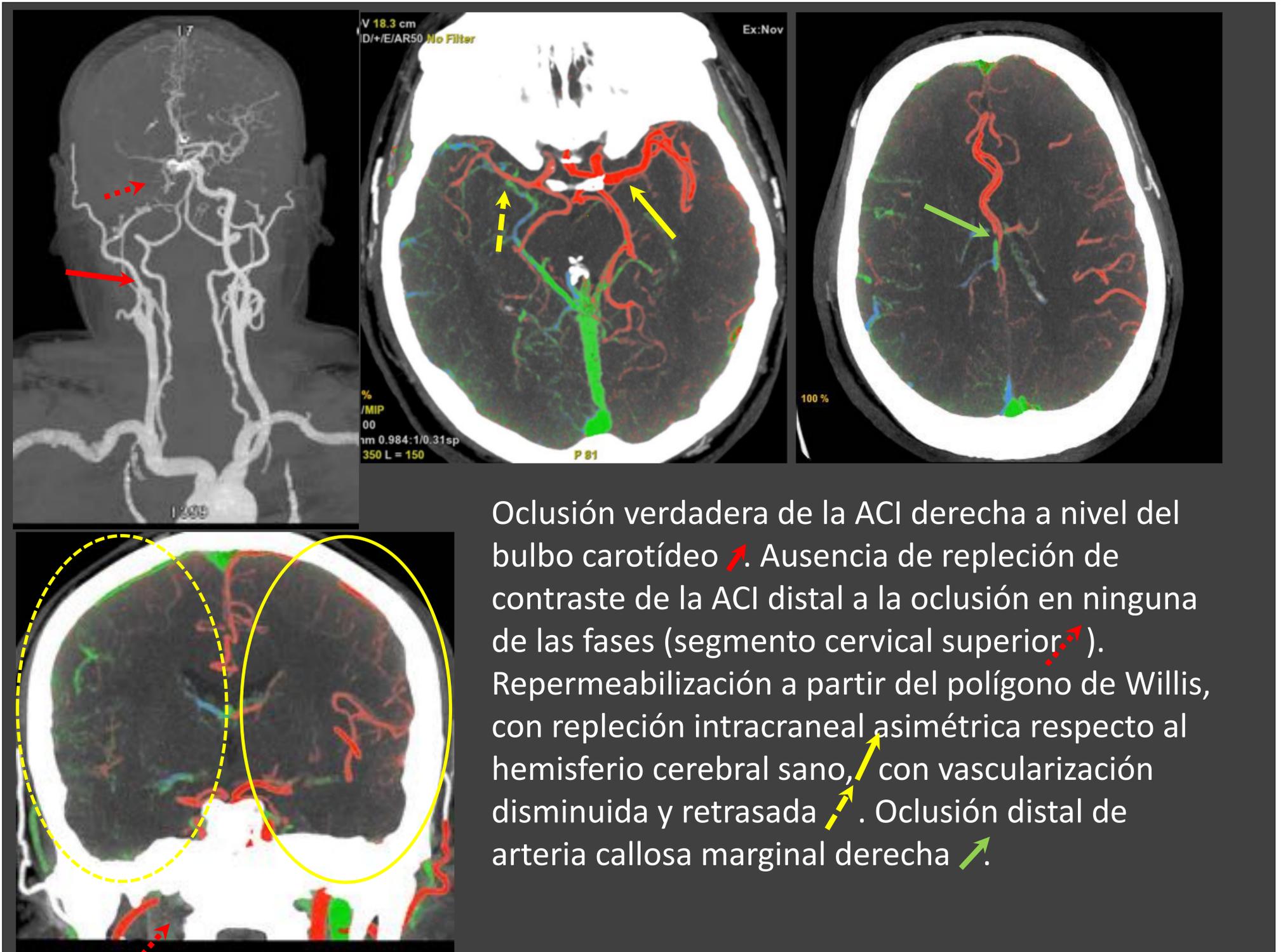
Paciente con ictus reciente por oclusiones vasculares múltiples, de mecanismo cardioembólico. Oclusión de arteria cerebelosa superior derecha ↗, con limitación en la valoración de colaterales y del segmento A4 de ACA derecha ↘ donde se muestra el “signo de vaso retrasado”. La detección de oclusiones vasculares múltiples y vasos distales mejora con la ATC 4D.



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.4.- PSEUDO-OCCLUSIÓN

Puede diferenciar una pseudo-oclusión de una oclusión verdadera. En la pseudo-oclusión se puede observar opacificación vascular arterial en fases venosas, dado que el flujo está enlentecido.



