

Estudios rotacionales en el angiógrafo. ¿Qué, cómo y por qué?

Santiago Rivera Rojas¹, Alberto Álvarez Muelas, Andrés Javier Barrios López, Pedro Navia Álvarez, Andrés Fernández Prieto, José Maria Oliver Goldazarena.

¹Hospital Universitario La Paz, Madrid, España.

OBJETIVO DOCENTE

Explicar los distintos estudios rotacionales que permiten los equipos actuales de angiografía

Describir las aplicaciones centradas en Neurorradiología Intervencionista

INTRODUCCIÓN

Para obtener imágenes en la sala de intervencionismo la técnica de imagen estándar es la angiografía por sustracción digital (ASD), en la que se obtienen imágenes 2D, por lo que su resolución espacial es baja y dificulta la correcta evaluación de la relación entre las estructuras vasculares, partes blandas y estructuras óseas

Desde 1990 se desarrolló una técnica de imagen que permite realizar ASD rotacional 3D, mediante la utilización de la tomografía computarizada de haz cónico

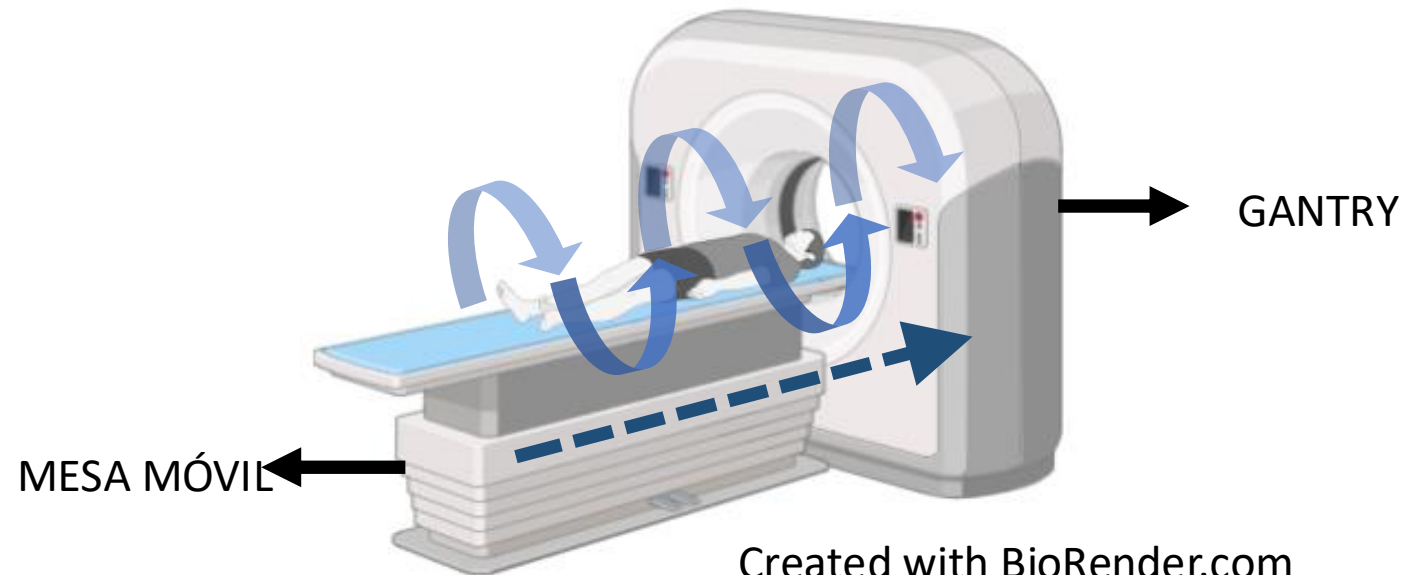
INTRODUCCIÓN

La tomografía computarizada de haz cónico o CBCT por sus siglas en inglés (Cone-Beam Computed Tomography), utiliza Rayos X para obtener imágenes multiplanares, volumétricas y con la posibilidad de realizar reconstrucciones 3D similares a las que se obtienen mediante una tomografía computarizada multidetector (TCMD), aunque la geometría del haz de rayos X es diferente

Se puede utilizar con o sin contraste intravascular (arterial o venoso) y, gracias a que este sistema está integrado en las salas de intervencionismo, permite planificar tratamiento, evaluar resultados y detectar complicaciones sin tener que desplazar al paciente

