

DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS INTRACRANEALES MÁS UTILIZADOS DESDE UN PUNTO DE VISTA RADIOLÓGICO.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: Cristina Gomez Vega, Fatima Jimenez Aragon, Jose David Guio Fernandez, Maikal Villena Martin, Vanessa Goic Ortiz, Jordi Vidal Gonzalez

Objetivos Docentes

Los dispositivos intracraneales son herramientas que tienen como función la prevención, el diagnóstico, incluso la monitorización y el tratamiento de una gran variedad de patología cerebral.

El objetivo de este trabajo es revisar cada uno de los tipos de estos dispositivos así como su utilidad, sus componentes, su posición y sus posibles complicaciones.

Estos dispositivos son visualizados frecuentemente en estudios radiológicos. Es esencial para los radiólogos conocer los distintos tipos que existen y su aplicación para así llevar a cabo una correcta interpretación de los hallazgos de la imagen.

Se revisarán distintos tipos de dispositivos, como los catéteres de derivación ventricular, los sensores de presión intracraneal y los clips de aneurismas y coils.

Se describirá la localización adecuada y las complicaciones más frecuentes de cada uno de ellos y también los controles radiológicos necesarios tras su implantación para comprobar su correcto funcionamiento.

La alta densidad que estos dispositivos muestran en el TC, lo hacen la técnica de elección para detectarlos, valorar su localización y reconocer rápidamente sus complicaciones potenciales.

La Rx simple de abdomen o tórax y los US (ultrasonidos) son también necesarios para comprobar la correcta localización de la región distal de los catéteres. La RM puede ser útil para detectar algunas complicaciones derivadas del mal funcionamiento de los dispositivos como la hidrocefalia activa.

Revisión del tema

1. CATÉTERES DE DERIVACIÓN VENTRICULAR

1.1 HIDROCEFALIA

La Hidrocefalia (HCF) se define como un desbalance de la formación, circulación y absorción de líquido cefalorraquídeo, conduciendo a un incremento del volumen de este fluido en el SNC. Suelen asociarse a HTIC (Hipertensión intracraneal).

Existen múltiples clasificaciones de hidrocefalia, la más utilizada es la clasificación funcional que las divide en obstructivas o no comunicantes: la interferencia de circulación del LCR está en el sistema ventricular, con dilatación del ventrículo y Comunicante: la interferencia de circulación y absorción está a nivel de los espacios subaracnoideos o en las granulaciones aracnoideas.

En función de su etiología la hidrocefalia puede ser congénita o adquirida. La hidrocefalia congénita se halla presente al nacer y puede ser ocasionada por trastornos del desarrollo, tales como los asociados con defectos del tubo neural (espina bifida y encefalocele). Otras causas son complicaciones del nacimiento prematuro, tales como la hemorragia intraventricular, enfermedades como la meningitis, tumores, traumatismos en la cabeza o HSA (hemorragia subaracnoidea) que bloquea la salida de los ventrículos a las cisternas y el flujo del líquido en las mismas. De forma más excepcional la HCF congénita puede ser por predisposición genética (< 2%) como la estenosis de acueducto.

La hidrocefalia adquirida se desarrolla a partir del momento del nacimiento. Este tipo de HCF puede afectar a las personas de todas las edades y suele ser ocasionada por obstrucción por tumor, traumatismo, hemorragia intracraneal e infección.

Algunas formas de hidrocefalia no pueden ser claramente clasificadas. Este grupo incluye hidrocefalia a tensión normal y pseudotumor cerebri.

También puede clasificarse según el tiempo de evolución en aguda o crónica; según la presión intracraneal en presión alta o normal; o según la situación clínica del paciente en asintomática o sintomática.

Respecto a la clínica que puede manifestar, los varios tipos de hidrocefalia pueden presentarse de forma diferente en diferentes grupos de edad. La hidrocefalia aguda se presenta con cefalea, alteración de la marcha, vómitos, y cambios visuales. En niños los signos clásicos de hidrocefalia son la irritabilidad, escaso control de la cabeza, abombamiento de fontanelas, dilatación de venas del cuero cabelludo y un incremento de la circunferencia craneal. Cuando hay dilatación del tercer ventrículo, el paciente puede presentar síndrome de Parinaud o un déficit focal como paresia del sexto par. Cuando hay una hidrocefalia avanzada aparecen signos troncoencefálicos, coma e inestabilidad hemodinámica.

La hidrocefalia a presión normal tiene una sintomatología distintiva, el paciente presenta mayor edad y refiere la triada clínica clásica de demencia, incontinencia urinaria y ataxia progresiva.

La mayoría de casos de hidrocefalia sintomática necesita ser tratada antes de que los síntomas neurológicos se vuelvan permanentes o progresen. La terapia médica es normalmente una medida temporal pero en algunas condiciones transitorias como en meningitis o hemorragia neonatal intraventricular el tratamiento médico puede ser efectivo.

1.2 CATÉTERES DE DERIVACIÓN VENTRICULAR EN EL TRATAMIENTO DE LA HCF

Los dispositivos de derivación ventricular son el tratamiento de elección en la HCF, drenan el exceso de

LCR intracraneal hacia el peritoneo (*derivación ventriculoperitoneal* (VP)), hacia la aurícula derecha (*derivación ventriculoatrial* (VA)), hacia la pleura (*derivación ventriculopleural* (VP)) y *lumboperitoneal* (LP) en la que derivan el LCR desde el espacio subaracnoideo del canal medular a nivel L3-L4 hasta el peritoneo. En algunos casos pueden combinarse distintas derivaciones (ver imagen 1 y 2). La derivación VP tiene menos complicaciones y mejor acceso.

Estos sistemas están compuestos por 3 elementos (ver imagen 3): un catéter proximal situado dentro del sistema ventricular, normalmente en el asta frontal del VL derecho, próximo al agujero de Monro (ver imagen 4), una válvula unidireccional conectada al reservorio, y un catéter distal que pasa a través del tejido subcutáneo para finalizar en el abdomen, en la cavidad peritoneal, la aurícula derecha o la pleura.

La derivación ventrículo atrial es normalmente la primera elección para pacientes en los que no es viable la colocación de catéteres abdominales distales, es el caso de múltiples operaciones, antecedentes de sepsis abdominal reciente, pseudoquistes abdominales o cavidad peritoneal malabsortiva.

La derivación lumboperitoneal se usa en HCF comunicante, especialmente, si los ventrículos son pequeños. La indicación clásica de este procedimiento es el Pseudotumor cerebri. Una válvula posicional es útil porque se interrumpe el flujo de LCR cuando el paciente está erguido, previniendo de ese modo la cefalea por exceso de drenaje.

Aunque los sistemas de derivación ventricular son los más conocidos, existen otros como los drenajes ventriculares externos (DVE), los cuales consisten en la colocación de un catéter en el asta frontal del VL, preferiblemente en el hemisferio no dominante. El catéter puede estar alineado con un transductor y un equipo de registro que permite una monitorización continua de la PIC y una descompresión cerebral al facilitar el drenaje del LCR al exterior. También permite la administración de antibióticos, fibrinolíticos o contrastes. Su colocación está indicada en el cuidado de pacientes neurológicos o neuroquirúrgicos con HCF, hemorragia IV y tumores craneales asociados a edema.

1.3 COMPLICACIONES DE LOS CATÉTERES DE DERIVACIÓN VENTRICULAR

La invasividad de estos procedimientos puede conducir a complicaciones que con frecuencia abocan en una reintervención. Estas pueden ocurrir inmediatamente tras cirugía o a largo plazo (incidencia de 25-35%). Las complicaciones pueden expresarse de forma muy variada, desde asintomáticas a producir una clínica inespecífica. En este contexto es necesario la familiarización del radiólogo con este tema para reconocer las posibles complicaciones.