4.5.- ARTERIOESCLEROSIS INTRACRANEAL

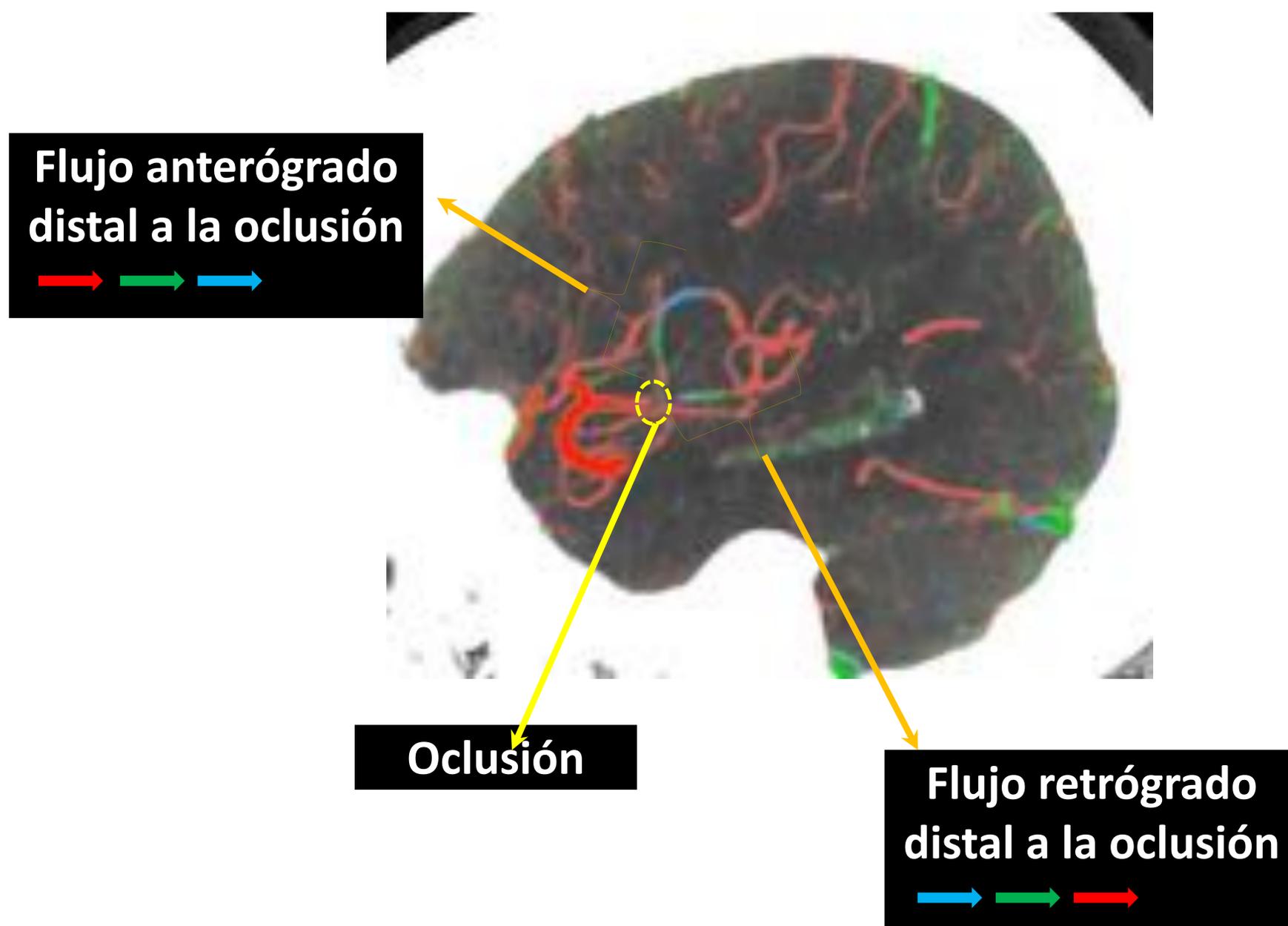
Mejora la valoración de la arterioesclerosis como causa de estenosis intracraneal, que es responsable de hasta el 5-10% de los ictus agudos.



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.6.- FLUJO ANTERÓGRADO Y RETRÓGRADO

- Valoración del **flujo anterógrado y retrógrado** para determinar la **permeabilidad del trombo**.
 - **Flujo anterógrado:** tras la aparente oclusión se observa realce arterial y progresivo enlentecimiento (rojo, verde y azul en ColorViz), esto es sugestivo de **permeabilidad del trombo**.
 - **Flujo retrógrado:** Distal a la estenosis el mapa de colores es a la inversa azul, verde y después rojo, esto indica un **flujo retrogrado desde las colaterales hasta la zona de estenosis y por lo tanto el trombo no es permeable**.
- La **permeabilidad del trombo** está relacionada con una **mayor eficacia del tratamiento intravenoso**.