GEOMETRÍA DE LA IMAGEN

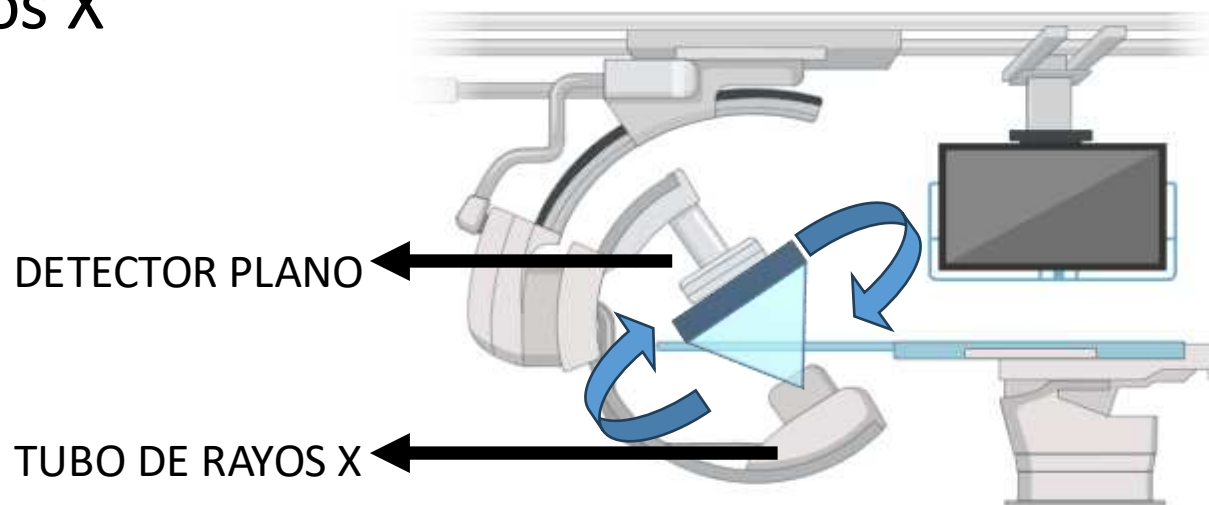
La TCMD consiste en un gantry en donde el tubo de rayos X y los detectores giran a gran velocidad y de una mesa móvil que hace pasar al paciente a través del anillo del gantry. Esto genera una geometría "helicoidal" del haz de rayos X



Created with BioRender.com

GEOMETRÍA DE LA IMAGEN

La CBCT consta de un arco en C capaz de rotar entre 180 y 360° sobre el área de interés (que se posiciona en el centro de la rotación), sin que la mesa del paciente se mueva. El resultado es una geometría "cónica" del haz de rayos X



Created with BioRender.com

CBCT EN LA SALA DE INTERVENCIONISMO

Debido a la gran resolución espacial, la posibilidad de realizar reconstrucciones 3D y el hecho de que está integrada al angiógrafo, el uso de la CBCT en la sala de intervencionismo ha aumentado en los últimos años para planificar el tratamiento endovascular, evaluar la correcta posición de dispositivos intravasculares y detectar complicaciones inmediatas

APLICACIONES EN NEUROINTERVENCIONISMO

- Evaluación y planificación del tratamiento de aneurismas intracraneales, fístulas arteriovenosas dures (FAVD) y malformaciones arteriovenosas (MAV)
 - Evaluación post-implantación de dispositivos intravasculares
 - Evaluación de complicaciones post-procedimiento
 - Permitir el flujo de trabajo “one-stop-shop” o “direct to angio suite” en el código ictus
-

PROTOCOLOS DE ADQUISICIÓN

ANGIOGRAFÍA ROTACIONAL 3D (ASD 3D)

Tiempo de adquisición: 4-6 segundos

Nº proyecciones: ~120

FOV: hasta 20-27 cm

Tiempo reconstrucción: ~60 segundos

Objetivo: evaluación inicial y planificación terapéutica

Contraste: inyección intraarterial a 3-5 ml/s para un volumen total de 15-25 ml

CBCT SIN CONTRASTE

Tiempo de adquisición: 30 segundos

Nº proyecciones: ~300-600

FOV: hasta 48 cm

Tiempo reconstrucción: 60-90 segundos

Objetivo: valorar parénquima cerebral, sistema ventricular, línea media, identificar sangrado y dispositivos intraventriculares

