

NECRO-TC: Los nuevos horizontes de la radiología

Cristina Casado Perez¹, Lain Ibañez Sanz¹,
Susana Borrueal Nacenta¹,
Maria Elena Martinez Chamorro¹, Julia Garcia
Prieto¹, Maria Carmen Cruz-Conde Rodriguez-
Guerra¹

¹Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid

OBJETIVO DOCENTE

- Mediante este trabajo se persigue dar a conocer la radiología forense: sus orígenes, su desarrollo a lo largo de los años, sus logros, principales ventajas e inconvenientes, y los principales desafíos y controversias que genera.
- Se revisan las áreas en las que la radiología puede ser útil en medicina forense, las técnicas empleadas, y los hallazgos radiológicos clave que pueden esclarecer las causas del fallecimiento de los pacientes.
- Vamos a hablar de las aplicaciones de la radiología forense en el ámbito hospitalario en general, y en nuestro centro en particular, como herramienta epidemiológica y de estudio de las muertes prevenibles.

REVISIÓN DEL TEMA

INTRODUCCIÓN

Historia:

- Inicios de la TC y el PACS:

- Pese a que la medicina forense ha experimentado importantes avances en distintos campos en las últimas décadas, la patología forense se ha visto estancada, todavía utiliza los métodos de antaño, introducidos hace siglos, basados en disección del cadáver.
- Con el avance de las tecnologías médicas, como la tomografía computarizada (CT) introducida por Hounsfield y Cormack a principios de la década de 1970, se abren nuevas posibilidades disponible para los patólogos forenses.
- La tomografía computarizada (TC) se comienza a comercializar en el año 1974 y en la década de los 80 se generaliza su uso, a partir de 1989 se desarrolla la TC helicoidal que permite la reconstrucción de las imágenes en los 3 ejes del espacio. A finales de los años 90, se produce una mejora en la TC helicoidal surgiendo la Tomografía Computada Helicoidal Multicorte, que reduce marcadamente el tiempo de adquisición de las imágenes.
- El desarrollo de la TC es solo la mitad historia. Hasta que no llegó, en los años 2000, el uso generalizado del PACS (Picture, Archiving and Communication SystemsSM) no se pudieron desarrollar al completo los usos de la TC helicoidal multicorte. Este avance en el procesamiento informático y el almacenamiento, permitió la revisión eficiente de miles de imágenes de TC en ordenadores con pantallas de alta resolución. Llegaron programas de software con los que hacer reconstrucciones tridimensionales instantáneas en las estaciones de trabajo de los radiólogos. El advenimiento de la tecnología "sin película" fue tan innovador como los avances en la tecnología de la TC.
- A pesar del uso generalizado de la tecnología de imágenes avanzadas en medicina clínica, su uso en medicina forense no se consideró hasta principios de los años 90.

REVISIÓN DEL TEMA

INTRODUCCIÓN

Historia:

- Uso de la TC en radiología forense:

- La radiología forense comienza con la idea de hacer una autopsia virtual, esto se refleja en el vocablo inglés de "virtopsy" que aúna los términos virtual y autopsia.
- La primera necro-TC que se conoce se realizó en una víctima de una herida de bala en la cabeza en 1977, posteriormente (a partir de finales de los años 90) varias instituciones han implementado la CT en investigaciones forenses post mortem.
- Los más pioneros fueron, a finales de los 90, el Instituto de Medicina Forense de la Universidad de Medicina de Berna, que inició un estudio, conjuntamente con el Servicio Científico de la Policía de la ciudad de Zurich, cuyo objetivo era documentar la superficie corporal de los cadáveres y de los objetos adyacentes con un esaneó tridimensional (3D). Unos años después, el Instituto de Medicina Forense comenzó un nuevo proyecto de investigación conjunta, esta vez con los Institutos de Radiología Diagnóstica y Neuroradiología de la Universidad de Berna, con el objetivo de detectar hallazgos forenses de cadáveres usando TC multicorte y RM, y comparar estos resultados con los resultados de la autopsia. Este fue el comienzo del proyecto "Virtopsy".
- Otros ejemplos fueron:
 - El Instituto de las Fuerzas Armadas de Patología de Washington en 2006, realiza TC de forma rutinaria en el personal militar muerto en combate, y evalúa su utilidad en el estudio de las víctimas por disparos a alta velocidad con resultados prometedores .
 - Grupos de las universidades de Copenhague (Dinamarca) y Linköping (Suecia) a principios de los años 2000 comenzaron a realizar TC de cadáveres a gran escala, de nuevo con resultados prometedores.
 - El Instituto de Patología de Victoria (Australia) en 2005 comenzó un estudio en el que a todos los cadáveres entregados se les realizaba una TC antes de la autopsia. Como resultado, este instituto ha realizado más de 15,000 postmortem TC y ha disminuido en un 15% la realización de autopsias, ya que muchos casos son evaluados por TC combinada con examen externo en lugar de autopsia.

REVISIÓN DEL TEMA

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA RADIOLOGÍA FORENSE:

- A pesar de la ausencia de grandes estudios que indiquen la precisión, consistencia, sensibilidad, especificidad y valor predictivo de la TC en un contexto postmortem, esta tecnología se está implementando en sistemas de investigación medico legal en todo el mundo.
- Las principales ventajas que ofrece son:
 - Es una herramienta accesible y eficaz.
 - Ayuda a identificar a las víctimas y aporta información complementaria para establecer la manera y causa de la muerte.
 - Identifica rápidamente cuerpos extraños y no altera la posición anatómica.
 - Evita la disección del cadáver en un primer momento:
 - Esto es de mucha ayuda en algunos casos en los que por creencias religiosas (por ejemplo el judaísmo prohíbe explícitamente la realización de autopsias) o personales (generalmente la negativa de los familiares a perturbar el descanso de sus seres queridos) se niegan a realizar la autopsia.
 - Es más seguro para los profesionales en cadáveres contaminados con infecciones, tóxicos...
 - Es reproducible, permite que un caso sea reevaluado, los estudios obtenidos y almacenados pueden, por ejemplo, ser evaluados por un experto de una subespecialidad específica en cualquier lugar y en cualquier momento.
 - No es observador dependiente, al poder involucrar a otros especialistas con la reevaluación, el caso se tratará de manera más óptima.
 - Permite la toma de muestras guiada por imagen.

Un ejemplo de las ventajas sería en catástrofes masivas, se pueden escanear una multitud de cadáveres con unidades móviles de TC en la ubicación del incidente (lo que requiere muy poco personal capacitado en el lugar), y posteriormente enviar los datos obtenidos a una ubicación distinta, preferiblemente de donde provenían la mayoría de las personas desaparecidas, para comparar con datos ante mortem.

REVISIÓN DEL TEMA

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA RADIOLOGÍA FORENSE:

- Por el contrario presenta varios inconvenientes:
 - Falta de correlación visual, táctil y olfativa. El color, así como la textura y el olor de un órgano son diagnósticos importantes que no se pueden mostrar en las imágenes forenses.
 - Falta general de experiencia en la interpretación de los estudios debido a que la radiología forense es una nueva disciplina. La radiología forense no es radiología clínica realizada en un cadáver, de hecho, los radiólogos forenses encuentran una gran cantidad de hallazgos que un radiólogo clínico nunca habrá visto, como el livor mortis.
 - Muchas causas naturales de muerte son difíciles de determinar con imágenes post mortem y la causa más común de muerte súbita e inesperada que es la enfermedad coronaria arritmogénica, no se puede diagnosticar. Sin embargo, esto también se aplica a la autopsia, en tales casos, el diagnóstico se basa en la exclusión de otras causas de muerte y la posible, aunque rara, presencia de cambios histológicos en la musculatura cardíaca.
 - Falta de medios económicos para comprar los equipos de TC y RM necesarios para realizar los estudios.
 - Dificultades al compartir unidades de TC y RM entre fines forenses y clínicos. Aunque los escáneres CT y MR clínicos son perfectamente adecuados para fines forenses, no muchas clínicas (o pacientes) apreciarán la idea de escanear pacientes después de que un cadáver descompuesto haya estado en la máquina anteriormente. Además, la mayoría de los departamentos de radiología clínica tienen una carga de trabajo suficiente sin tener que lidiar con casos forenses. Por esta razón, definitivamente se recomiendan unidades de imágenes forenses especialmente dedicadas.

REVISIÓN DEL TEMA

TÉCNICAS EMPLEADAS:

- Scanner 3D de superficie:
 - Se realiza mediante fotogrametría una técnica que consiste en la obtención de un modelo 3D a partir de fotografías. Se fotografiaría al cadáver desde distintos ángulos y luego un software haría la reconstrucción 3D. Este paso se podría suplir con la reconstrucción volumétrica del TC pero con el escaneo 3D la imagen volumétrica estaría en solo 10 segundos y da una imagen con más definición.



Fig. 1. Esquema de fotogrametría 3D

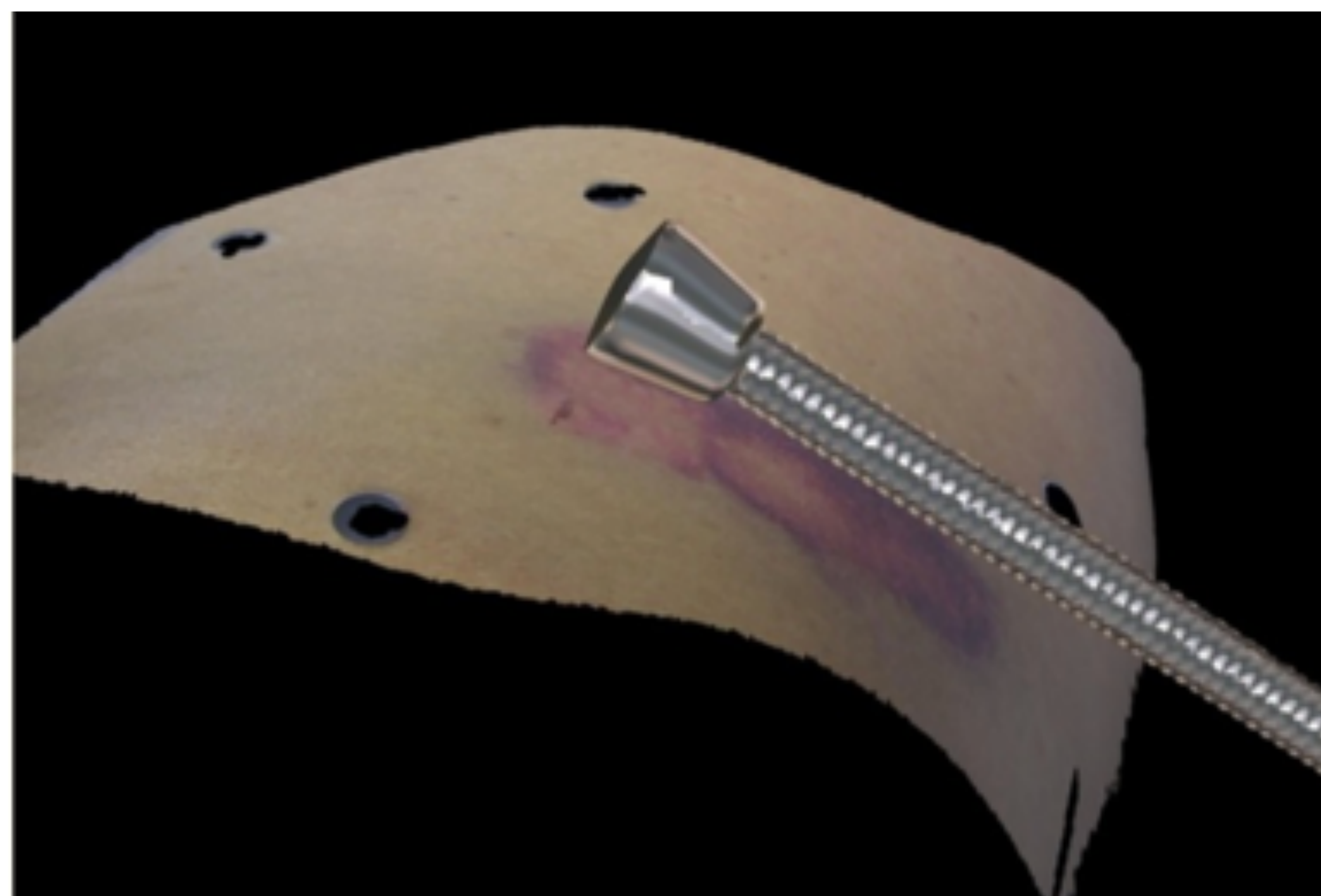


Fig. 2. Referencia: S. A. Bolliger , M. J. Thali. *Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2015 Aug 5; 370(1674): 20140253.*

Reconstrucción de fotogrametría 3D de la piel de una víctima por agresión con el arma utilizada.