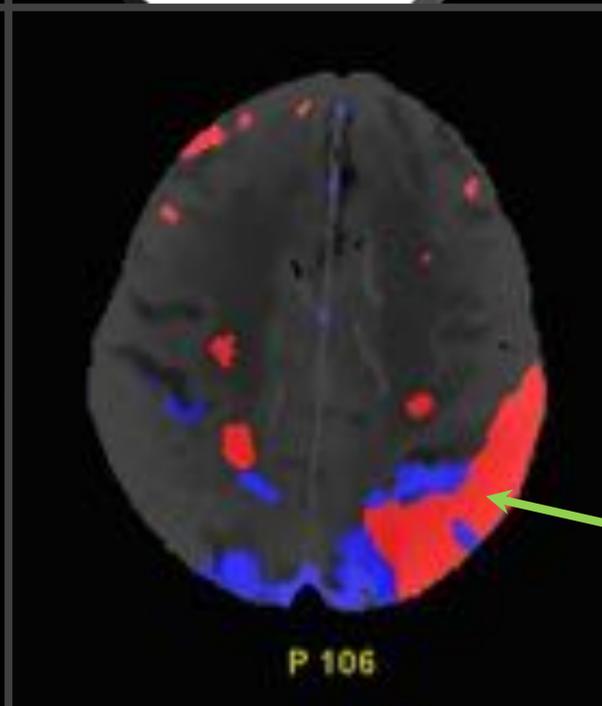
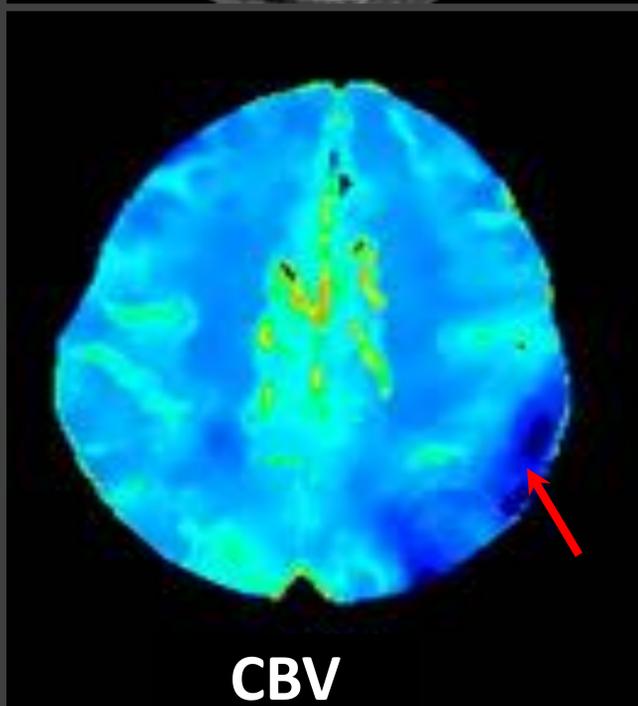
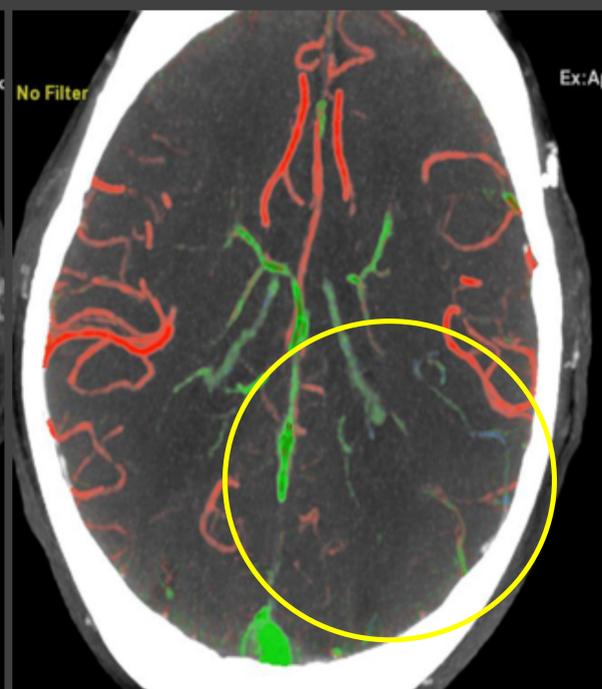
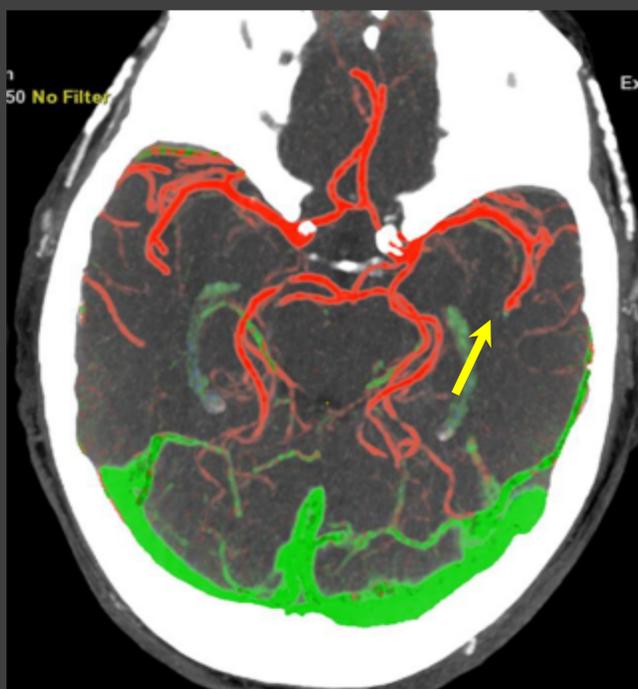