Contraste: no requiere

CBCT CON CONTRASTE INTRAARTERIAL (IA)

Tiempo de adquisición: 30 segundos

Nº proyecciones: ~600

FOV: 10-22 cm

Tiempo reconstrucción: 60-120 segundos

Objetivo: valorar dispositivos intravasculares

Contraste: diluido entre un 10-20%.
Inyección intraarterial a 1,5ml/s para un volumen total de 45 ml

CBCT CON CONTRASTE INTRAVENOSO (IV)

Tiempo de adquisición: 30 segundos

Nº proyecciones: ~600

FOV: 22-27 cm

Tiempo reconstrucción: 25-30 segundos

Objetivo: valorar detalladamente aneurismas, MAV y dispositivos intravasculares

Contraste: inyección intravenosa a 4,5 ml/s con un retraso aproximado de 18 segundos, para un volumen total de 45 ml

PLANIFICACIÓN EN FAVD Y MAV

La CBCT define mejor la angioarquitectura del nidus, los aportes arteriales y el drenaje venoso de la MAV, reduciendo la necesidad de efectuar microcateterismos selectivos para entender la lesión.

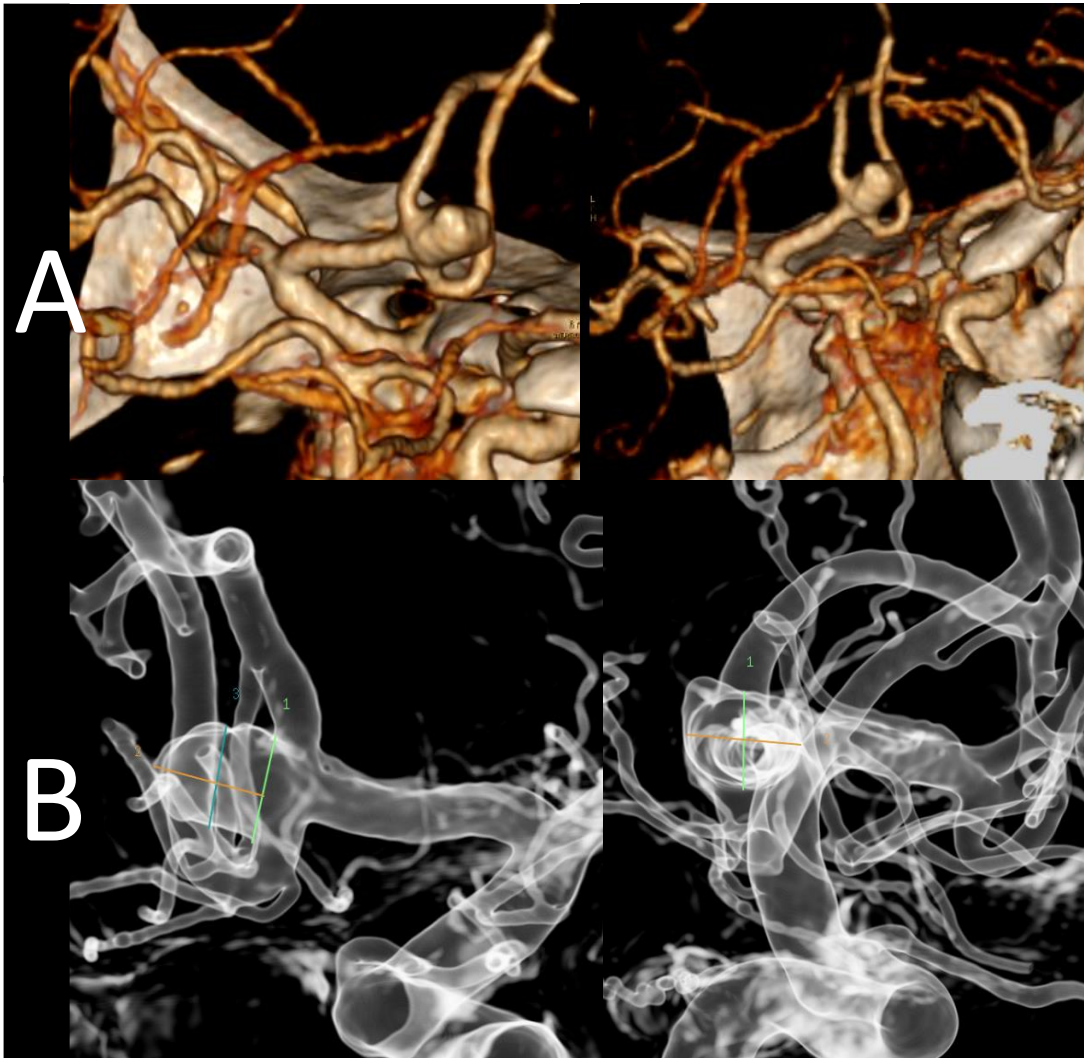
Es útil en la planificación terapéutica de MAV que son demasiado pequeñas como para poder ser visualizadas en AngioTC/RM o ASD