- Tomografía computarizada post mortem:
 - Es la técnica más utilizada en patología forense después de la radiografía, y por tanto de la que mas estudios y revisiones se tiene.
 - Aunque los tejidos blandos también se pueden ver y evaluar con CT, su punto fuerte reside en la detección de cuerpos extraños, fracturas, gases y acumulaciones de líquidos, como la sangre.

REVISIÓN DEL TEMA

TÉCNICAS EMPLEADAS:

- **Angio – TC postmortem:**

- Para superar las limitaciones de la TC sin contraste (fundamentalmente la visualización del sistema vascular y la falta de contraste en las vísceras sólidas), en los últimos años se ha experimentado con el uso del TCPM con contraste.
- Desde 2012 se ha intentado protocolizar la manera más efectiva para realizar la técnica, pero aún hoy en día no existe un protocolo estandarizado.
- Se utilizan varios sitios de inyección sin estar determinado uno de elección (femoral, carotídea, vasos axilares y subclavios).
- Dado que el sistema vascular post-mortem está vacío o parcialmente lleno de coágulos sanguíneos, se requiere de un alto volumen de líquido, perfundido bajo cierta presión. La infusión se puede realizar:
 - Manualmente (aunque es difícil mantener la presión correcta para perfusión completa).
 - Mediante una máquina corazón-pulmón modificada o equipo de circulación extracorpórea.
 - Procedimientos de reanimación cardiopulmonar (compresión torácica).
 - Dispositivos de perfusión controlados por presión diseñados específicamente (ej, Virtangio®).
- En cuanto al agente de contraste (AC) utilizado tampoco se sabe con certeza cual es el más adecuado.
 - Existe un aumento de permeabilidad de la pared vascular, un AC hidrosoluble se propagará a los tejidos adyacentes causando edema y artefactos durante la autopsia. Por lo tanto, primero debe disolverse en un disolvente con alta viscosidad (ej, polietilenglicol 65%). Debido a la polimerización molecular, la extravasación está limitada, aunque en algunos casos puede atraer agua de los tejidos a los vasos, enmascarando la trombosis.
 - La alternativa es una mezcla aceitosa de AC, que varía en viscosidad.
 - Una propuesta de Lausana (Suiza) sugiere una mezcla de aceite de parafina y 6% de Angiofil® que parece tener cualidades equilibradas.
- El agente de contraste no puede pasar a través de las anastomosis capilares degeneradas, por lo que se necesita de una inyección arterial (y escaneo) seguida de una inyección venosa (y escaneo).
- La mayoría de los protocolos descritos consisten en una TCPM sin contraste inicial seguida de tres fases angiográficas (arterial, venosa y dinámica).
- La angio - TCPM y la autopsia tradicional alcanzan resultados similares en determinar la causa de la muerte. La angio TCPM demuestra mayor sensibilidad en la identificación de lesiones esqueléticas y vasculares, mientras que la autopsia tradicional proporciona más información sobre la anatomía y la patología de los órganos.

REVISIÓN DEL TEMA

TÉCNICAS EMPLEADAS:

- Angio – TC postmortem:

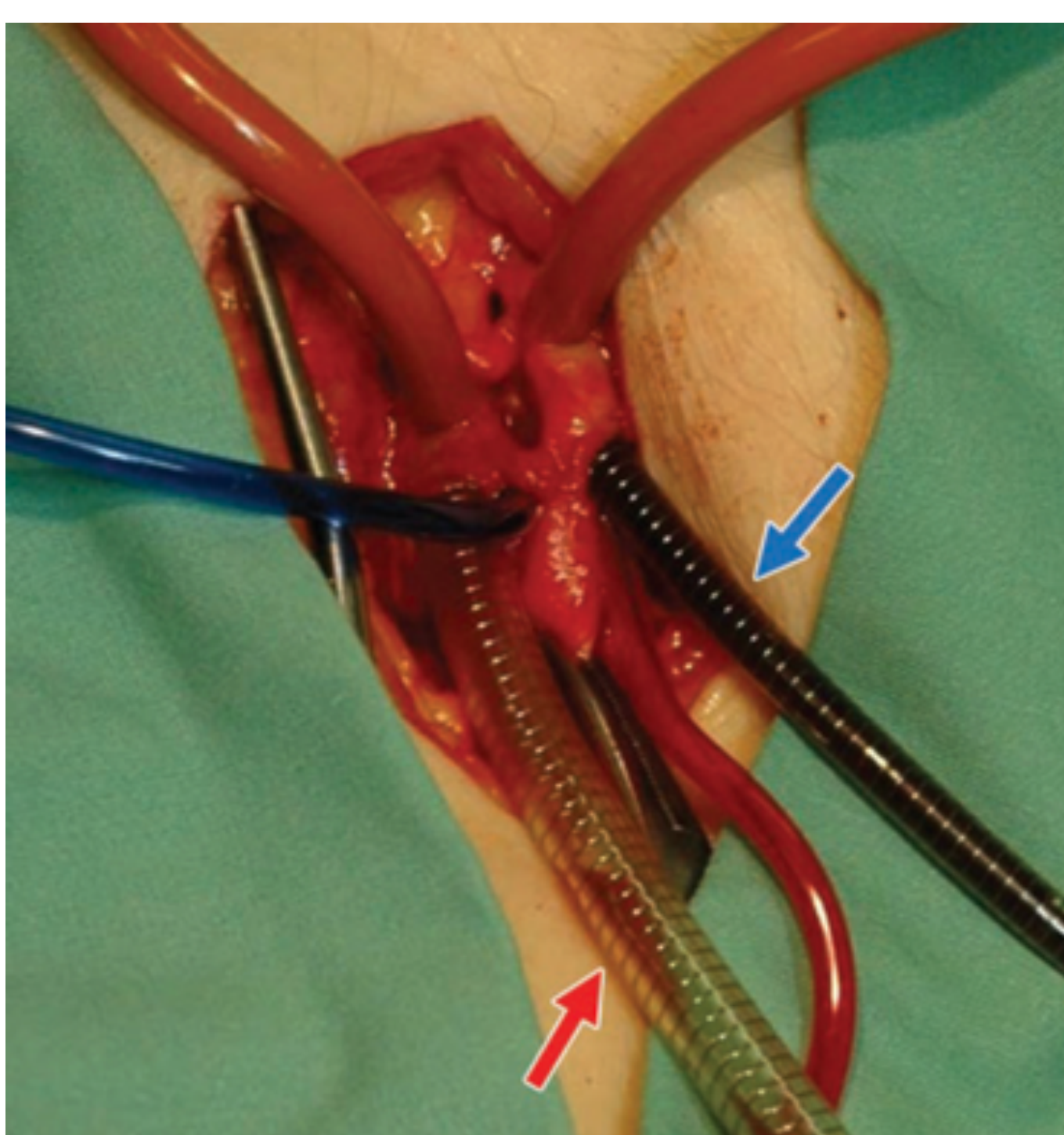


Fig. 3. Referencia: Ross et al. (2008). *Postmortem Whole-Body CT Angiography: Evaluation of Two Contrast Media Solutions. American Journal of Roentgenology, 190(5), 1380–1389.*

Fotografía de la canalización de la arteria femoral (flecha roja) y la vena femoral derechas (flecha azul), para la realización de un angio TCPM.



Fig. 4. Referencia: Ross et al. (2008). *Postmortem Whole-Body CT Angiography: Evaluation of Two Contrast Media Solutions. American Journal of Roentgenology, 190(5), 1380–1389.*

Angio TCPM de varón fallecido por muerte súbita realizado con ipentol + polietililglicol. Se observa TEP masivo central bilateral (flecha) que fue la causa de la muerte.

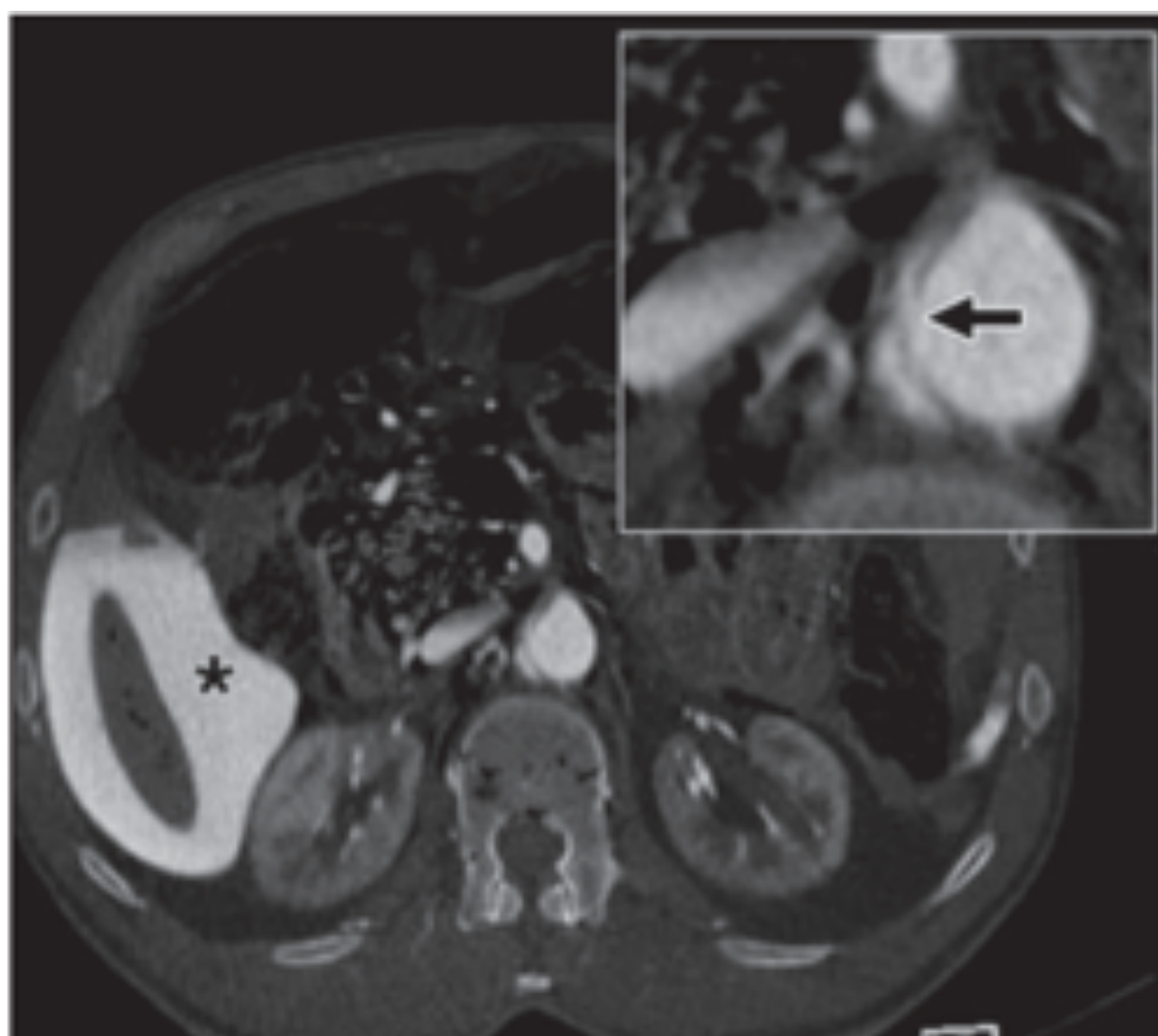


Fig. 5. Referencia: Ross et al. (2008). *Postmortem Whole-Body CT Angiography: Evaluation of Two Contrast Media Solutions. American Journal of Roentgenology, 190(5), 1380–1389.*

Angio TCPM en fase arterial de varón fallecido por arma de fuego realizado con ipentol + polietililglicol. Se observa laceración del margen derecho de la pared de la aorta abdominal (flecha) con extravasación de contraste al peritoneo (asterisco).