4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.7.- RELACIÓN CON PERFUSIÓN

- Se ha comparado la **capacidad predictiva del ATC-4D** mediante los parámetros de puntuación de colateralidad descritos por Menon et al. y los parámetros de perfusión por TC, para determinar los resultados clínicos en pacientes con ictus de circulación anterior y se ha determinado que son comparables, no así la puntuación de colaterales mediante angioTC monofásico.



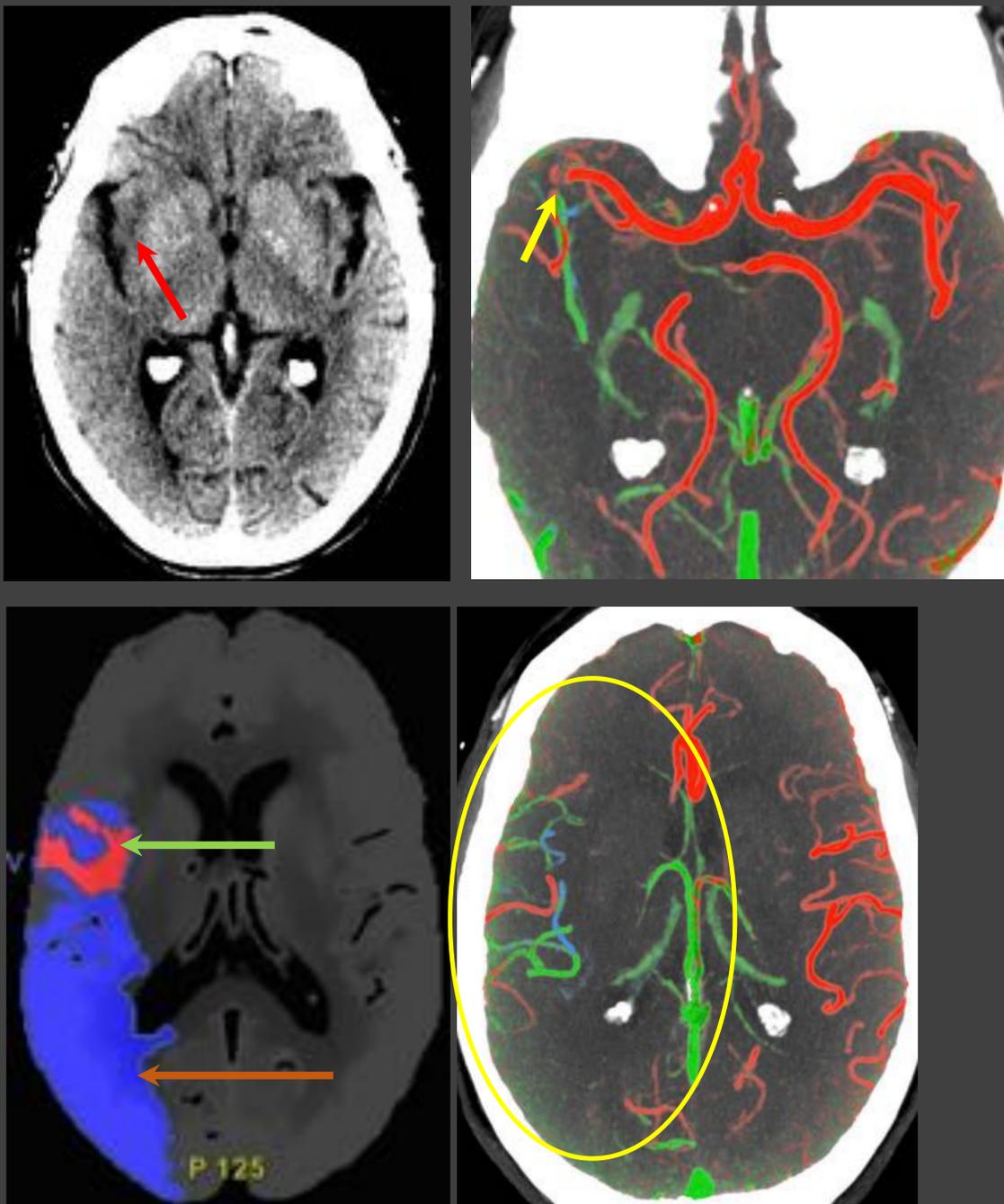
Oclusión de la rama posterior (M2) de ACM izquierda . En la valoración de colaterales, se identifica una pobre colateralidad en el territorio vascular afectado, con retraso de 1-2 fases (m CTA 2) , correlacionándose en el estudio de perfusión con un área de infarto establecido, con disminución del volumen sanguíneo relativo  y escaso mismatch entre el área de penumbra y el de infarto establecido .