Puede demostrar anastomosis peligrosas y pequeños aportes arteriales que son importantes en el tratamiento endovascular de FAVD, hematomas subdurales crónicos o meningiomas

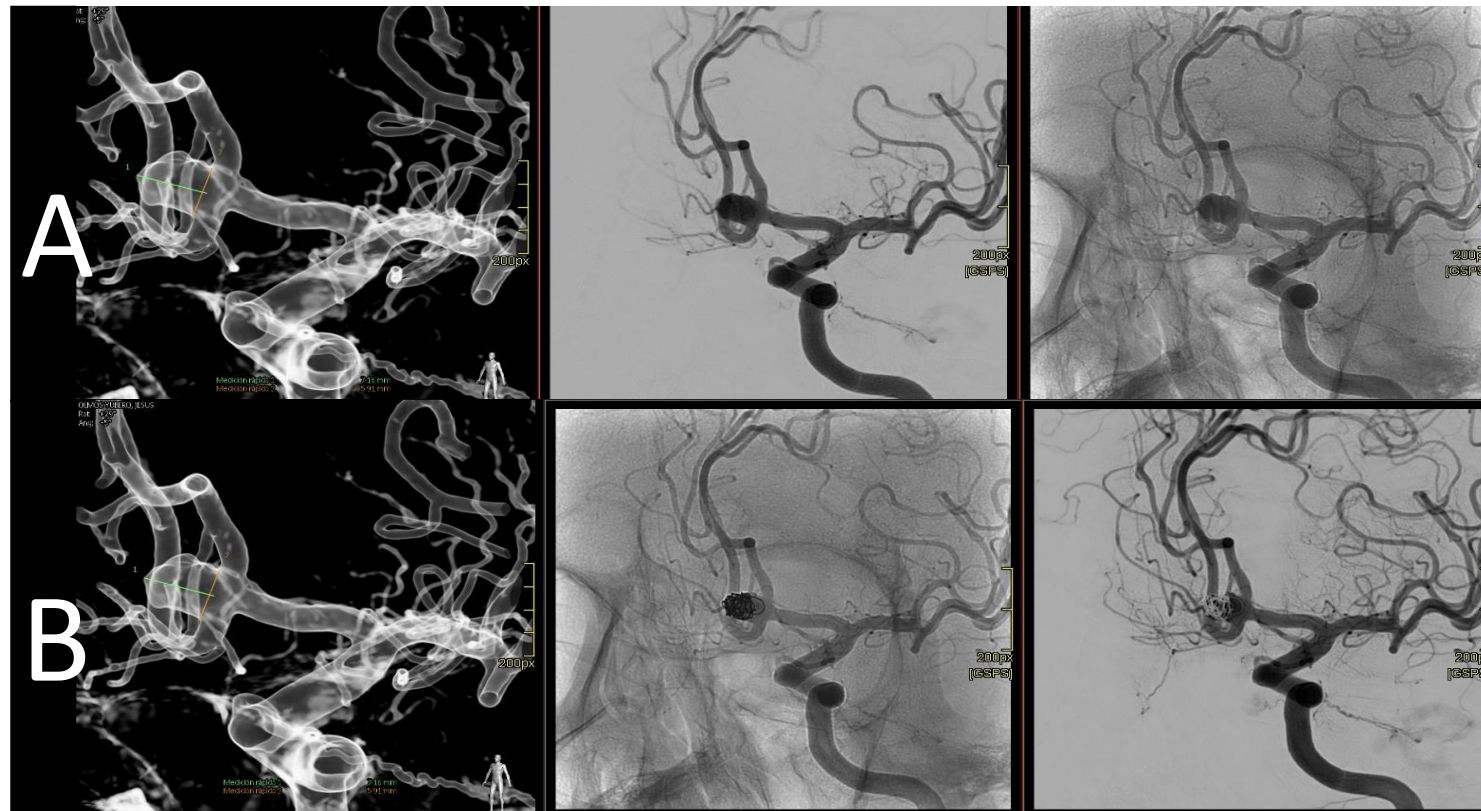
PLANIFICACIÓN EN ANEURISMAS

La CBCT ofrece mayor resolución y calidad de imagen, para una mejor definición anatómica tanto del aneurisma como de las ramas adyacentes

Esto es especialmente útil en aneurismas complejos situados en el complejo comunicante anterior y bifurcaciones como las de la arteria basilar o de la arteria carótida interna, de donde emergen pequeñas ramas perforantes



(A) Reconstrucciones VR de un AngioTC en donde se visualiza aneurisma en complejo comunicante anterior del que emergen el segmento A2 derecho e izquierdo. (B) Reconstrucción VR de una ASD rotacional 3D en la que se visualiza con mayor detalle la anatomía del aneurisma y permite realizar una precisa planificación terapéutica.