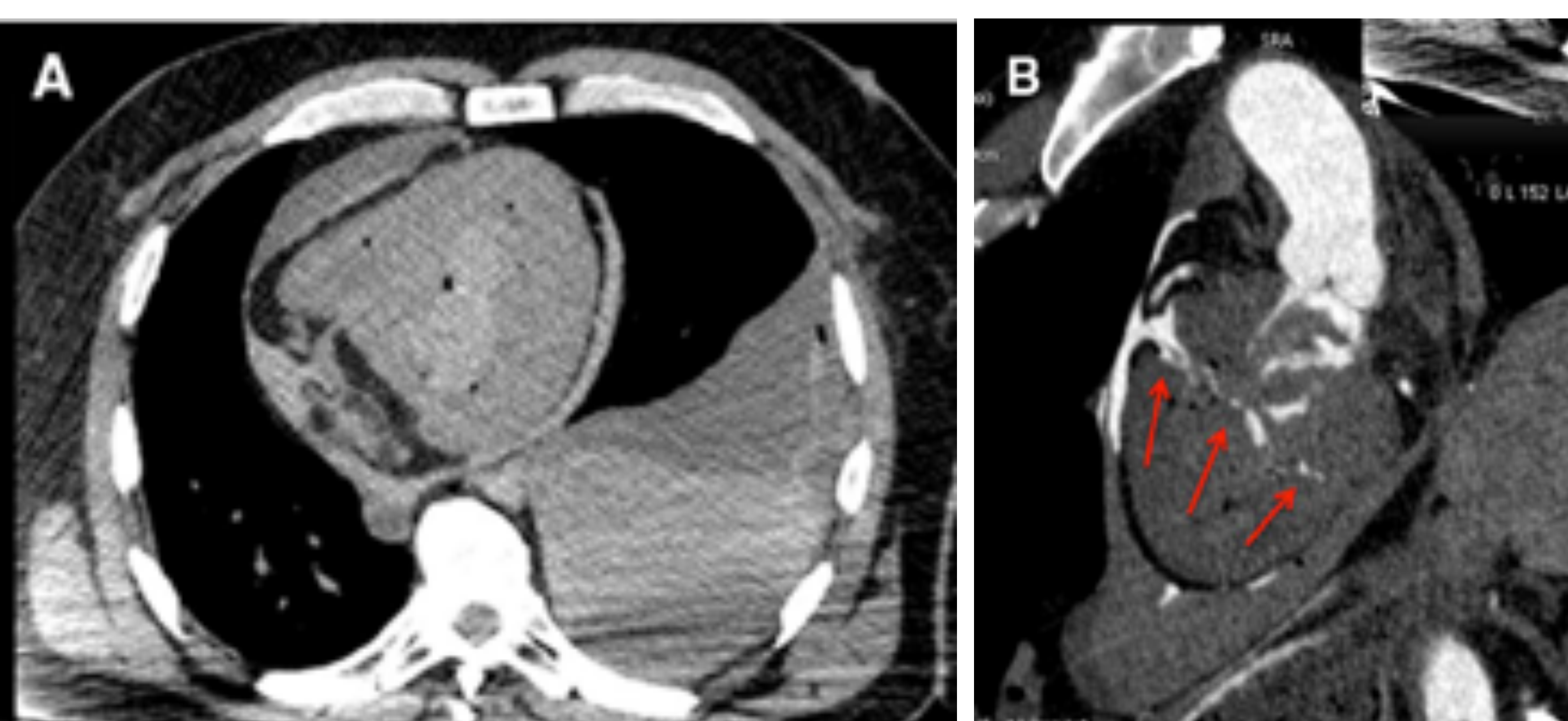


Fig. 6. Referencia: Busardò, F. P, et al. (2015).

Postmortem-computed tomography and postmortem-computed tomography-angiography: a focused update. La Radiologia Medica, 120(9), 810–823.

- A) TCPM sin contraste muestra gran cantidad de hemotórax izquierdo asociado con hemopericardio.
B) Angio TCPM en fase arterial de varón fallecido por arma de fuego. Se observa laceración de la pared anterolateral del ventrículo izquierdo con extravasación del agente de contraste

REVISIÓN DEL TEMA

TÉCNICAS EMPLEADAS:

- Biopsia post-mortem:

- Este término se ha establecido en la patología forense en analogía a las biopsias realizadas en medicina clínica. Con una pistola de biopsia se pueden recolectar muestras de tejidos y fluidos para exámenes toxicológicos y microbiológicos.
- Además del muestreo manual, recientemente se introdujo el muestreo guiado por imágenes con un robot.

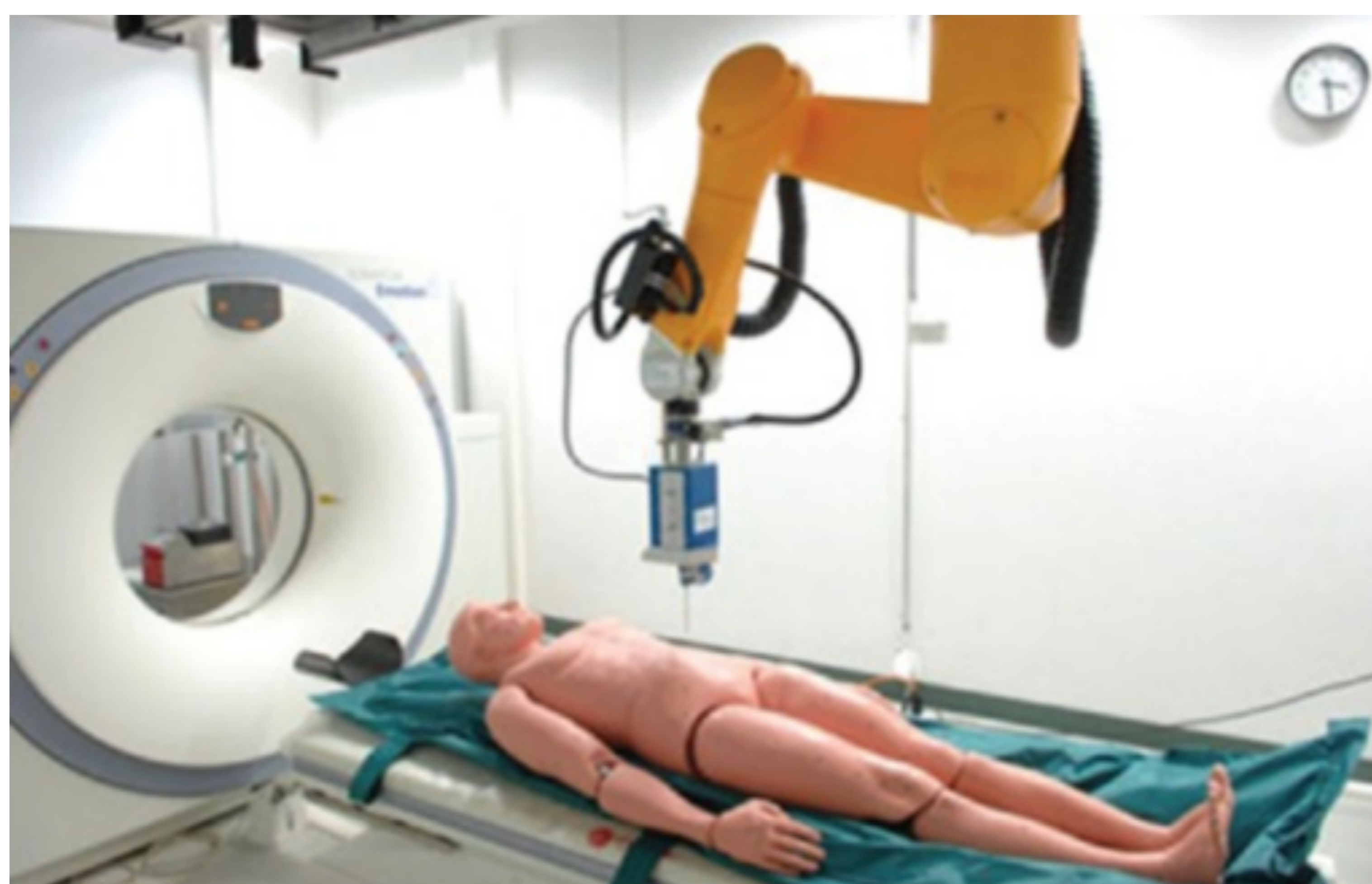


Fig. 7. Referencia: L. C. Ebert, W. Ptacek, M. Furst, S. Ross, M. J. Thali. *Minimally invasive Postmortem Telebiopsy. J Forensic Sci* 2012;57:2.
Sistema de virtopsia con módulo de biopsia robotizado

- Resonancia magnética post mortem:

- Es de elección frente a la TCPM para detectar lesiones de tejidos blandos con claridad. Por ejemplo, ante víctimas de estrangulación se prefiere porque caracteriza mejor las partes blandas del cuello.

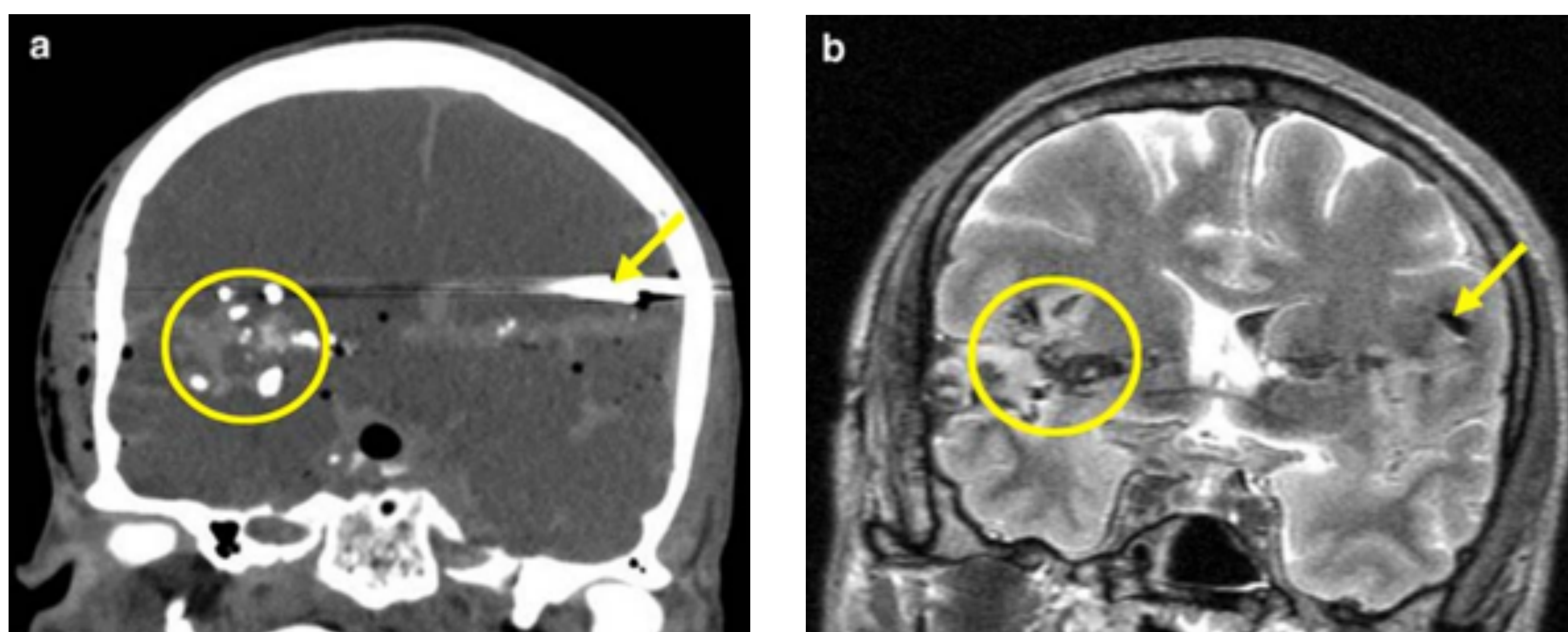


Fig. 8. Referencia: Bolliger, S. A. et al. (2007). *Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects. European Radiology*, 18(2), 273–282.