Es conveniente realizar TC craneal tras la implantación del dispositivo para comprobar su adecuada localización y de no ser así identificar precozmente las complicaciones (ver imágenes 5 y 6).

Para el estudio correcto de las complicaciones torácicas y abdominales de las derivaciones VP se dispone de métodos diagnósticos como la Rx simple, los US, y el TC.

El estudio realizado será variable y dependerá del trayecto del catéter que queramos analizar, según la sospecha clínica de cada caso (ver imágenes 7, 8 y 9). Si se realiza Rx simple de tórax y/o abdomen, se debe complementar la proyección AP con una lateral.

Las complicaciones incluyen disfunción valvular por causas mecánicas, que son normalmente las más frecuentes (obstrucción, ruptura o migración de catéter) por infección del SNC, hemorragia intracraneal, drenaje anómalo de LCR (síndromes de hiperdrenaje valvular) y malposición; en cuyo caso hay un drenaje inadecuado de LCR, resultando en una formación de colecciones o pseudoquistes en una localización anómala de la punta del catéter, normalmente el distal en el tejido subcutáneo o en la pared abdominal (ver imagen 10 y 11).

Obstrucción: Es la complicación más frecuente en relación con el uso de derivaciones VP. Suele ocurrir en los extremos de los catéteres. Ésta puede generarse a nivel proximal, secundaria al contacto estrecho del catéter con la pared ventricular, a procesos neoformativos intraventriculares o al drenaje de líquido de alta densidad o proteináceos. Así mismo la obstrucción también puede producirse a nivel distal debido al contacto de la punta del catéter con órganos intraabdominales o a la aparición de adhesiones .

En la imagen radiológica la hidrocefalia activa como consecuencia de esta complicación mecánica se traduce con aumento del sistema ventricular, reabsorción transependimaria, edema pericatóter y colecciones subgaleales.

Desconexión: Esta puede ser también una complicación frecuente en el uso de derivaciones VP, ocurre más frecuentemente en lugares que tienen mucha movilidad, como ocurre en el cuello. Otros factores de riesgo son la fibrosis y la calcificación relacionados con el tiempo que se mantienen estos catéteres, traumatismos repetitivos y movilidad restringida. Otra causa de desconexión es el crecimiento en edad pediátrica; tras implantar una derivación VP, pueden formarse tractos fibrosos en todo su recorrido los cuales impiden el correcto movimiento del catéter valvular.

Migración del catéter: Puede ocurrir en cualquier parte del catéter, más frecuente a nivel distal produciéndose un fallo del sistema por una alteración de la absorción del LCR o por bloqueo del catéter por las estructuras adyacentes. Los emplazamientos son diversos: escroto, ano, intestino, pudiendo causar complicaciones como las perforaciones intestinales.

Complicaciones menos frecuentes son el exceso de drenaje y las infecciones.

Hiperdrenaje: Otra complicación es el exceso de drenaje valvular que suele ocasionar en los pacientes síntomas como cefaleas continuas ortostáticas, vómitos y alteración variable de la conciencia. Estos casos se visualizan en la imagen radiológica como colapso del sistema ventricular y formación de hematomas e higromas subdurales en relación a la desproporción craneoencefálica.

Infecciones: Son complicaciones potenciales que generalmente se producen en el extremo distal del catéter y están causadas por *S. aureus* en la mayoría de los casos. Son la segunda causa de fallo de la derivación, suele producirse en el periodo postoperatorio y requieren recambio. El riesgo de infección se ve aumentado en HCF posthemorrágica, mielomeningocele, tras cirugía previa abdominal y en pacientes pediátricos menores de 1 mes.

En todas las complicaciones descritas es de suma importancia la comparación con estudios previos para la correcta valoración radiológica.

2. CATÉTERES INTRACRANEALES.

Su principal indicación es el drenaje de hematomas subdurales (ver imágenes 12 y 13). Son dispositivos de evacuación por gravedad por lo que son usados en hematomas crónicos, sin embargo no se colocan en hematomas agudos, estos se resuelven por craneotomía ya que el drenaje por gravedad en sangrados agudos no serian efectivos debido a su densidad.

3. SENSOR DE PRESIÓN INTRACRANEAL

Sirven para monitorizar la presión intracraneal (PIC) y su principal indicación es el traumatismo craneo encefálico, aunque también se utiliza en otras situaciones que conllevan un aumento de la PIC (hemorragias intracraneales, edema cerebral por infarto maligno de la arteria cerebral media, tumores intracraneales,...).

Una PIC elevada y mantenida puede derivar en la muerte o en daño neurológico devastador, debido a una disminución de la presión de perfusión cerebral que ocasiona isquemia o a una compresión y herniación de estructuras vitales como el tronco del encéfalo. Por tanto el reconocimiento precoz es esencial para intervenir correctamente.

Una monitorización continua de la PIC es importante para comprobar la eficacia de las medidas terapéuticas y para evaluar la evolución del daño cerebral. La indicación más común para la monitorización de la PIC es frenar la progresión de un daño cerebral. Un sensor de PIC debe colocarse en pacientes con un índice de Glasgow menor de 8 (tras la reanimación) y tras la reversión de sedantes que hayan podido ser utilizados en el proceso de intubación.

La posición de estos dispositivos puede ser intraparenquimatoso, intraventricular o subdural. Los intraparenquimatosos deben colocarse siempre en el hemisferio cerebral que se encuentre más afectado, a 1,5-2 cm de profundidad en la sustancia blanca cerebral (ver imágenes 14, 15, 16 y 17)

Las complicaciones más frecuentes observadas en este tipo de dispositivos son las hemorragias y las infecciones locales.

4. MANEJO DE ANEURISMAS CEREBRALES

Un aneurisma es una dilatación anormal localizada en un vaso sanguíneo ocasionada por una degeneración o debilitamiento de la pared vascular. El aneurisma tiene una pared mucho más débil que la arteria saludable y, por eso, presenta gran riesgo de rotura, pudiendo causar hemorragias cerebrales graves.

Son más comunes en las mujeres y en personas con más de 50 años. Sin embargo, la tasa de hemorragia intracraneal por rotura de un aneurisma cerebral es de apenas 10 de cada 100,000 personas.

Hay varios tipos de aneurisma, los saculares suelen estar ubicados en las principales arterias cerebrales, en los sitios de máximo estrés hemodinámico. Pueden darse en sitios más periféricos, pero tienden a estar asociados con infecciones (aneurismas micóticos) o trauma. Los aneurismas fusiformes son más comunes en el sistema vertebrobasilar y los aneurismas disecantes pueden ser categorizados dentro de la disección arterial.

Los aneurismas saculares son más comunes en el sistema carotídeo (85-95%) y los lugares más frecuentes son: arteria carótida interna, a nivel de la salida de la arteria comunicante posterior, arteria cerebral anterior en zona de unión con arteria comunicante anterior, bifurcación o trifurcación de arteria cerebral media y bifurcación carotídea

Los aneurismas de la circulación posterior (sistema vertebro-basilar o comunicantes posteriores) presentan las mayores tasas de ruptura.

Su tratamiento consiste en su exclusión ya sea quirúrgica o endovascular.

Tratamiento quirúrgico.

Se utilizan técnicas de microcirugía centradas en eliminar el aneurisma de la circulación cerebral y reducir el efecto masa sobre estructuras adyacentes. Se usan unos dispositivos denominados “clips”, que se colocan rodeando el cuello del aneurisma con el objetivo de clamarlo y así privarlo de aporte sanguíneo.