4.- ANGIO-TC 4D y ColorViz en el ICTUS

4.7.- RELACIÓN CON PERFUSIÓN

- Se ha estudiado el potencial de la **ATC-4D para delinear el área central isquémica y detectar el tejido en riesgo**. La hipoatenuación que persiste en la fase venosa de la ATC-4D se considera mejor que la TC sin CIV para evaluar el área de isquemia grave, mientras que la hipoatenuación que solo se muestra en la fase arterial puede ser útil para identificar el tejido de riesgo de infarto.



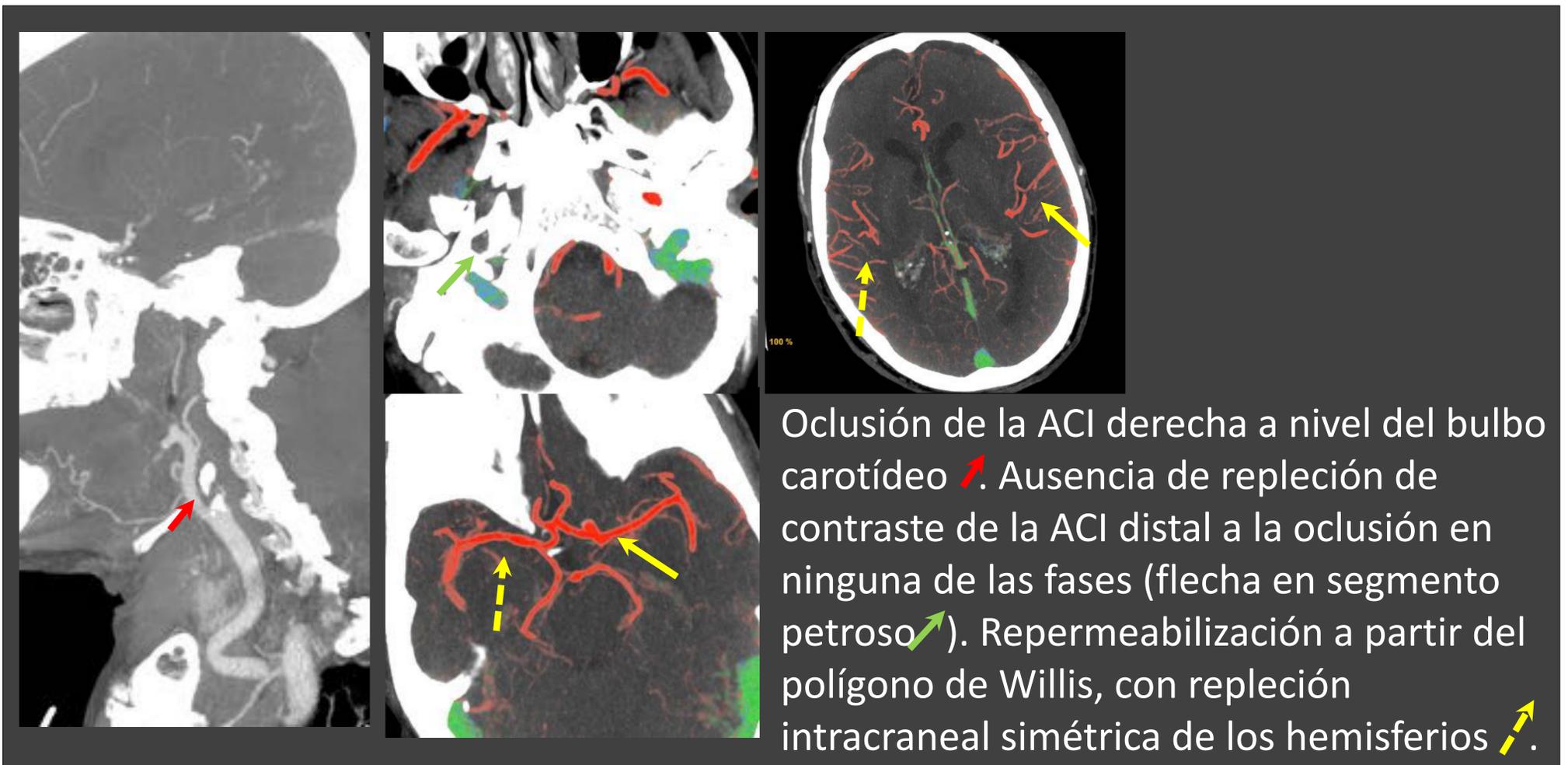
Oclusión de la rama posterior (M2) de ACM derecha, dominante . En la TC sin CIV solo se observa hipodensidad del ribete insular (ASPECTS 9) . En la valoración de colaterales, se identifica una colateralidad en número conservado en el territorio vascular afectado, con retraso de 1 fase (m CTA 4) , correlacionándose en el estudio de perfusión con un área de infarto establecido, muy pequeña , y con una zona de penumbra vascular extensa en este territorio .