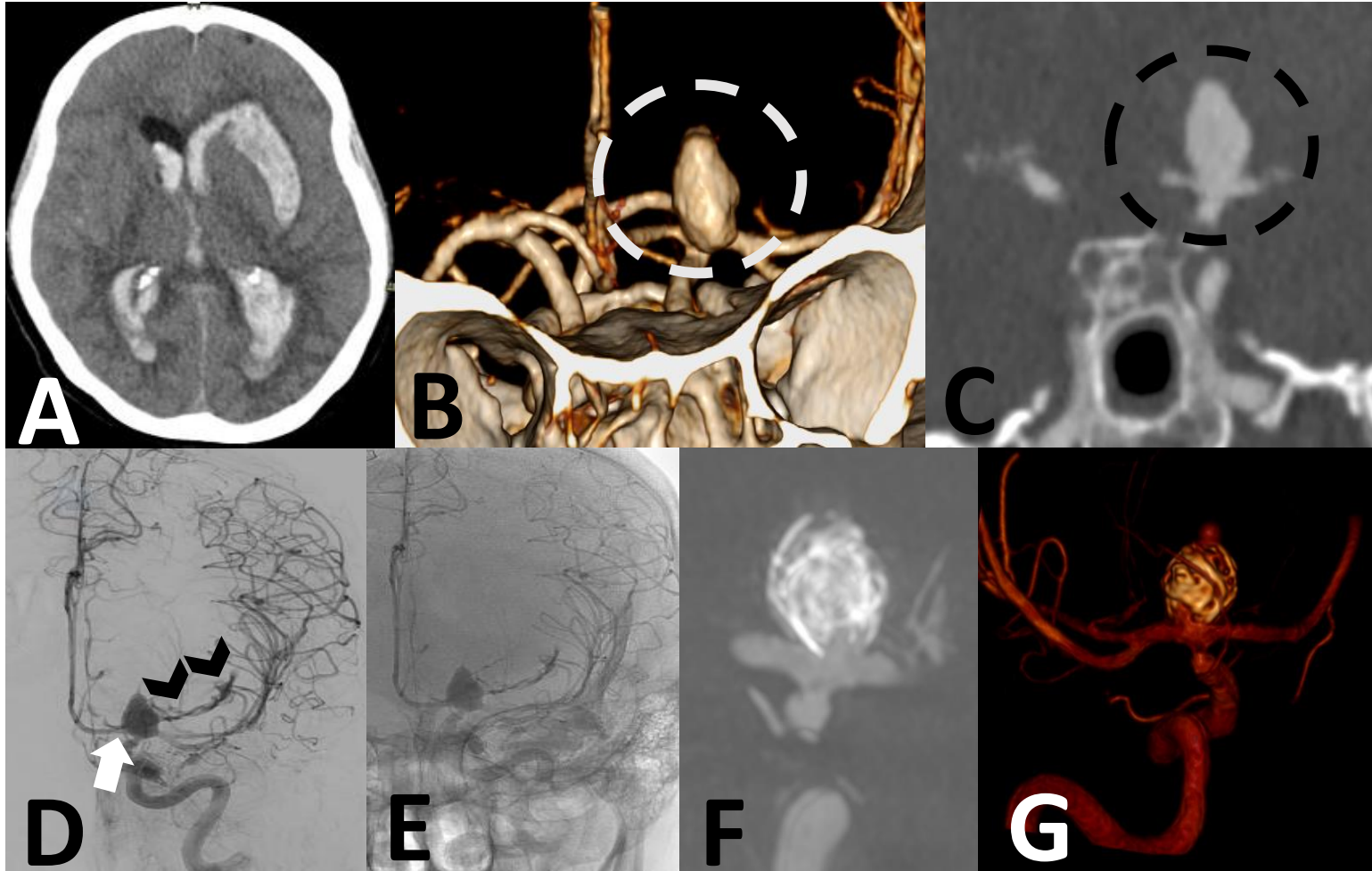


Correlación CBCT con ASD. De izquierda a derecha: reconstrucción VR de un estudio ASD 3D con CBCT, angiografía por sustracción digital y angiografía sin sustracción. En la fila (A) el estudio pre-tratamiento. En la fila (B) el estudio post-tratamiento. Nótese la colocación de coils en su interior, preservando los orígenes de ambos segmentos A2.

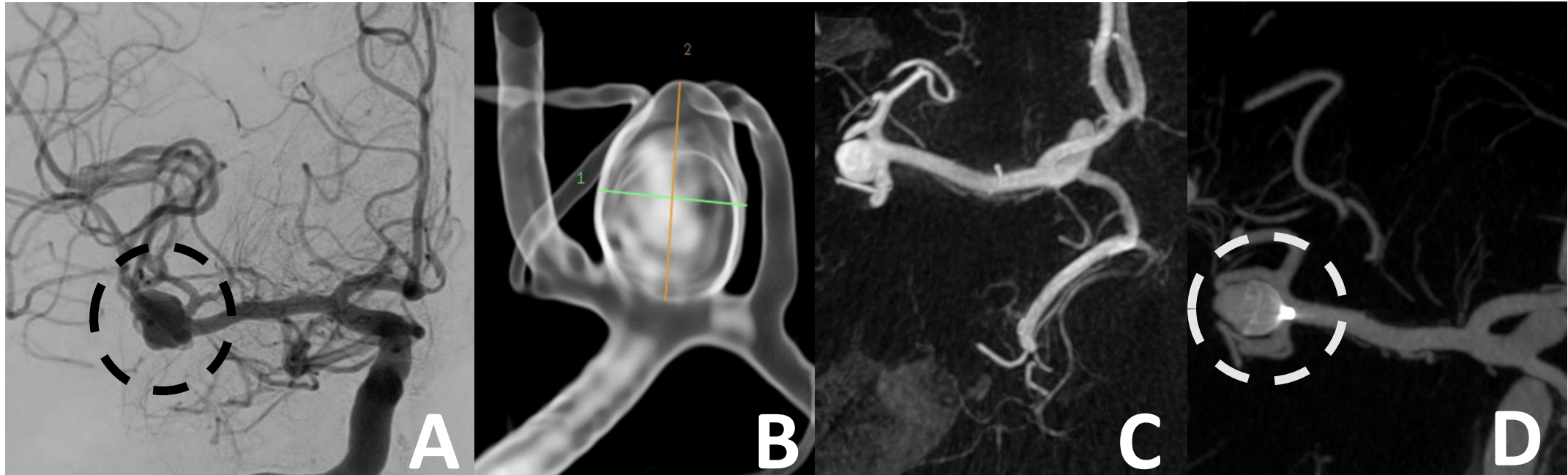
EVALUACIÓN POST-IMPLANTACIÓN DE DISPOSITIVOS INTRAVASCULARES

Es una de las principales utilidades del CBCT. No solo permite valorar la correcta posición del dispositivo (stent, coils, dispositivos intrasaculares, etc.), sino también la permeabilidad de ramas perforantes

Para la valoración de dispositivos intravasculares, la CBCT puede usarse tanto un protocolo de adquisición con inyección intraarterial como intravenoso