Existen muchos tipos de clips y su composición no es la misma, los hay de acero, cobalto o titanio, los dos primeros son ferromagnéticos y suponen un riesgo cuando se realiza RM de control, especialmente en las de alto campo (1.5 y 3 Tesla). Aunque remota, existe la posibilidad de movimiento del dispositivo por el efecto de campo magnético. Por ello actualmente se fabrican con materiales no ferromagnéticos, como el titanio, que son seguros y producen menos artefactos. En cualquier caso debemos conocer exactamente el modelo de clip que se ha implantado en cada caso y comprobar su seguridad en la RM.

En estudios de imagen se visualizan como imágenes lineales hiperdensas con artefacto metálico en TC (ver imágenes 18, 19, 20 y 21).

Tratamiento Endovascular.

Los coils endovasculares son dispositivos con forma de espiral compuestos de platino habitualmente que también tienen función terapéutica en aneurismas cerebrales y malformaciones arterio venosas (MAV). Presentan muy buen rendimiento obteniendo el mayor beneficio en pacientes con un buen estado preoperatorio. Esta técnica permite preservar los vasos sanguíneos y puede ser combinada con procedimientos quirúrgicos.

La oclusión de aneurismas con coils de platino pretenden el mismo resultado que las técnicas quirúrgicas: causar coágulos de sangre alrededor del coil implantado y ocluir el aneurisma con el tiempo. Con este procedimiento no hay contradicciones para realizar control con RM. El mayor handicap son los artefactos que causa el material de embolización en el CT.

Las complicaciones incluyen la perforación vascular, hemorragia o tromboembolismo distal.

Imágenes en esta sección:

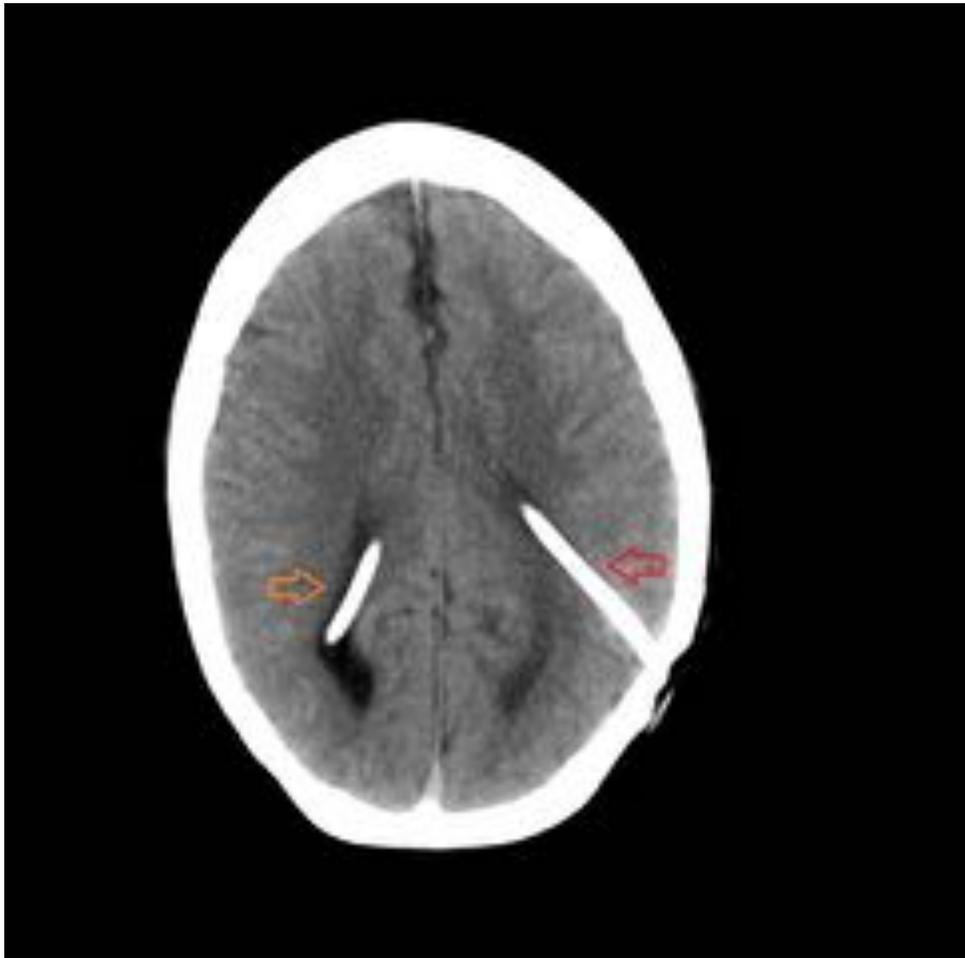


Fig. 1: Mujer de 17 años, con doble sistema de derivación (ventriculoatrial y ventriculoperitoneal) por HCF perinatal secundaria a hemorragia intraventricular. CT craneal sin CIV en el que se observan los dos catéteres de derivación ventricular entrando en el parénquima cerebral a nivel del lóbulo parietal izquierdo (flecha roja) y derecho (flecha naranja) respectivamente.

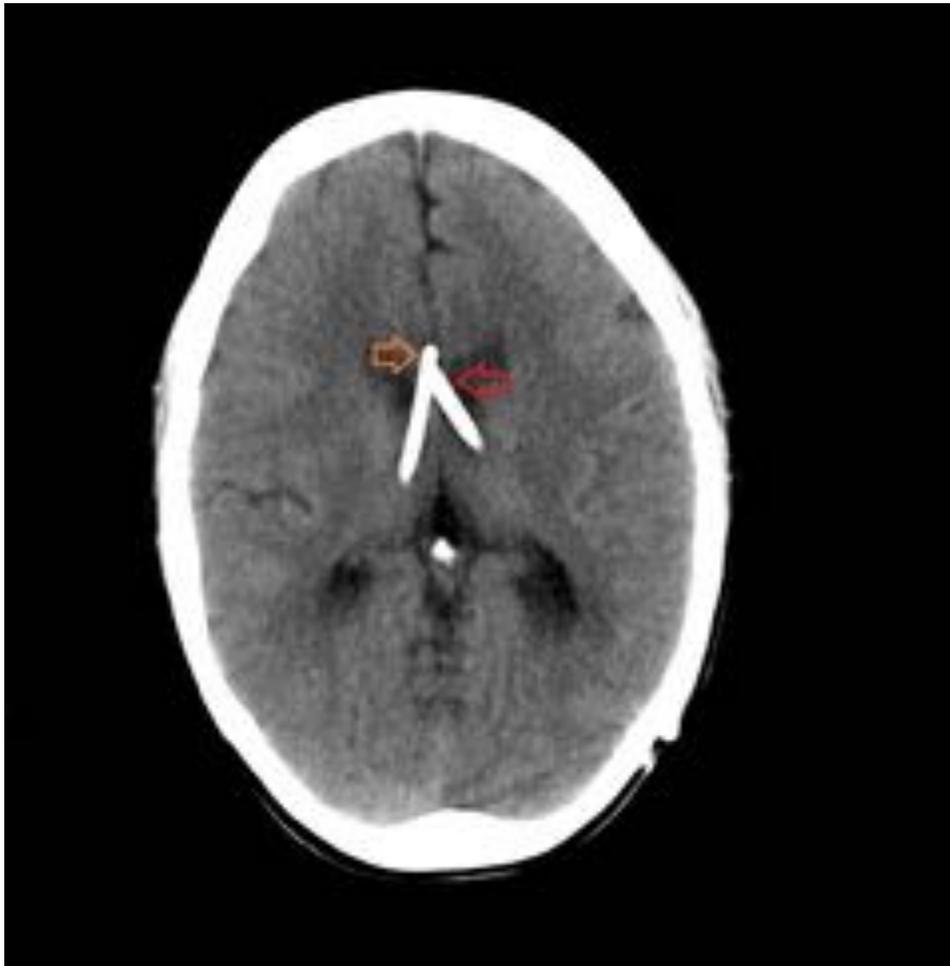


Fig. 2: Imagen perteneciente a la misma paciente. Se visualiza el extremo de ambos catéteres cruzándose en la línea media. No se identifican complicaciones.