Reconstrucción coronal en TCPM tras disparo suicida a la sien derecha (a) y RMPM coronal T1 correspondiente (b). Se visualizan en las distintas técnicas fragmentos óseos (círculos) y proyectil (flecha)

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

1. Fecha de la muerte
2. Identificación, edad y sexo
3. Examen toxicológico
4. Politraumatizados → accidentes de tráfico, grandes desastres...
5. Quemados
6. Insuficiencia cardiorrespiratoria
7. Ahorcamiento o estrangulación
8. Armas de fuego
9. Ahogados

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

1. Fecha de la muerte

Para poder datar el tiempo que la víctima lleva fallecida en el momento de realizar el estudio es importante conocer la aparición cronológica de los cambios post-mortem normales:

Los cambios tempranos, aparecen las las primeras 24-48 horas, son los que más nos interesan ya que pueden llevar a diagnósticos erróneos.

Aquí enumeramos una serie de hallazgos que nos esperamos encontrar en un cadáver en sus primeras 24 horas:

- Aumento de la atenuación en tejidos subcutáneos, pulmones y órganos sólidos con un gradiente anterior-posterior, es importante conocer la posición del paciente.
- Livideces reticulares → aparecen en el pulmón a partir de las 2 horas de la muerte (fig.). No deben confundirse con patologías pulmonares como contusiones o aspiraciones o etiologías infecciosas
- Efecto hematocrito en los vasos, se identifica más frecuentemente en los grandes vasos y cámaras cardiacas preferentemente en aurícula derecha.
- Cerebro → pérdida de diferenciación sustancia gris - sustancia blanca, y disminución de densidad del parénquima (pseudohemorragia subaracnoidea)
- Inicio del proceso de descomposición → Gas portal o en venas mesentéricas aparece en las primeras 6 – 24 horas tras la muerte. Puede asociar distensión intestinal y neumatosis. La presencia de gas en vasos arteriales, venas supra hepáticas o vías biliares es patológico y no forma parte de los hallazgos esperables.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

1. Fecha de la muerte

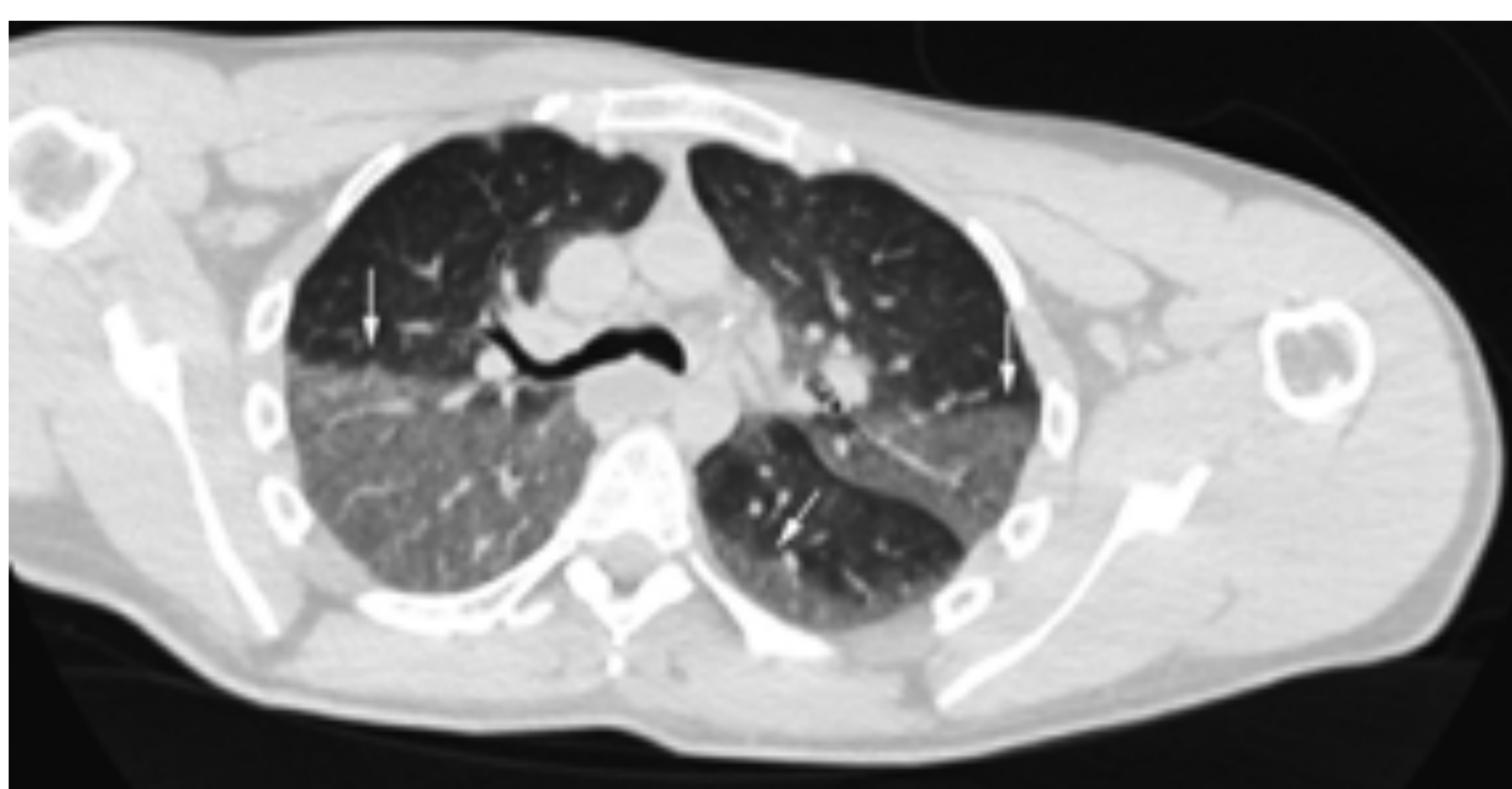


Fig. 9. Referencia: Sutherland, T., & O'Donnell, C. *The artefacts of death: CT post-mortem findings. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 62(2), 203–210.*

TCPM con opacidades en vidrio deslustrado en zonas declives de ambos pulmones con bordes muy marcados, característicos de livideces reticulares

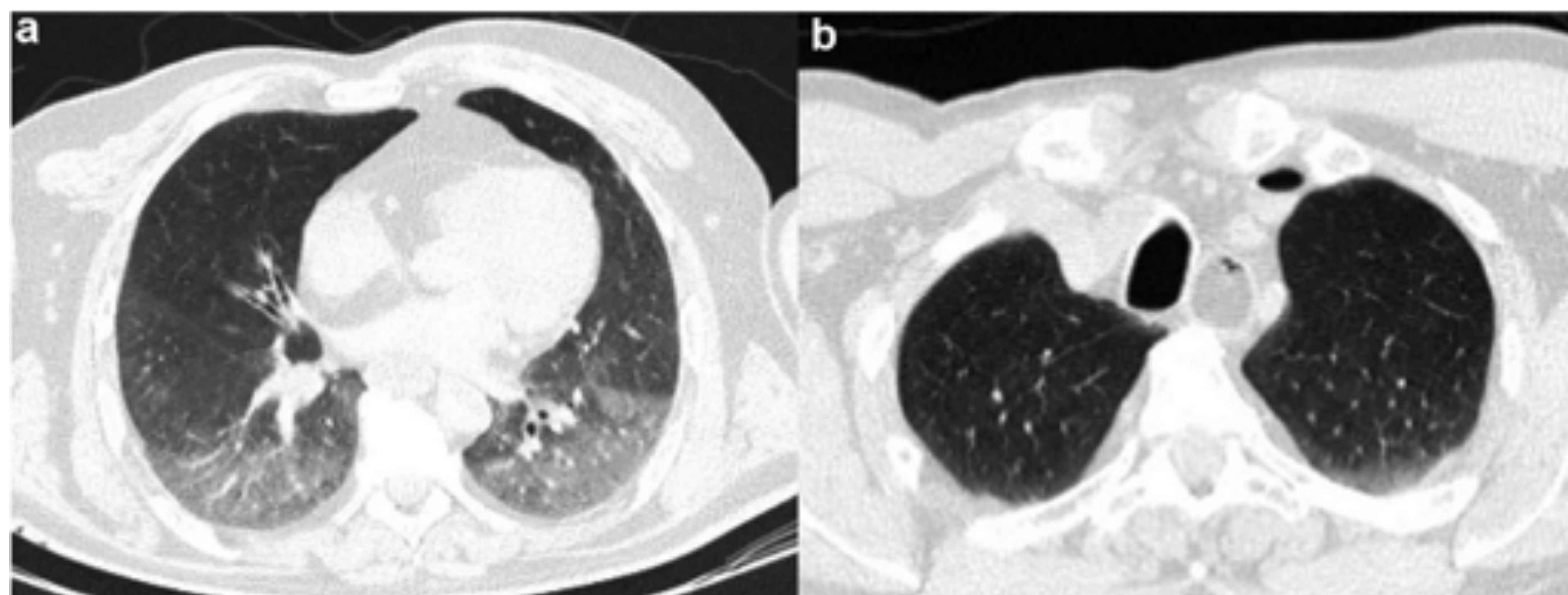


Fig. 10. Referencia: Filograna, L., & Thali, M. J. (2017). *Post-mortem CT imaging of the lungs: pathological versus non-pathological findings. La Radiologia Medica, 122(12), 902–908.*

TCPM realizado a las 10 horas de la muerte. A) Gradiente de atenuación con áreas de mayor densidad en zonas más declives de ambos lóbulos inferiores. B) Las áreas de mayor densidad son menos extensas en las regiones apicales.