Paciente traído por el servicio de emergencias extrahospitalarias por bajo nivel de consciencia y hemiparesia derecha. (A) Corte axial de TC de cráneo sin contraste en el que se observa un hematoma intraparenquimatoso en región gangliobasal izquierda con extensión al sistema ventricular. (B) y (C) Reconstrucción VR y MPR del AngioTC en el que se observa aneurisma en bifurcación de la ACM izquierda (círculo punteado blanco y negro). (D) y (E) Angiografía con y sin sustracción digital en la que se identifica el aneurisma (flecha blanca) y un extravasado de contraste (puntas de flecha negras), compatible con sangrado activo del aneurisma. Se procede a realizar tratamiento con coils. (F) y (G) Reconstrucciones MPR y VR de una CBCT con contraste intraarterial realizada post-tratamiento en la que se valora la correcta colocación de los coils en el saco aneurismático y la permeabilidad de las ramas de la división del segmento M1 de la ACM izquierda.



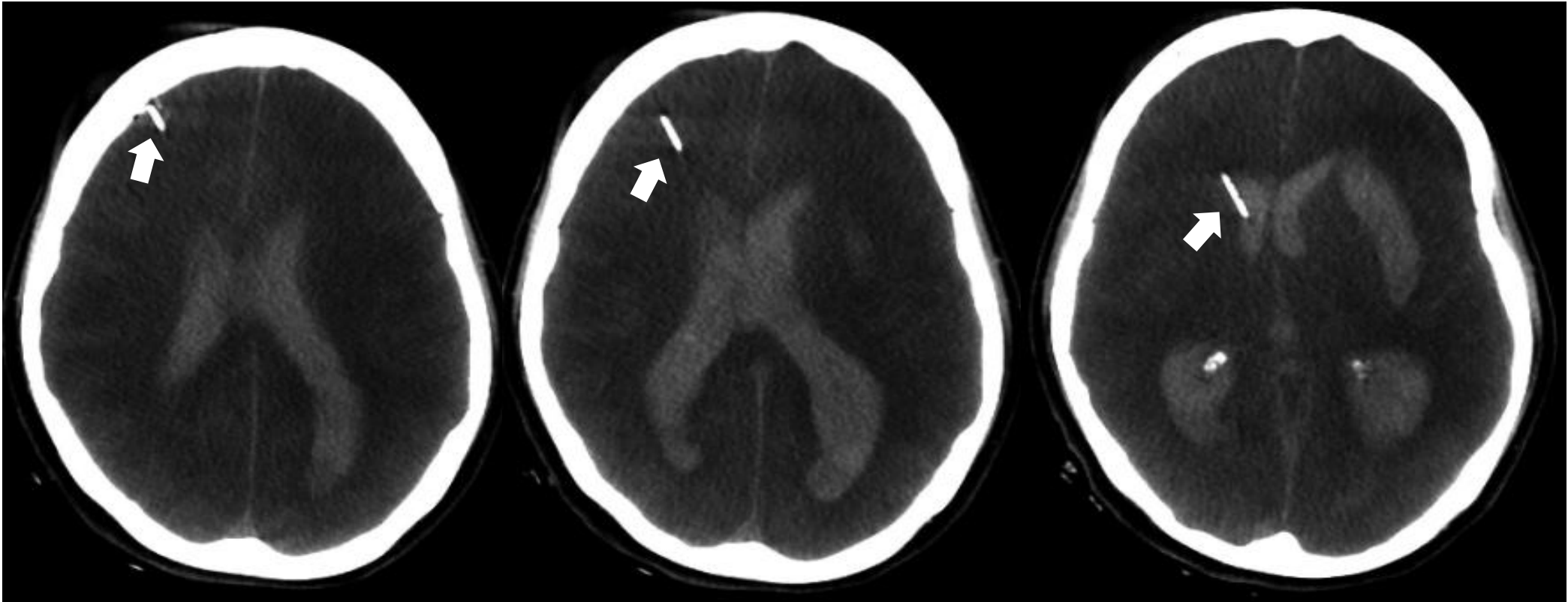
(A) Y (B) ASD 2D y reconstrucción VR de una ASD rotacional 3D en las que se observa un aneurisma en la bifurcación de la ACM derecha (círculo punteado negro). (C) Reconstrucción MIP (*Maximum Intensity Projection*) de una CBCT con contraste intraarterial del mismo paciente. Se decidió realizar tratamiento mediante la implantación de un dispositivo intrasacular. (D) Reconstrucción MIP de la CBCT con contraste intraarterial realizada post-tratamiento, en la que se observa el dispositivo intrasacular (círculo punteado blanco) correctamente desplegado y con adecuada permeabilidad de las ramas de la división del segmento M1 de la ACM derecha.