Fig. 3: Mujer con diagnóstico de pseudotumor cerebri y colocación de derivación VL. Scout de TC muestra el extremo del catéter proximal proyectado sobre el sistema ventricular, la localización de la válvula (flechas), así como la trayectoria del catéter distal discurriendo por el tejido celular subcutáneo del cuello (estrella).

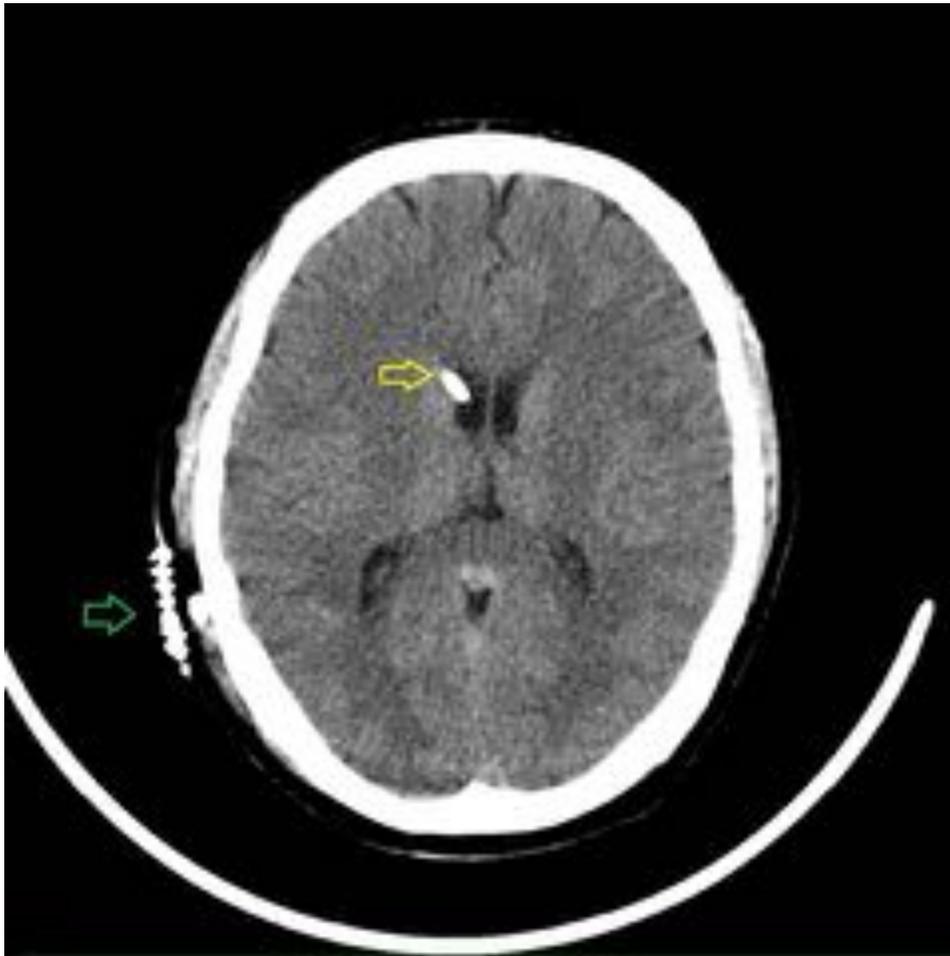


Fig. 4: Paciente anterior. Se reemplaza el catéter por síntomas persistentes de hiperdrenaje colocando una derivación VP. TC Axial sin CIV muestra el extremo proximal del catéter en el interior del asta frontal derecha, bien posicionada, sin complicaciones (flecha amarilla). Cambios postquirúrgicos en región temporal derecha (flecha verde).



Fig. 5: Mujer de 65 años con diagnóstico de HCF a tensión normal. TC craneal sin CIV muestra HCF triventricular (flechas naranjas), derivación VP con punta de catéter proximal en localización ventricular, previo al agujero de Monro (estrella). La válvula se localiza en región temporoparietal derecha (flecha amarilla). Pequeñas burbujas de neumoencéfalo en lóbulo frontal derecho (flecha verde).

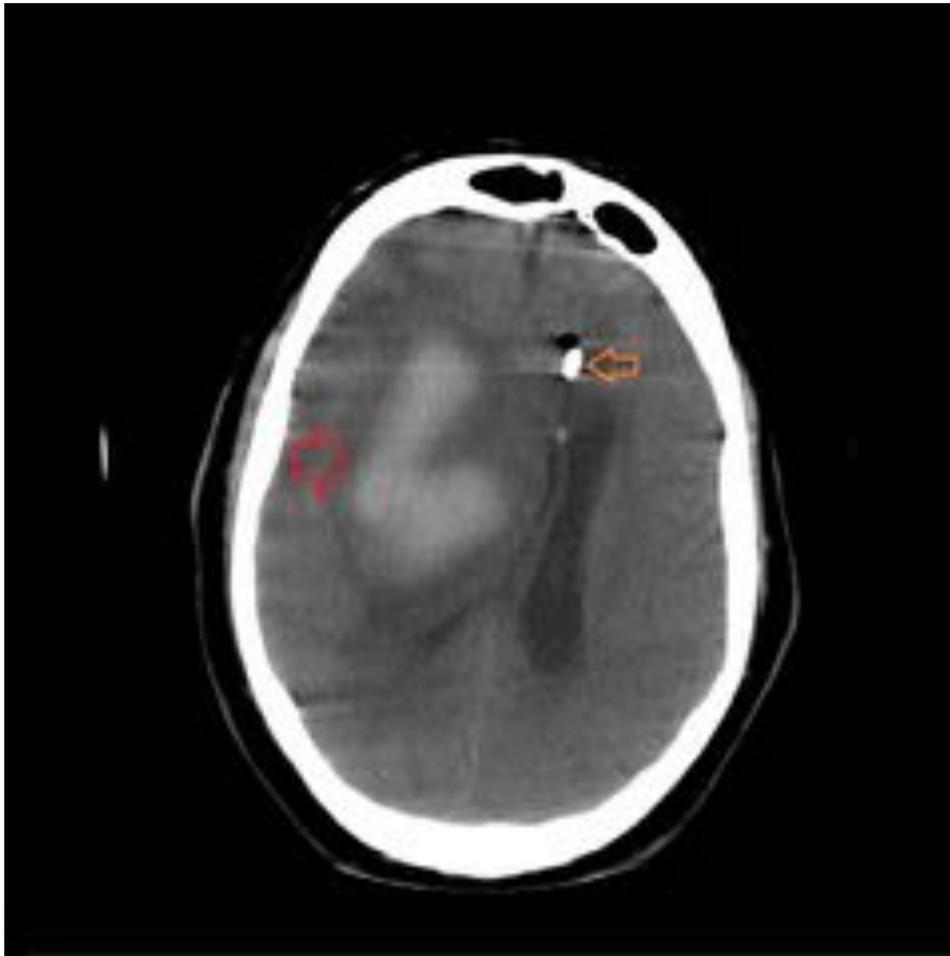


Fig. 6: Paciente con hemorragia intracraneal abierta al sistema ventricular en el contexto de crisis hipertensiva . TC sin CIV: Gran hematoma en ganglios basales derechos con edema perilesional (flecha roja) y desviación de la línea media. Catéter de derivación ventricular mal posicionado, con punta proximal localizada en sustancia blanca, próxima a la pared anterior del asta frontal del VL izquierdo (flecha naranja).