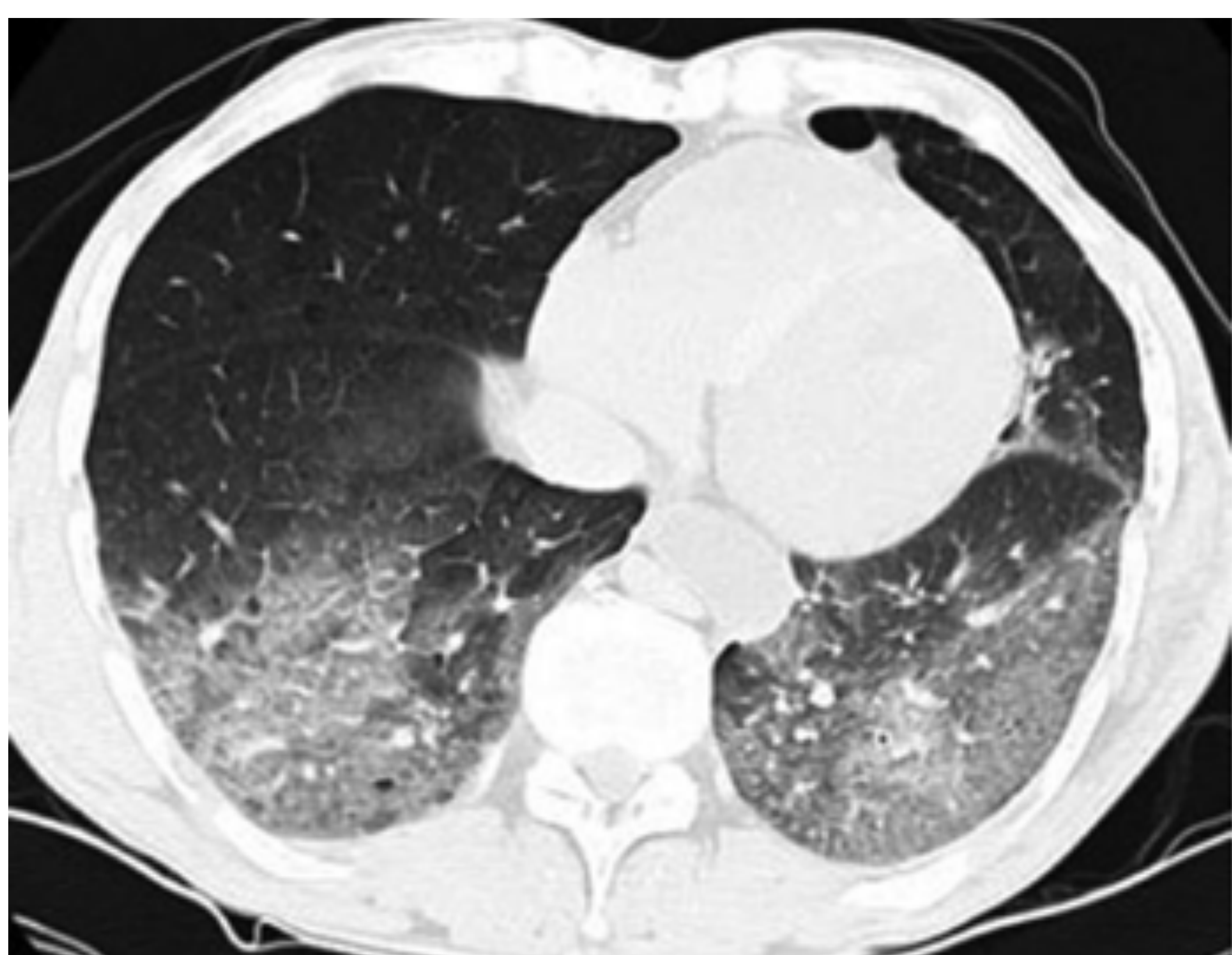


Fig. 11. Referencia: Filograna, L., & Thali, M. J. (2017). *Post-mortem CT imaging of the lungs: pathological versus non-pathological findings. La Radiologia Medica, 122(12), 902–908.*

TCPM realizado a las 26 horas de la muerte, en este corte a nivel de las bases pulmonares se observan las opacidades en las regiones declives con mayor extensión que en la Fig.6 dado que ha pasado más tiempo desde la muerte.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

1. Fecha de la muerte

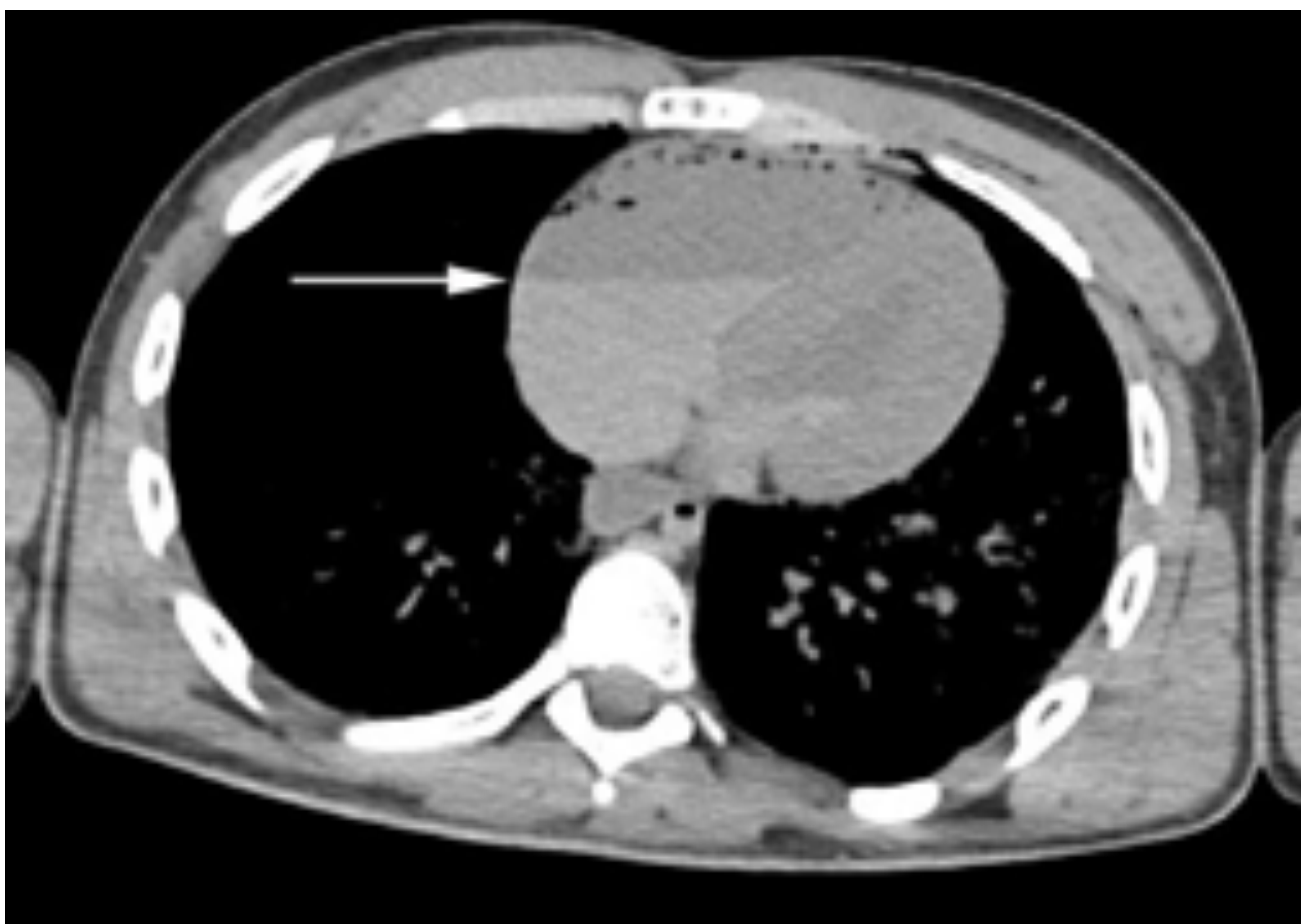


Fig. 12. Referencia: Sutherland, T., & O'Donnell, C. *The artefacts of death: CT post-mortem findings. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 62(2), 203–210.*

TCPM con nivel de hematocrito (flecha) en la aurícula derecha. Gas de descomposición en región más apical de la aurícula derecha

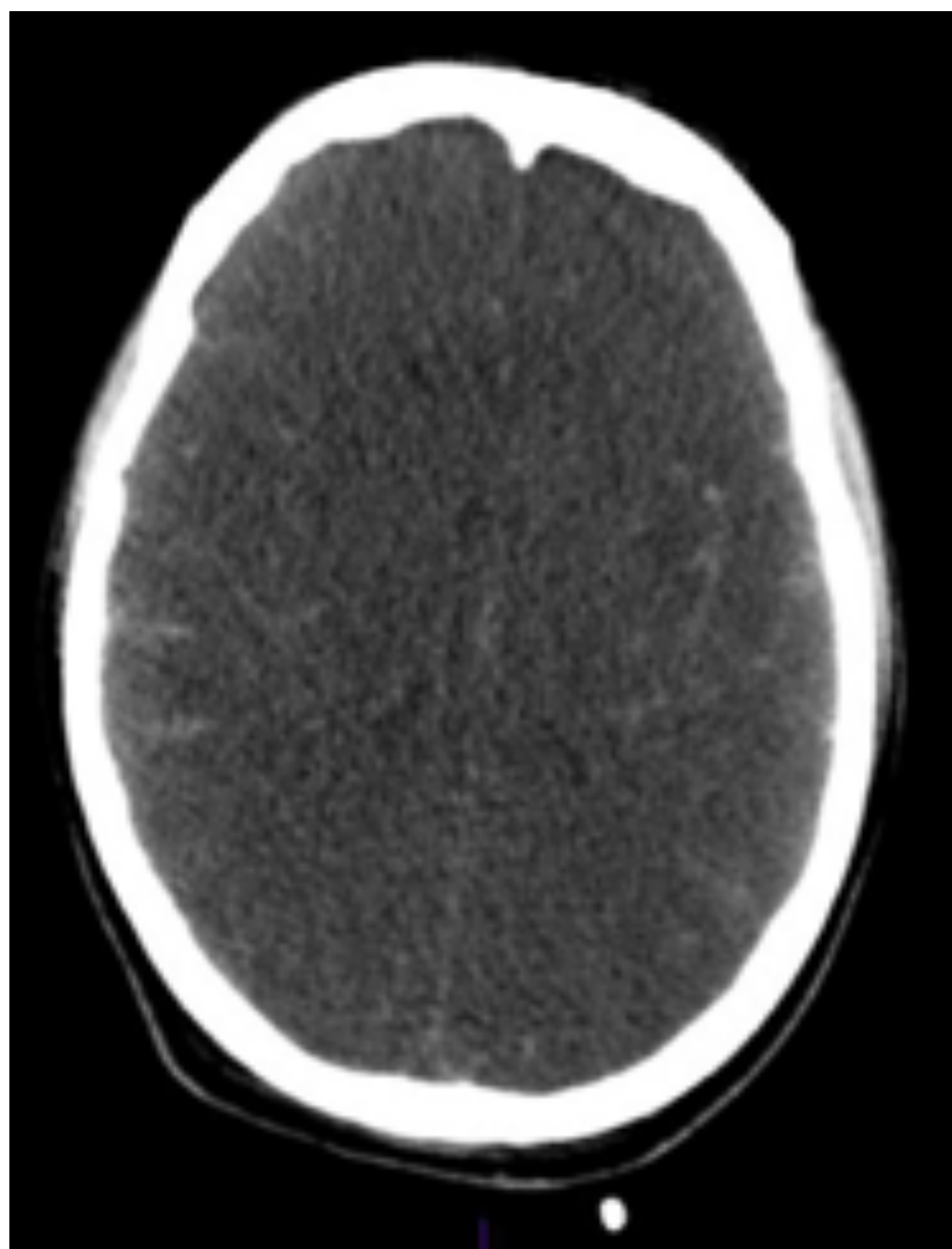


Fig. 13. Referencia: Sutherland, T., & O'Donnell, C. *The artefacts of death: CT post-mortem findings. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 62(2), 203–210.*

TCPM con Pérdida de diferenciación sustancia blanca – sustancia gris y densidad parenquimatosa difusamente reducida. Los vasos extra-axiales, por lo tanto, parecen relativamente hiperdensos produciendo la apariencia de pseudohemorragia subaracnoidea.



Fig. 14. Referencia: Sutherland, T., & O'Donnell, C. *The artefacts of death: CT post-mortem findings. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 62(2), 203–210.*

Reconstrucción coronal de TCPM con gas en los vasos mesentéricos.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

2. Identificación del cadáver

- Ayuda mucho el disponer de una **base de datos previa o estudios previos** para poder comparar hallazgos post-mortem con los que se disponían antes de la muerte. Por esto es importante que en las grandes catástrofes se lleve a los cadáveres a su lugar de origen.
- Los datos anatómicos en los que nos tenemos que centrar son en aquellos que nos permitan diferenciar unas personas y otras. En este sentido tenemos la estructura **senos paranasales**, particularmente la del seno frontal, que se ha visto que es diferente para cada persona incluso gemelos univitelinos tiene distinta morfología del seno frontal. También nos tenemos que fijar en **calcificaciones características, callos de fractura** o fracturas crónicas.
- La presencia de **dispositivos médicos** como prótesis vasculares, material de osteosíntesis, prótesis dentales, clips quirúrgicos... nos pueden dar la clave en la identificación de las víctimas. Tenemos que reportar en nuestro informe radiológico siempre cualquier dispositivo.
- Los **cambios degenerativos** son importantes en cuanto a que nos pueden orientar sobre la edad de la víctima.
- La visualización de los **órganos sexuales** internos, como la próstata y el útero, nos ayuda a determinar el sexo del cadáver cuando este está en alto grado de descomposición. Estos órganos internos suelen estar preservados por protección del peritoneo y pueden ser la única pista para determinar el sexo.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

3. Examen toxicológico - toma de muestras

- Para permitir la obtención de muestras de tejido para el análisis histológico, se han implementado técnicas de biopsia guiada por imagen, con el objetivo de realizar técnicas mínimamente invasivas para uso forense en cadáveres.
- Mediante estas técnicas se pueden obtener para investigaciones toxicológicas o de ADN:
 - muestras de tejido
 - muestras de orina, bilis o sangre
- Por lo tanto, un examen de autopsia mínimamente invasivo completo es posible en casos seleccionados en los que la autopsia tradicional es impracticable por cualquier razón.