5.- OTRAS UTILIDADES

ESTENOSIS U OCLUSIÓN CRÍTICA VASCULAR CERVICAL

- En la estenosis u oclusión crónica de la ACI cervical, la **ATC-4D** puede ser de utilidad para la valorar la **repermeabilización intracraneal a través del polígono de Willis**.

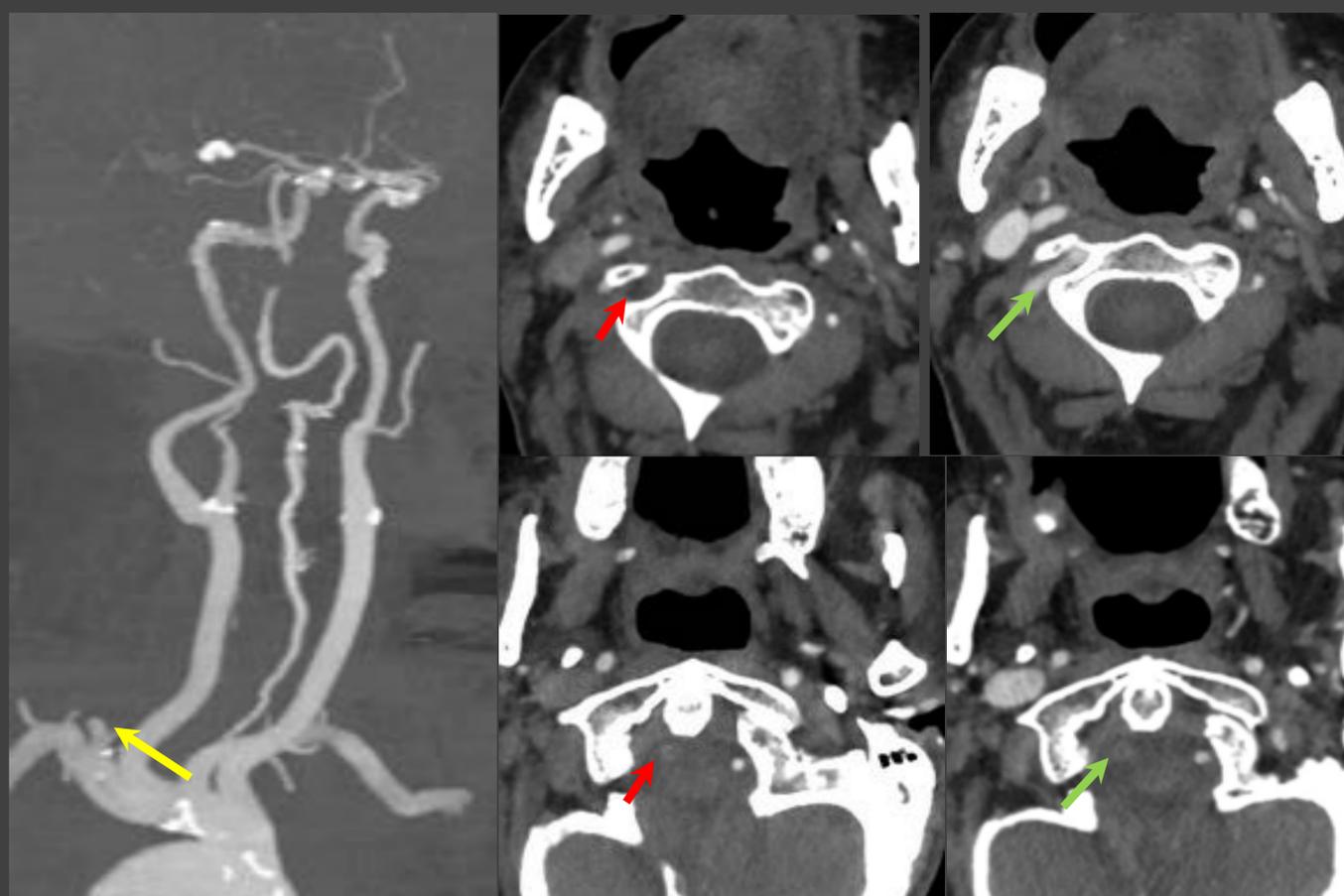




5.- OTRAS UTILIDADES

ESTENOSIS U OCLUSIÓN CRÍTICA VASCULAR CERVICAL

- En al estenosis vascular cervical, la **ATC-4D** puede **diferenciar entre oclusión completa o flujo enlentecido**.



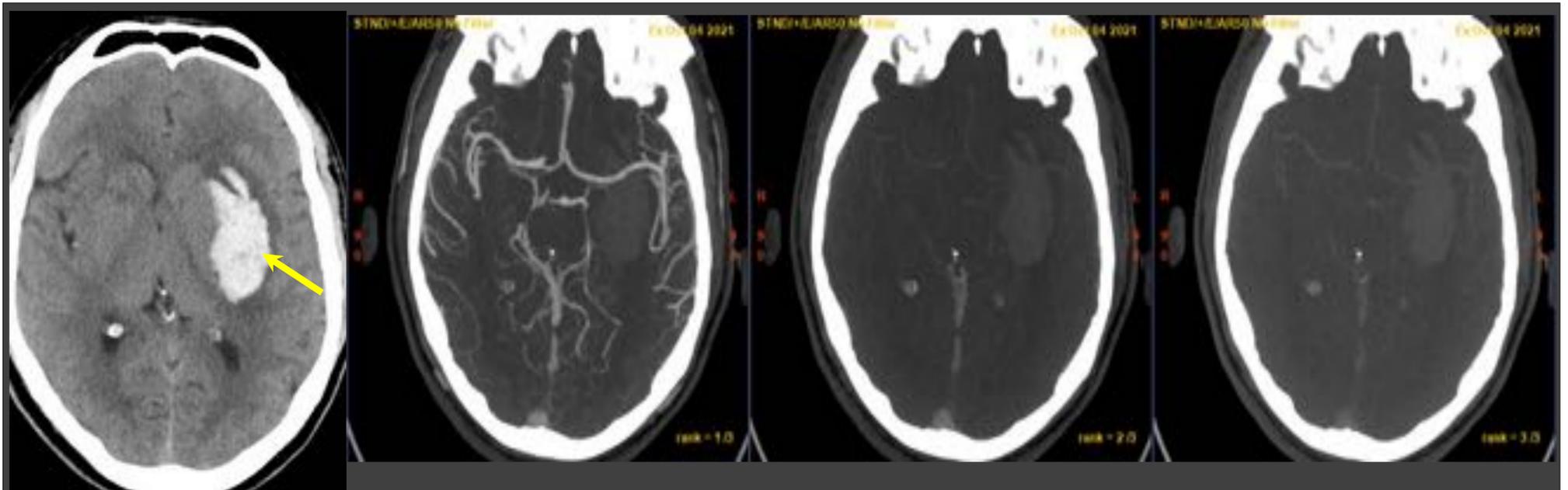