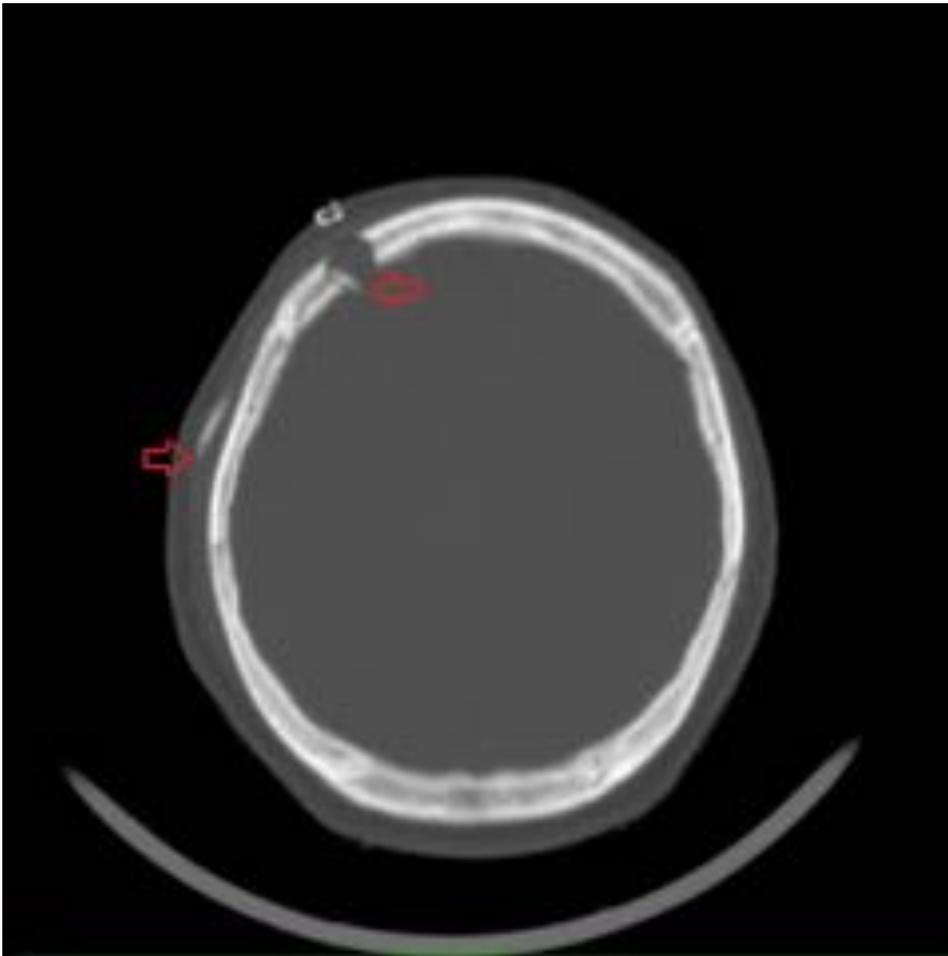


Fig. 7: TC axial, ventana de hueso. Se evidencia el trayecto del catéter desde el interior del parénquima frontal derecho , atravesando el hueso craneal y su curso a través del tejido subcutáneo frontal derecho (flechas rojas).

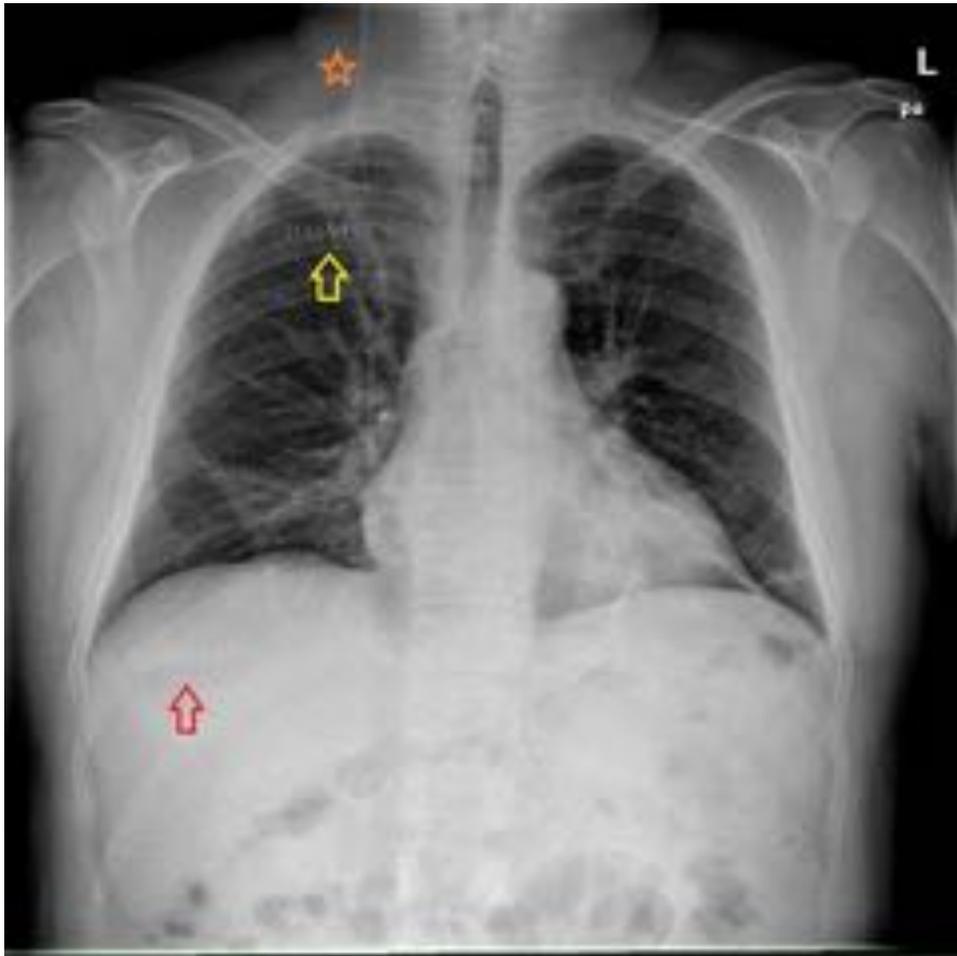


Fig. 8: Rx simple de tórax AP que muestra el trayecto normal de un catéter de derivación ventricular bajando por el tejido subcutáneo de cuello y tórax y entrando en la cavidad abdominal (estrella y flecha).