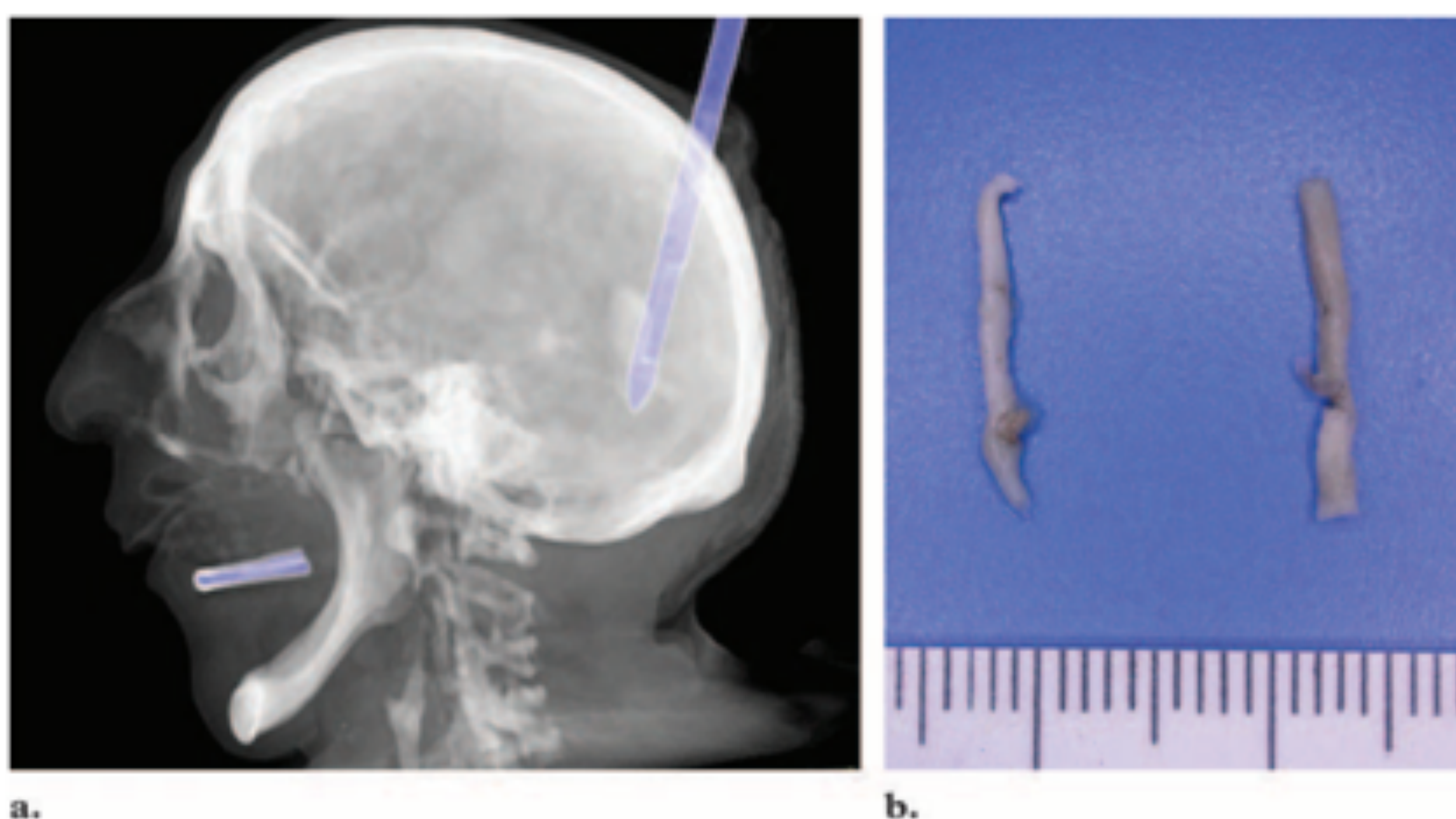


Fig. 15. Referencia: Dirnhofer, R., Jackowski, C., Vock, P., Potter, K., & Thali, M. J. (2006). VIRTOPSY: Minimally Invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy. *RadioGraphics*, 26(5), 1305–1333.

Biopsia guiada por imagen postmortem. A) En la TCPM con reconstrucción 3D se observa una aguja de biopsia posterior que se insertó en el cerebro a través de un orificio perforando el cráneo. El objeto azul lineal en el lado izquierdo de la imagen representa la parte metálica de una dentadura postiza. B) En la fotografía se pueden observar muestras de cerebro extraídas que se usaron para el análisis histológico.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

4. Politraumatismos

Revisando la bibliografía se puede afirmar que radiología forense:

- Iguala a la autopsia en detección de lesiones esqueléticas.
- Es menos sensible para detectar lesiones de órganos sólidos y tejidos blandos en todas las regiones del cuerpo.

El uso que se ha visto que tiene la TCPM en unidades de politrauma y por tanto el uso que se pretende darle en la unidad de politrauma de nuestro hospital es:

- Detectar las causas de muerte de los pacientes politraumatizados como herramienta epidemiológica.
- Encontrar lesiones tratables para futuros pacientes → revisión muerte prevenible
- Evaluar la calidad asistencial que reciben los pacientes, por ejemplo mediante la evaluación de los dispositivos colocados.

Es importante conocer las maniobras realizadas sobre el paciente antes de fallecer para saber los hallazgos no patológicos que nos podemos encontrar:

- RCP:
 - Fracturas costales (bilaterales, morfología de hebilla)
 - Ruptura cardiaca (AD o VD) --> TEP masivo
 - Neumotórax
 - Contusiones o laceraciones de órganos sólidos
- Intubación
 - Aspiración de piezas dentarias
- Toma de muestras toxicológicas
 - Burbujas de gas en ojo y/o fosa inguinal

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

4. Politraumatismos

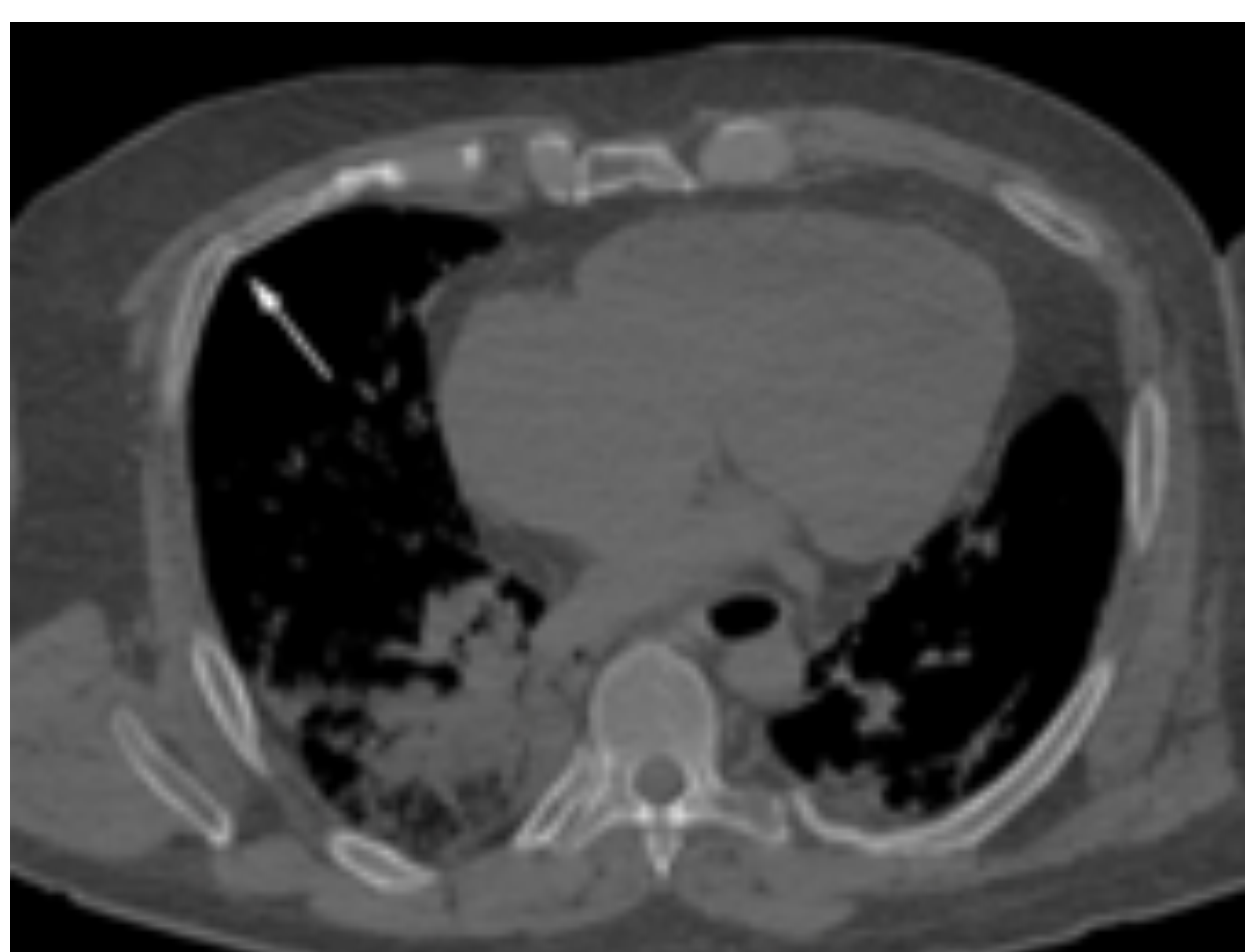


Fig. 16. Referencia: Sutherland, T., & O'Donnell, C. *The artefacts of death: CT post-mortem findings. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 62(2), 203–210.*

Fractura en forma de hebilla de un arco costal anterior derecho (flecha) después de la RCP.