Reconstrucción MIP en fase arterial mostrando oclusión de la art. Vertebral derecha desde V1 . En los cortes axiales en fase arterial no se observa repleción de contraste en V2, V3 ni V4 . En los cortes axiales en fase venosa sí se observa repleción de contraste en V3, aunque no en V4 , confirmando que la oclusión es en V4 y no en V1.



5.- OTRAS UTILIDADES

HEMATOMA INTRACRANEAL

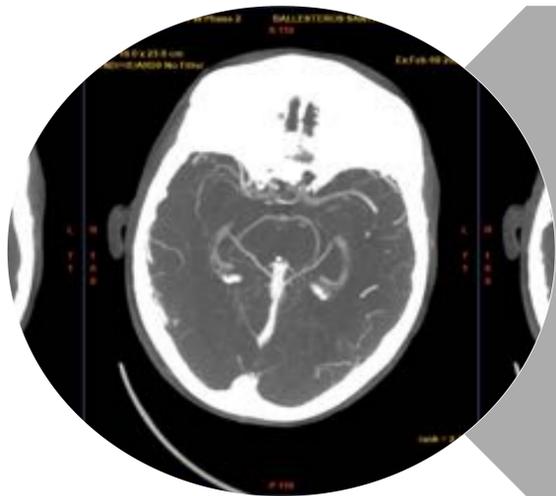
En los hematomas intracraneales la ATC-4D puede valorar el sangrado activo tanto en fase arterial como en fase venosa y venosa tardía, con implicación pronóstica sobre la progresión del hematoma.