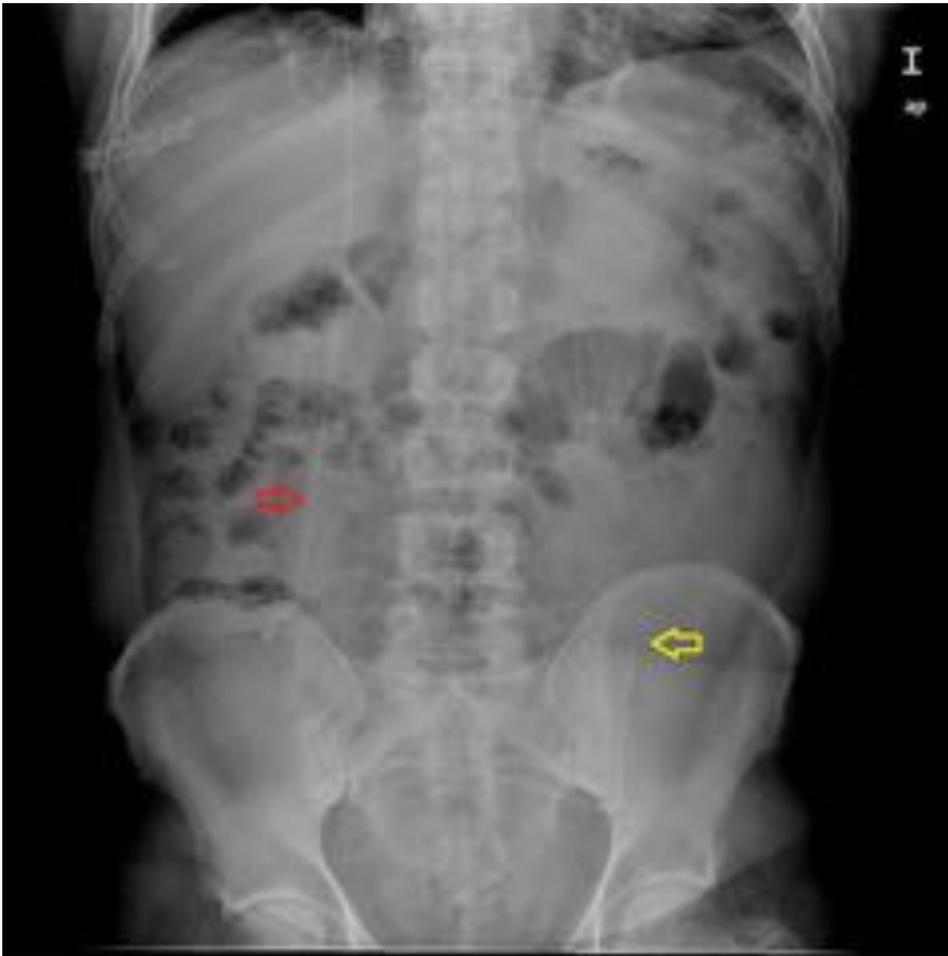


Fig. 9: Rx simple de abdomen AP que muestra la continuación del catéter de derivación ventricular (flecha roja) con punta localizada en el cuadrante abdominal inferior e izquierdo (flecha amarilla).



Fig. 10: Niña de 7 años con Síndrome de Aicardi e HCF tratada con derivación VP hace años. Acude a urgencias pediátricas por persistencia de la sintomatología. Se realiza ecografía abdominal: En la pared abdominal izquierda se muestra una colección de líquido con una estructura tubular ecogénica en su interior, estos hallazgos sugieren la formación de un pseudoquistes en la punta del catéter peritoneal.



Fig. 11: Radiografía AP de abdomen simple de la paciente referida en la imagen anterior: Se confirma la presencia del extremo distal del catéter de la derivación VP acumulado en el interior de una opacidad redondeada en hemiabdomen izquierdo compatible con malposición del catéter a nivel extraperitoneal, en el espesor de la pared abdominal, con la formación de pseudoquistes.



Fig. 12: TC axial postquirúrgico de paciente con deterioro neurológico progresivo secundario a hematoma subdural crónico. Se observan cambios postquirúrgicos con pequeña colección residual (flecha amarilla) y burbuja de neumoencefalo frontal derecha (flecha azul). Catéter de drenaje bien posicionado en el espacio subdural (flecha naranja).



Fig. 13: TC Axial muestra adecuada posición de una válvula de drenaje ventricular. Ésta está localizada a nivel retroauricular derecho, en el tejido subcutáneo del lóbulo temporal (flecha amarilla).

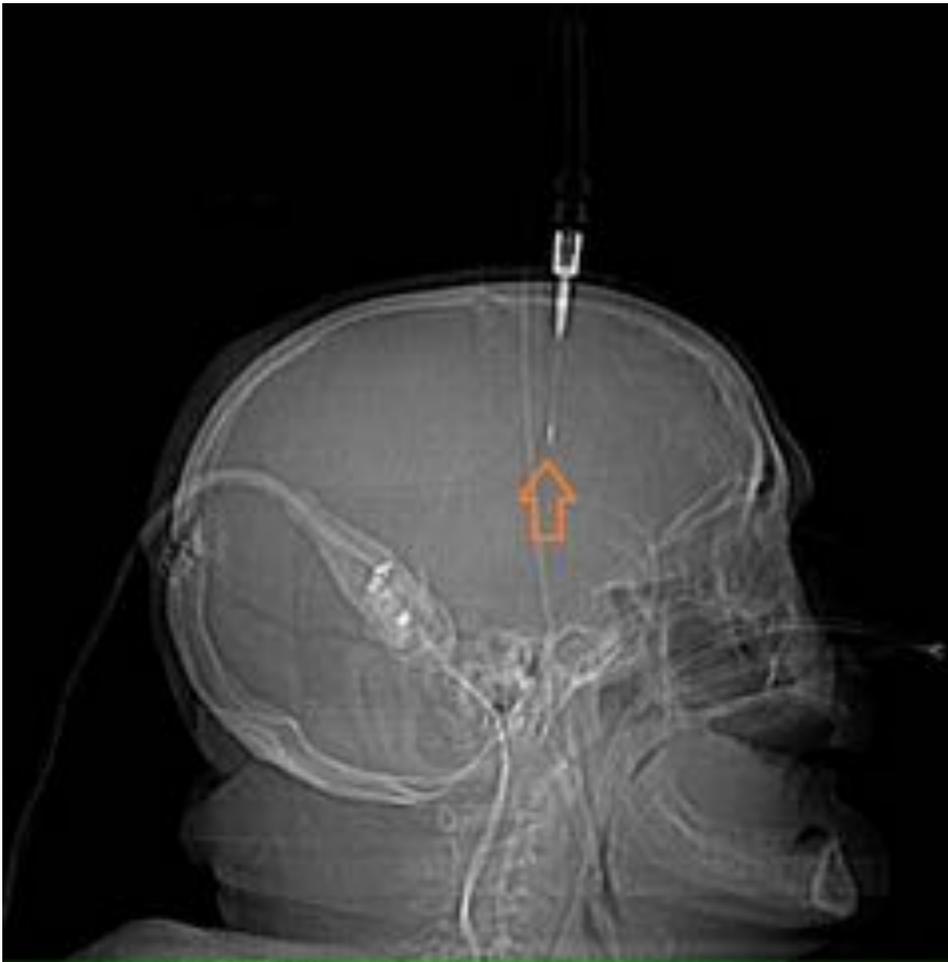


Fig. 14: Paciente con TCE tras caída desde tres metros de altura. El scout del TC muestra la localización del catéter sensor de presión intracraneal proyectado sobre el lóbulo frontal, con la punta progresada en el interior del parénquima cerebral.