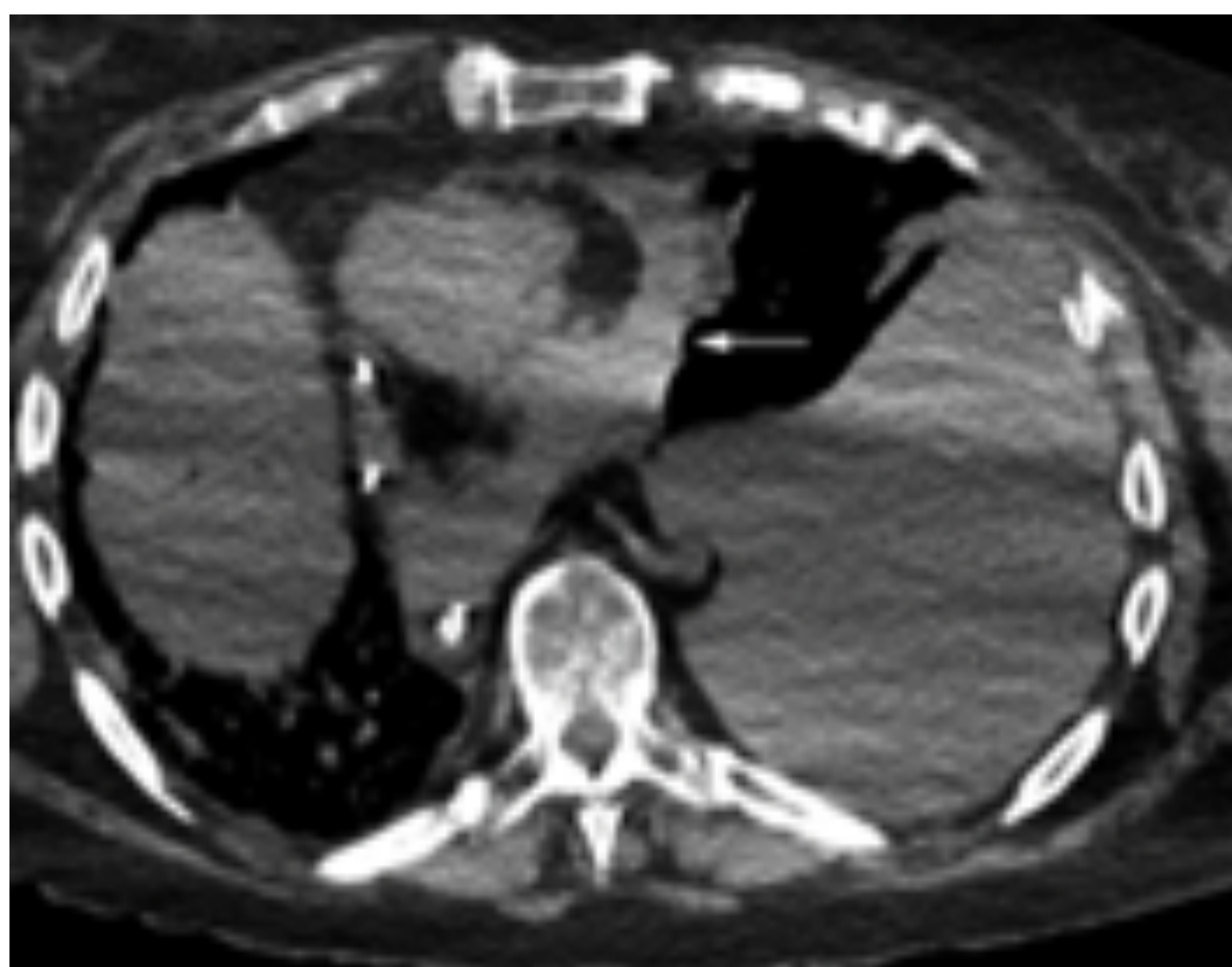


Fig. 17. Referencia: Sutherland, T., & O'Donnell, C. *The artefacts of death: CT post-mortem findings. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 62(2), 203–210.*

Hemotórax y hemopericardio izquierdos (flecha) después de 30 minutos de RCP. La autopsia mostró tromboembolismo pulmonar masivo y rotura de la aurícula derecha, esta fue secundaria a presiones elevadas en cavidades derechas durante la RCP al tener el tracto de salida obstruido (A Pulmonares).

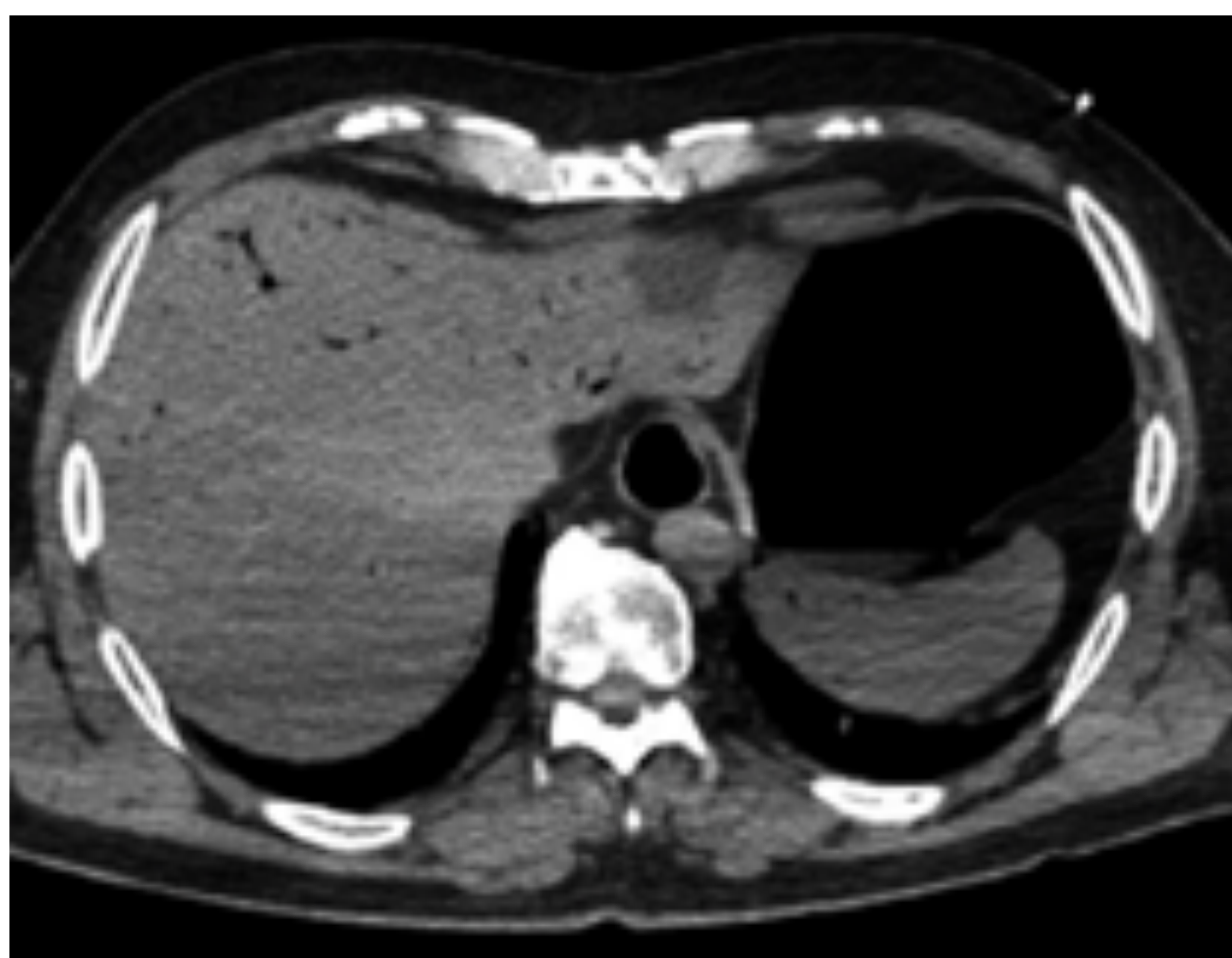


Fig. 18. Referencia: Sutherland, T., & O'Donnell, C. *The artefacts of death: CT post-mortem findings. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 62(2), 203–210.*

Hipodensidad focal en el aspecto anterior del segmento 2 después de la RCP compatible con contusión hepática. La clave para el diagnóstico es la fractura el cartílago costal adyacente.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

4. Politraumatismos

Emergency Radiology
<https://doi.org/10.1007/s10140-018-1637-4>

ORIGINAL ARTICLE

Post-mortem computed tomography improves completeness of the trauma registry: a single institution experience

Scott D. Steenburg¹ · Tracy Spitzer² · Amy Rhodes¹

Received: 20 July 2018 / Accepted: 20 August 2018
© American Society of Emergency Radiology 2018

En este estudio se incluyen politraumatizados con traumatismo cerrado que:

- Fallecen < 60 min tras ser atendidos:
- No TC o cirugía a su llegada
- No se encuentran causa de la muerte en el examen físico (no heridas de bala o arma blanca)

Los resultados obtenidos son:

- Dispositivos mal posicionados 50%
- Concordancia del 70% con la autopsia
- La TCPM no reconoció las lesiones hepáticas, mesentéricas y pancreáticas
- Identificó más lesiones esqueléticas

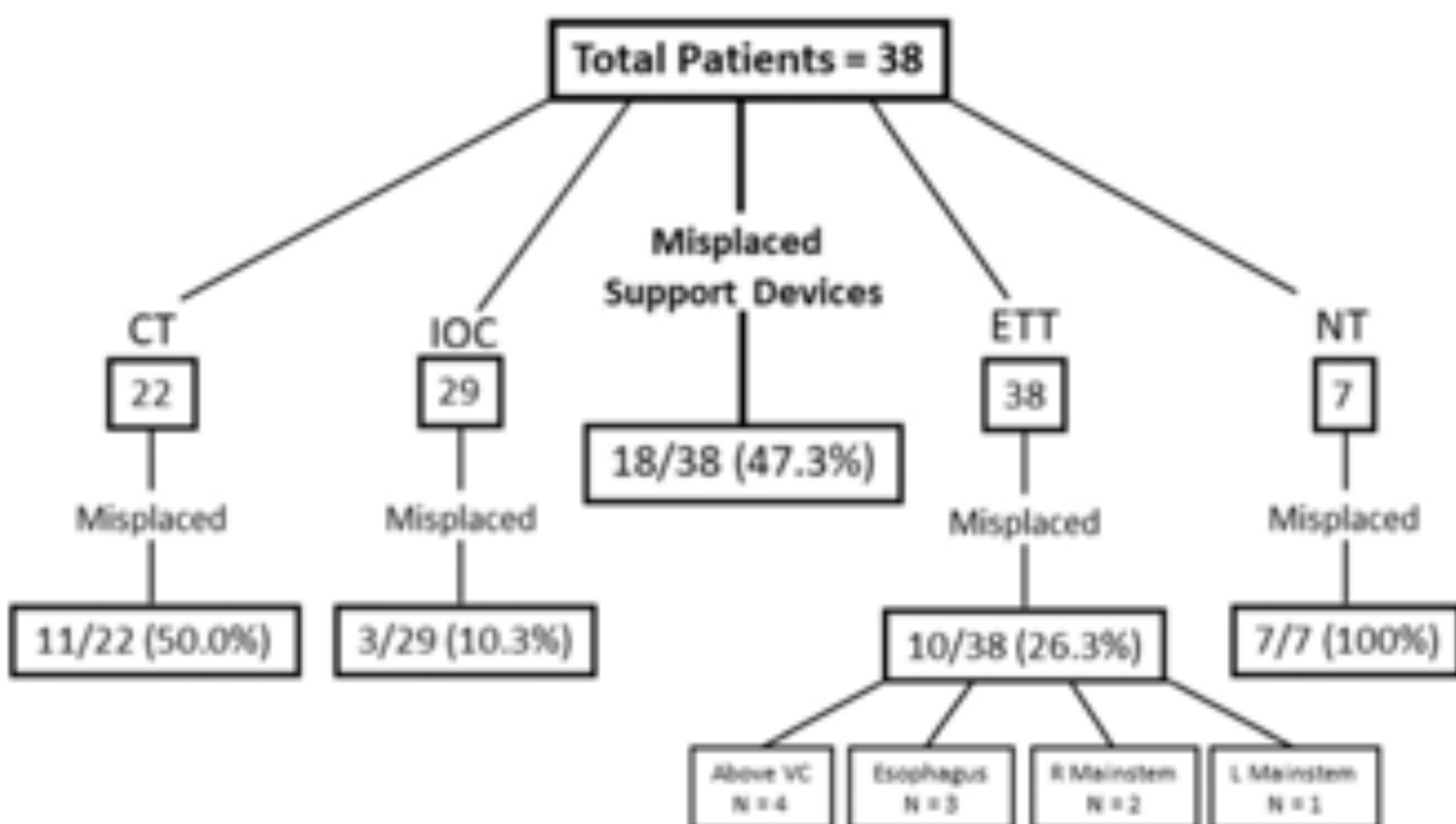


Fig. 19. Referencia: Steenburg,S.D; Spitzer,T; Rhodes,A; (2018). Post-mortem computed tomography improves completeness of the trauma registry: a single institution experience. Emergency Radiology.