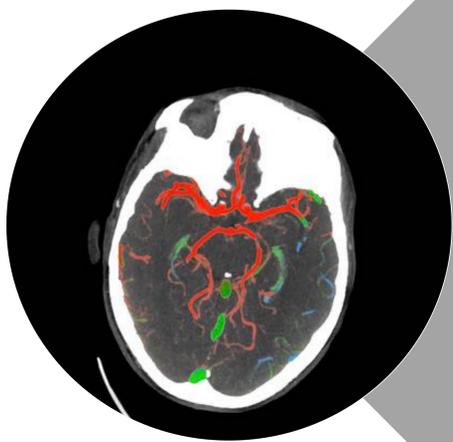
Hematoma agudo centrado en el putamen izquierdo ↗. El estudio de ATC-4D no muestra sangrado activo en ninguna de las fases realizadas. El hematoma no mostró crecimiento en los controles posteriores y evolucionó favorablemente.



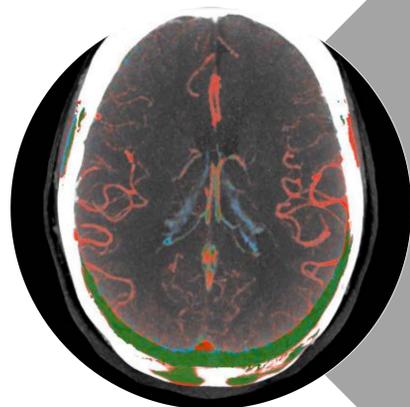
CONCLUSIÓN



Cada vez son más las evidencias de que la ATC-4D tiene un valor añadido sobre la ATC convencional en el diagnóstico y planificación del tratamiento de diferentes patologías neurovasculares, debido a que la ATC-4D permite la evaluación dinámica del flujo.



En el ACV isquémico, la ATC-4D frente a la ATC convencional en fase arterial, muestra de forma más fiable la presencia y extensión de los vasos colaterales, así como la carga trombótica. Esta diferencia tiene implicaciones importantes para la evaluación del pronóstico del paciente y la toma de decisiones terapéuticas.



La reconstrucción ColorViz ayuda a la detección de estenosis, siendo particularmente útil en lectores menos expertos y en las estenosis más distales. Pero deben conocerse las limitaciones y potenciales errores de interpretación de la ATC-4D para poder evitarlos.



La ATC-4D proporciona información en el ictus más allá del estado de las colaterales y también puede ser de utilidad en otras patologías cerebrovasculares.



BIBLIOGRAFÍA

- **1.-** Multiphase CT Angiography: A new tool for the imaging triage of patients with acute ischemic Stroke. Menon. *Radiology* 2015; 275:510-520.
- **2.-** Multiphase CT Angiography: A useful technique in acute stroke imaging-collaterals and beyond. Dundamadappa S, Iyer K, Agrawal A and Choi D.J. *AJNR* 2021 Jan, 42(2):221-227.
- **3.-** Collateral Status at Single-Phase and Multiphase CT Angiography versus CT Perfusion for Outcome Prediction in Anterior Circulation Acute Ischemic Stroke. Wang Z, et al. *Radiology*. 2020; 296(2):393-400.
- **4.-** Displaying Multiphase CT Angiography using a Time-Variant Color Map: Practical considerations and potential applications in patients with acute stroke. Ospel J.M., et al. *AJNR* 2020, 41(2) 200-205.
- **5.-** ColorViz, a new and rapid tool for assessing collateral circulation during stroke. Verdolotti T., et al. *Brain Sci*. 2020, 10:882.
- **6.-** Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 219 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke. Power W.J., et al. *Stroke*. 2019 Dec;50(12):e344-e418.
- **7.-** Risk and Benefit evaluation: application of multiphase computer tomography angiography in mechanical thrombectomy for patients with acute ischemic stroke. Yu Xiang, et al. *J Comput Assist Tomogr* 2021;45: 736-742.
- **8.-** Improved visualization of medium vessel occlusion stroke with time-variant color-coded multiphase CT angiography maps: A technical note. Ospel J.M, Goyal M. *Neuroscience Informatics* vol. 1 Sept 2021, 100003.