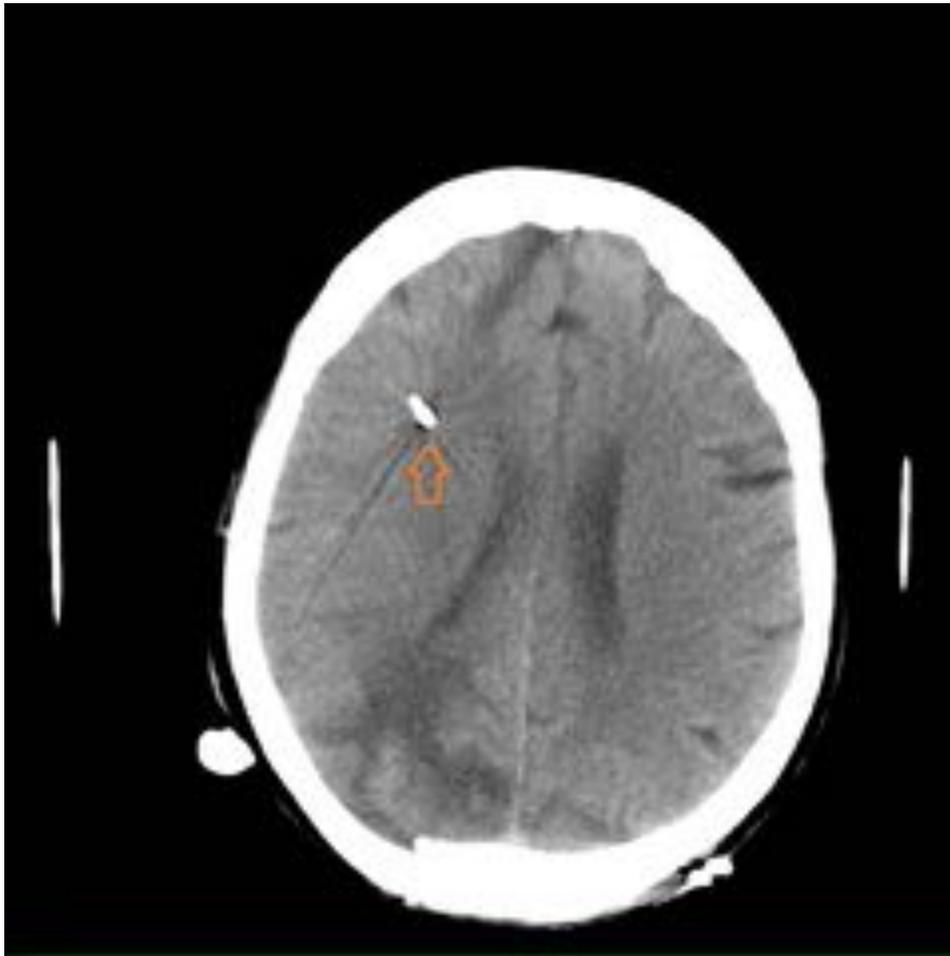


Fig. 15: Paciente del caso anterior. TC craneal sin CIV muestra importante borramiento de los surcos del hemisferio derecho y colapso parcial del ventrículo lateral ipsilateral. La punta del catéter de presión intracraneal se muestra bien localizada en el parénquima del lóbulo frontal derecho, a nivel de la SB(flecha najanja).

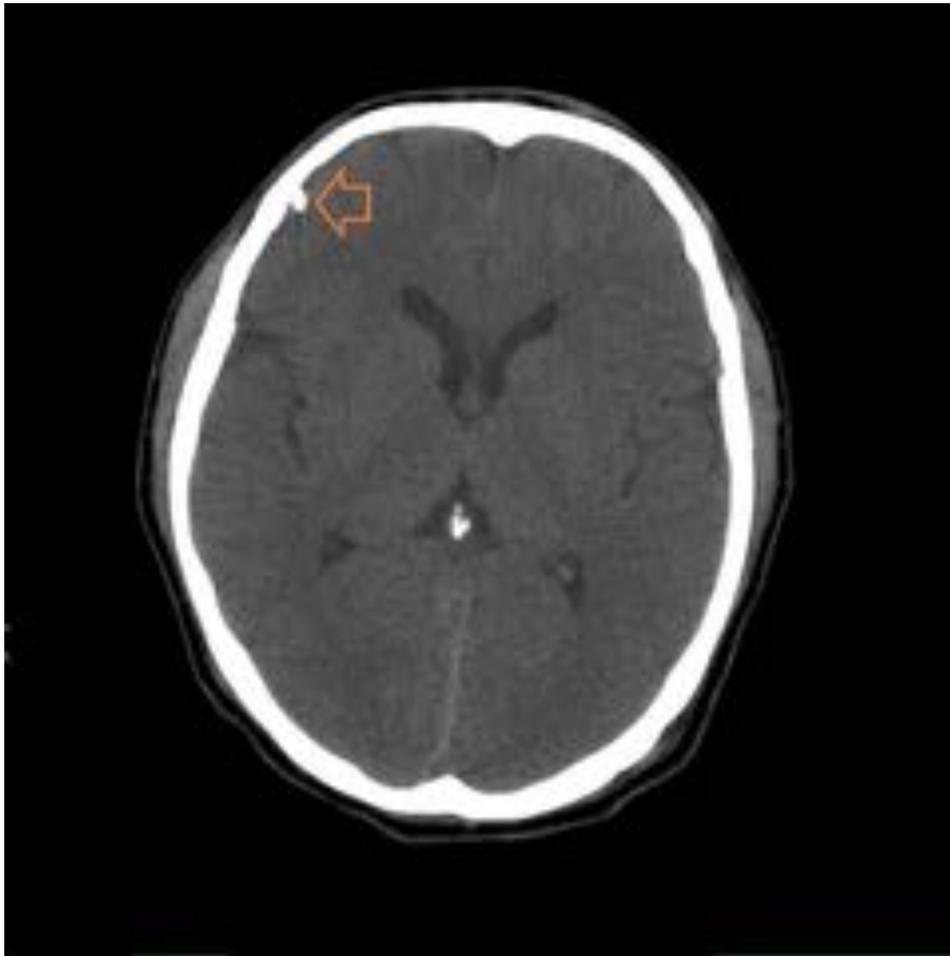


Fig. 16: Paciente con TCE tras accidente de tráfico. TC Craneal sin CIV en el que se observa una progresión insuficiente del sensor de presión intracraneal, no alcanzando la SB del lóbulo frontal derecho (flecha naranja).