EVALUACIÓN DE COMPLICACIONES POST-PROCEDIMIENTO

La CBCT sin contraste permite una evaluación inmediata de posibles complicaciones al finalizar el tratamiento endovascular, sin necesidad de trasladar al paciente a una sala de TCMD

Es posible identificar una hemorragia intracraneal, isquemia precoz, edema cerebral o complicaciones relacionadas con el dispositivo, con una sensibilidad clínica suficiente para la toma de decisiones urgentes

Su integración en la sala de neurointervencionismo evita riesgos asociados al transporte del paciente crítico y permite una correlación directa con los hallazgos angiográficos intraprocedimiento, optimizando así la seguridad y el manejo inmediato postoperatorio



Paciente con un hematoma intraparenquimatoso en región gangliobasal izquierda y extensión al sistema ventricular que condiciona hidrocefalia aguda. Se decidió implantar un catéter de drenaje ventricular en la sala de neurointervencionismo y debido a la condición crítica del paciente se realizó una CBCT sin contraste para evitar trasladar al paciente a la sala del TCMD. Cortes axiales de una CBCT de cráneo sin contraste en la que se identifica el catéter de drenaje ventricular que ingresa por trépano frontal derecho con extremo distal en asta frontal del ventrículo lateral derecho (flechas blancas).

FLUJO DE TRABAJO “DIRECT TO ANGIO SUITE” EN EL CÓDIGO ICTUS

Con la CBCT en la sala de neurorradiología intervencionista se podrían implementar estrategias de flujo de trabajo tipo “direct to angio suite”, que consiste en que los pacientes con focalidad neurológica en los que se sospecha clínicamente una oclusión de gran vaso sean trasladados directamente a la sala angiográfica y en un mismo entorno descartar ictus hemorrágico, valorar el parénquima cerebral, realizar diagnóstico angiográfico y tratamiento endovascular

FLUJO DE TRABAJO “DIRECT TO ANGIO SUITE” EN EL CÓDIGO ICTUS

Este enfoque podría reducir de forma significativa los tiempos puerta-reperusión, un factor crítico en el pronóstico del ictus isquémico, y mejora la eficiencia del circuito asistencial al eliminar traslados intermedios

Sin embargo es un flujo de trabajo reciente y aún faltan estudios para establecer con certeza su seguridad y eficacia



CONCLUSIÓN

Los estudios rotacionales en angiografía permiten mejorar el diagnóstico, la planificación terapéutica y el seguimiento de las patologías habituales en Neurorradiología Intervencionista, así como también, reconocer rápidamente complicaciones inmediatas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Berris, T., Gupta, R., & Rehani, M. M. (2013). Radiation dose from cone-beam CT in neuroradiology applications. In *American Journal of Roentgenology* (Vol. 200, Issue 4, pp. 755–761). <https://doi.org/10.2214/AJR.12.10177>
 2. Raj, S., Gillan Irani, F., Hiong Tay, K., & Soo Tan, B. (2013). *C-arm Cone Beam Computed Tomography: A New Tool in the Interventional Suite* (Vol. 42, Issue 11).
 3. Raz, E., Nossek, E., Sahlein, D. H., Sharashidze, V., Narayan, V., Ali, A., Esparza, R., Peschillo, S., Chung, C., Diana, F., Syed, S., Nelson, P. K., & Shapiro, M. (2023). Principles, techniques and applications of high resolution cone beam CT angiography in the neuroangio suite Neuroimaging. *J NeuroInterv Surg*, 15, 600–607. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2022-018722>
-

BIBLIOGRAFÍA

4. Serrano, E., Valcárcel José, J., Páez-Carpio, A., Matute-González, M., Werner, M. F., & López-Rueda, A. (2025). Cone Beam computed tomography (CBCT) applications in image-guided minimally invasive procedures. *Radiologia*, 67(1), 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2023.09.004>
 5. Srinivasan, V. M., Schafer, S., Ghali, M. G. Z., Arthur, A., & Duckworth, E. A. M. (2016). Cone-beam CT angiography (Dyna CT) for intraoperative localization of cerebral arteriovenous malformations. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 8(1), 69–74. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2014-011422>
-