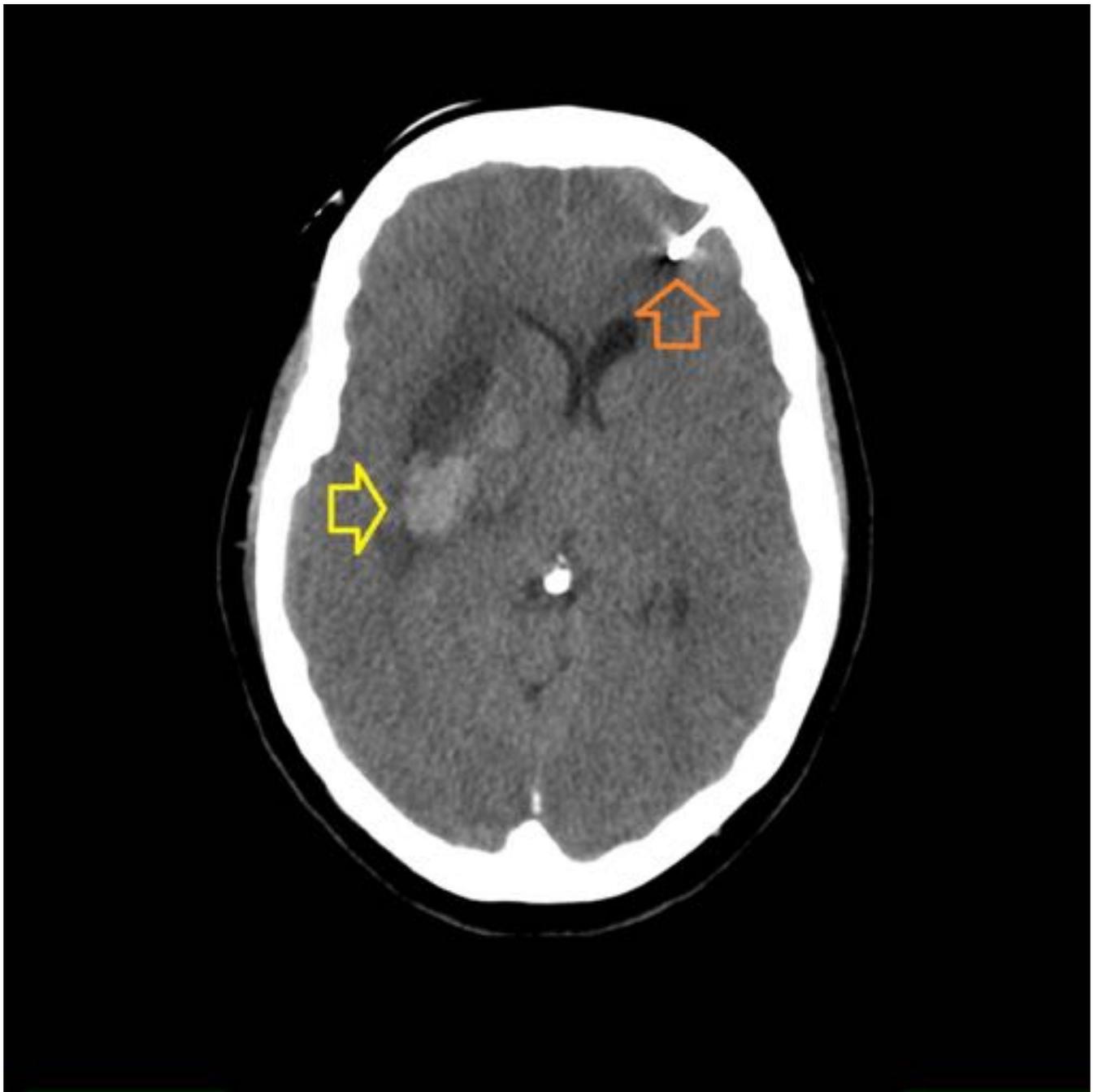


Fig. 17: Paciente con hemorragia intracraneal en el contexto de crisis hipertensiva . TC Craneal sin CIV . Hematoma en ganglios basales derechos (flecha amarilla) con efecto masa y desviación de la línea media. El catéter de presión intracraneal se evidencia bien posicionado en la SB del lóbulo frontal izquierdo (flecha naranja).



Fig. 18: Paciente con aneurisma en la ACM (arteria cerebral media) tratado quirúrgicamente. El scout del CT muestra una estructura de alta densidad proyectada en la región basal posterior del lóbulo frontal, en la localización del aneurisma, correspondiente a los clips metálicos utilizados en su tratamiento.



Fig. 19: TC axial sin CIV del mismo paciente en el que se observa el artefacto que crea el material de embolización del aneurisma.



Fig. 20: Paciente con hemorragia subaracnoidea secundaria a aneurisma secular en segmento distal M1. La figura muestra el scout de CT posterior a la embolización del aneurisma en el que se observa una estructura de alta densidad redondeada proyectada sobre la región posterobasal del lóbulo frontal, en la localización del aneurisma embolizado.



Fig. 21: TC axial sin CIV del paciente anterior en el que se observa la estructura de alta densidad correspondiente a los clips y el importante artefacto que crea en el tejido cerebral adyacente.

Conclusiones

Entre las funciones de los dispositivos intracraneales se encuentran la prevención, el diagnóstico, la monitorización y el tratamiento de una gran variedad de patología cerebral. El papel de los radiólogos es fundamental para valorar el correcto funcionamiento de estos elementos y reconocer complicaciones de

forma precoz cuando aún el paciente esta asintomático o presenta clínica inespecífica.

El diagnóstico de la disfunción de dispositivos intracraneales se realiza atendiendo a la combinación de distintas variables como la historia clínica del paciente, su exploración física y los estudios de imagen complementarios. Los hallazgos encontrados en estas pruebas deben ser fácilmente reconocidos por los radiólogos para poder dictaminar un diagnóstico precoz y poder proporcionar el tratamiento adecuado.

La monitorización con TC de pacientes con dispositivos intracraneales debe ser realizado como norma ante cualquier sospecha de complicación inmediata del paciente. Si existe sospecha clínica de complicaciones intra abdominales, algunas de ellas pueden ser evaluadas con US. La comparación con estudios previos es fundamental y necesaria para poder detectar pequeños cambios que pueden ofrecer la clave en el diagnóstico diferencial.

Bibliografía / Referencias

1. Tanaka N, Yamaguchi S, Ishikawa H, Ishii H, Meguro K. Prevalence of possible idiopathic normal-pressure hydrocephalus in Japan: the Osaki-Tajiri project. *Neuroepidemiology*. 2009. 32(3):171-5.
2. Klimo P Jr, Van Poppel M, Thompson CJ, Baird LC, Duhaime AC, Flannery AM, et al. Pediatric hydrocephalus: systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 6: Preoperative antibiotics for shunt surgery in children with hydrocephalus: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Pediatr*. 2014 Nov. 14 Suppl 1:44-52
3. Whitehead WE, Riva-Cambria J, Wellons JC 3rd, Kulkarni AV, Holubkov R, Illner A, et al. No significant improvement in the rate of accurate ventricular catheter location using ultrasound-guided CSF shunt insertion: a prospective, controlled study by the Hydrocephalus Clinical Research Network. *J Neurosurg Pediatr*. 2013 Oct 11.
4. Kazui H, Miyajima M, Mori E, Ishikawa M, SINPHONI-2 Investigators. Lumboperitoneal shunt surgery for idiopathic normal pressure hydrocephalus (SINPHONI-2): an open- label randomised trial. *Lancet Neurol*. 2015 Jun. 14 (6):585-94.
5. Manejo de los drenajes intraventriculares. Gobierno de Aragón. Sector Zaragoza. Protocolo de manejo UCI. Mayo 2012.
6. Izumihara A, Yamashita K, Murakami T. Acute subdural hematoma requiring surgery in the subacute or chronic stage. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2013. 53(5):323-8.
7. Tosaka M, Sakamoto K, Watanabe S, Yodonawa M, Kunimine H, Aishima K, et al. Critical classification of craniostomy for chronic subdural hematoma; safer technique for hematoma aspiration. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2013. 53(4):273-8.
8. [Guideline] Bullock MR, Chesnut R, Ghajar J, Gordon D, Hartl R, Newell DW, et al. Surgical management of acute subdural hematomas. *Neurosurgery*. 2006 Mar. 58(3 Suppl):S16-24; discussion Si-iv.
9. Muzii VF, Bistazzoni S, Zalaffi A, Carangelo B, Mariottini A, Palma L. Chronic subdural hematoma: comparison of two surgical techniques. Preliminary results of a prospective randomized study. *J Neurosurg Sci*. 2005 Jun. 49(2):41-6; discussion 46-7.
10. Li H, Pan R, Wang H, Rong X, Yin Z, Milgrom DP, et al. Clipping versus coiling for ruptured intracranial aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *Stroke*. 2013 Jan. 44(1):29-37.
11. van Rooij WJ, Sprengers ME, de Gast AN, Peluso JP, Sluzewski M. 3D rotational angiography: the new gold standard in the detection of additional intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008 May. 29(5):976-9.