Colocación incorrecta de dispositivos:
 CT: Tubo de torax
 IOC: Catéter intraóseo
 ETT: Tubo endotraqueal
 NT: toracotomía con aguja
 VC: cuerdas vocales

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

4. Politraumatismos

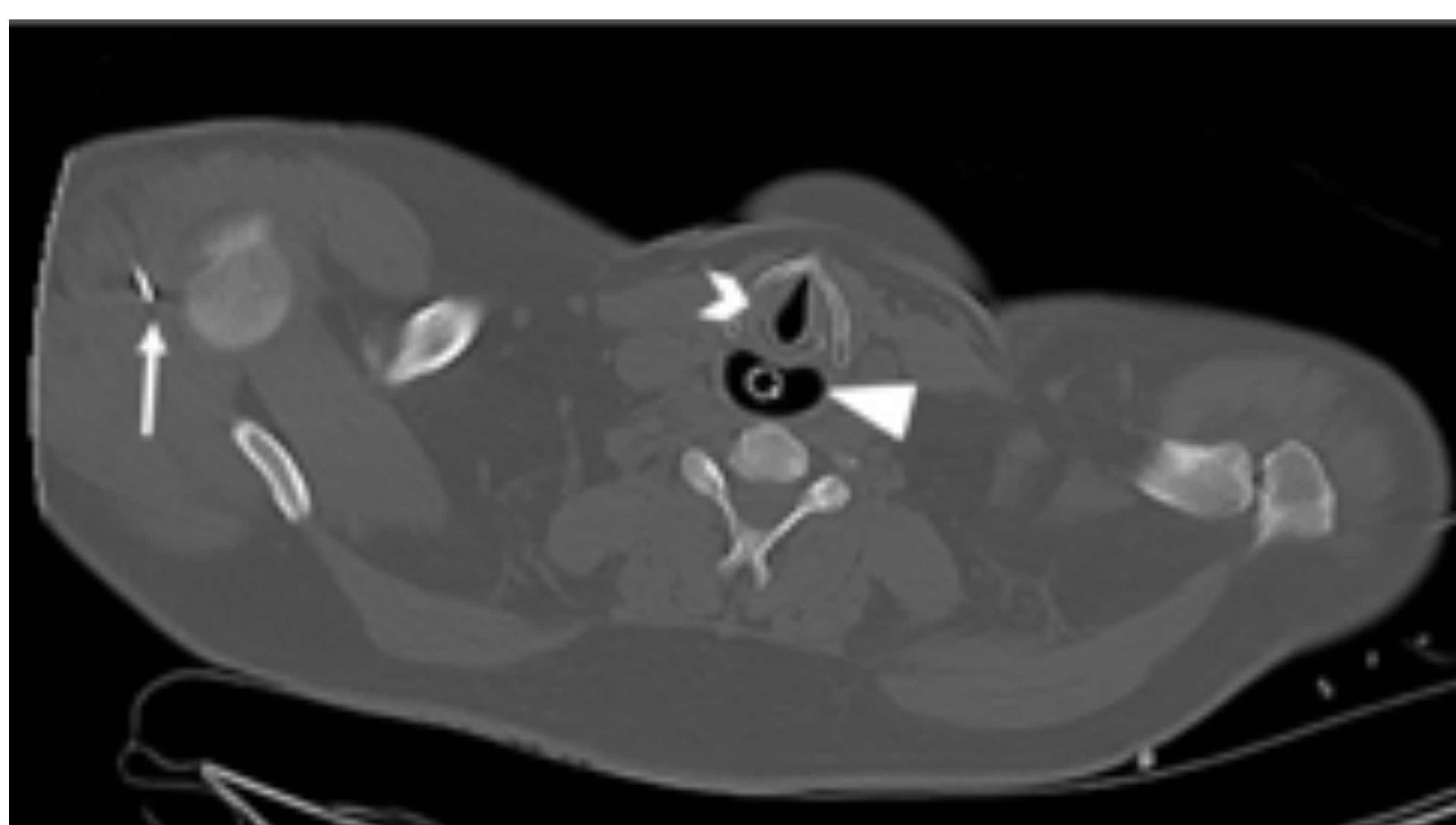


Fig. 20. Referencia: Steenburg,S.D; Spitzer,T; Rhodes,A; (2018). *Post-mortem computed tomography improves completeness of the trauma registry: a single institution experience. Emergency Radiology.*

Corte axial de una TCPM dónde se observa:
 - Tubo endotraqueal mal posicionado en el tercio proximal del esófago (punta de flecha).
 - Tubo intraóseo mal posicionado en la musculatura escapular derecha (flecha).

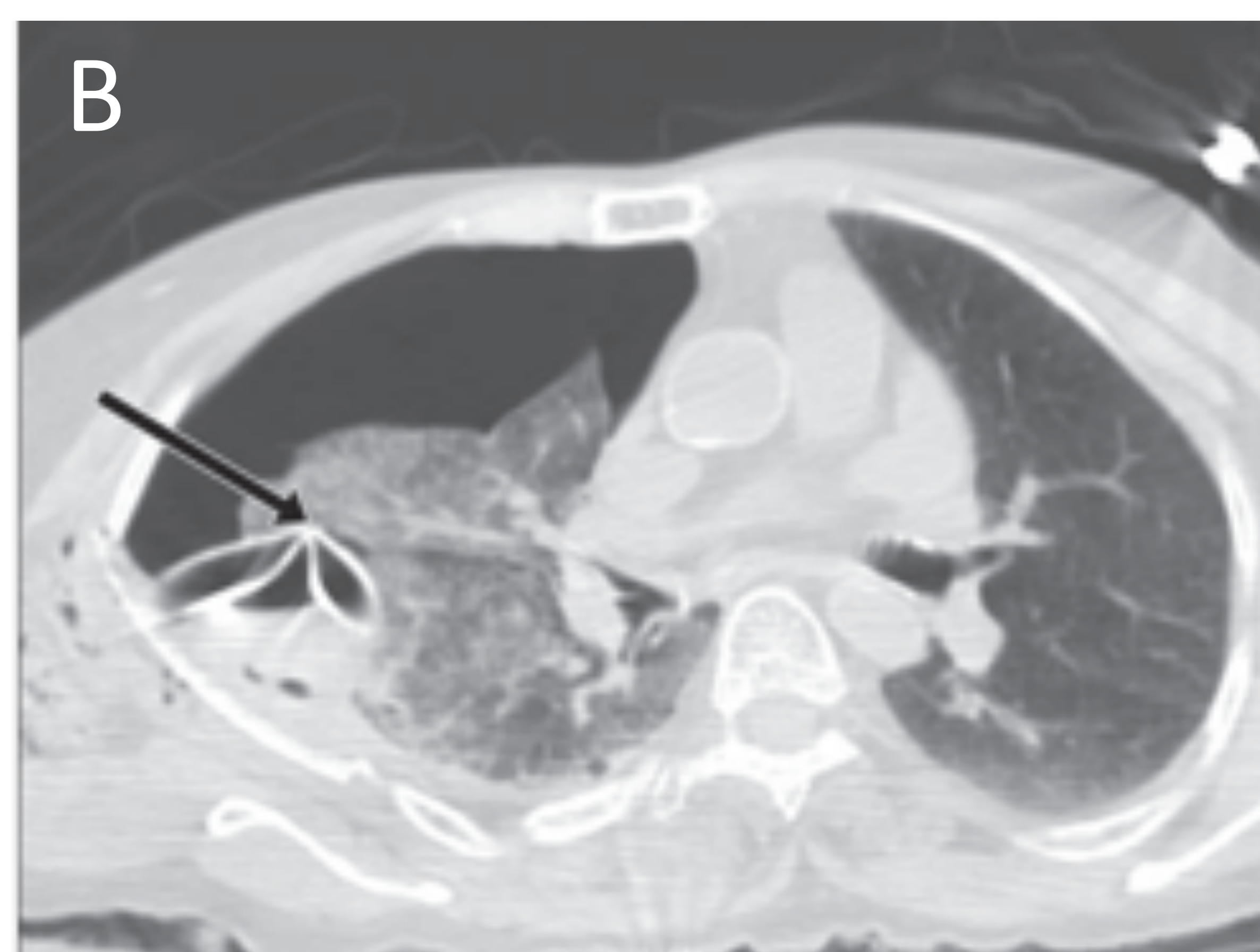
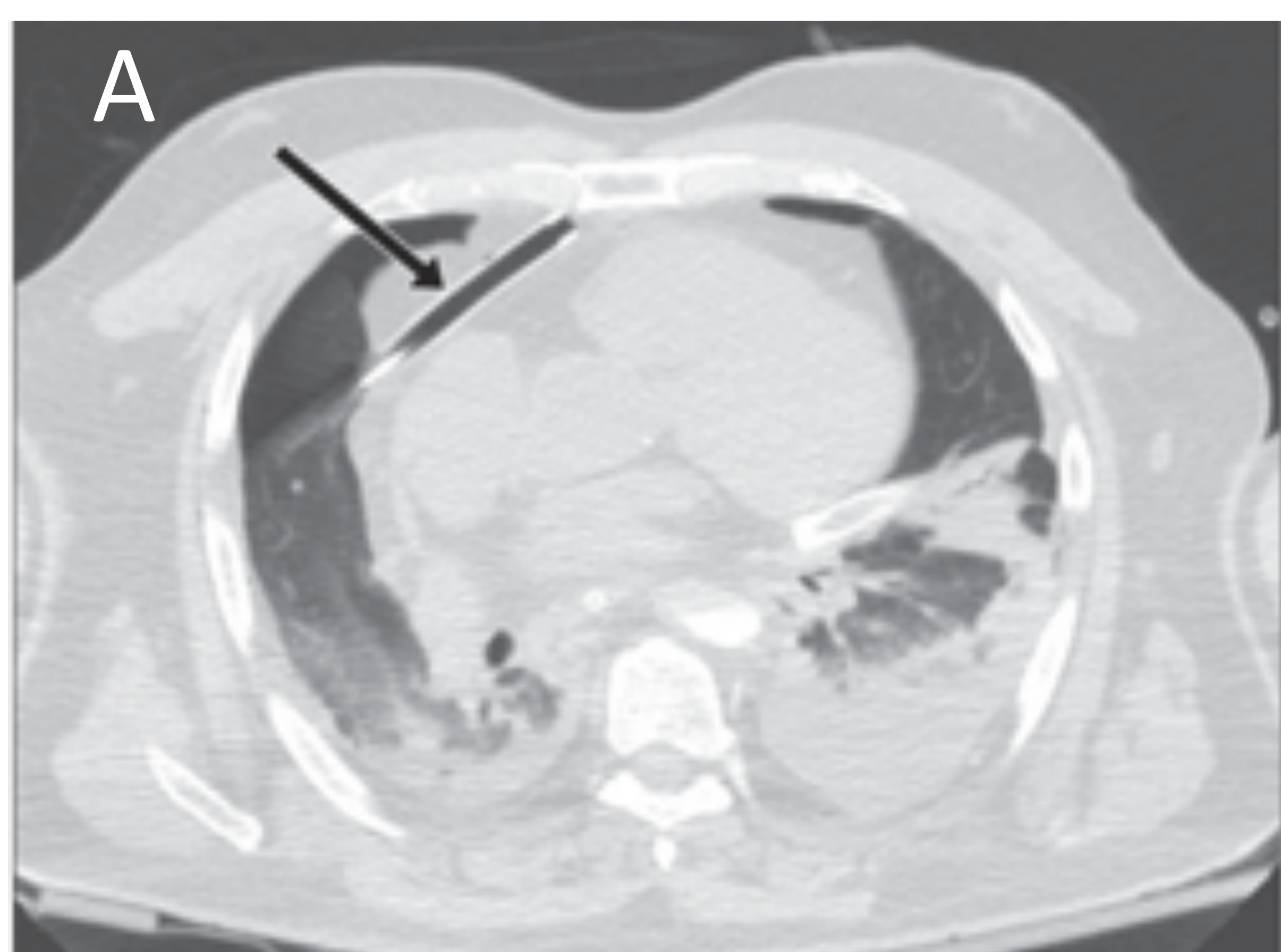


Fig. 21. Referencia: E. Lotan et al. (2014). *The Role of Early Postmortem CT in the Evaluation of Support-Line Misplacement in Patients with Severe Trauma. AJR 2015; 204:3-7*

TCPM de víctimas de traumatismo severo con tubos de tórax mal posicionados. A) Varón de 40 años con extremo distal en mediastino anterior. B) Mujer de 86 años con “kinking” en el drenaje torácico (flecha) que resultó en el fracaso del tratamiento del neumotórax a tensión.

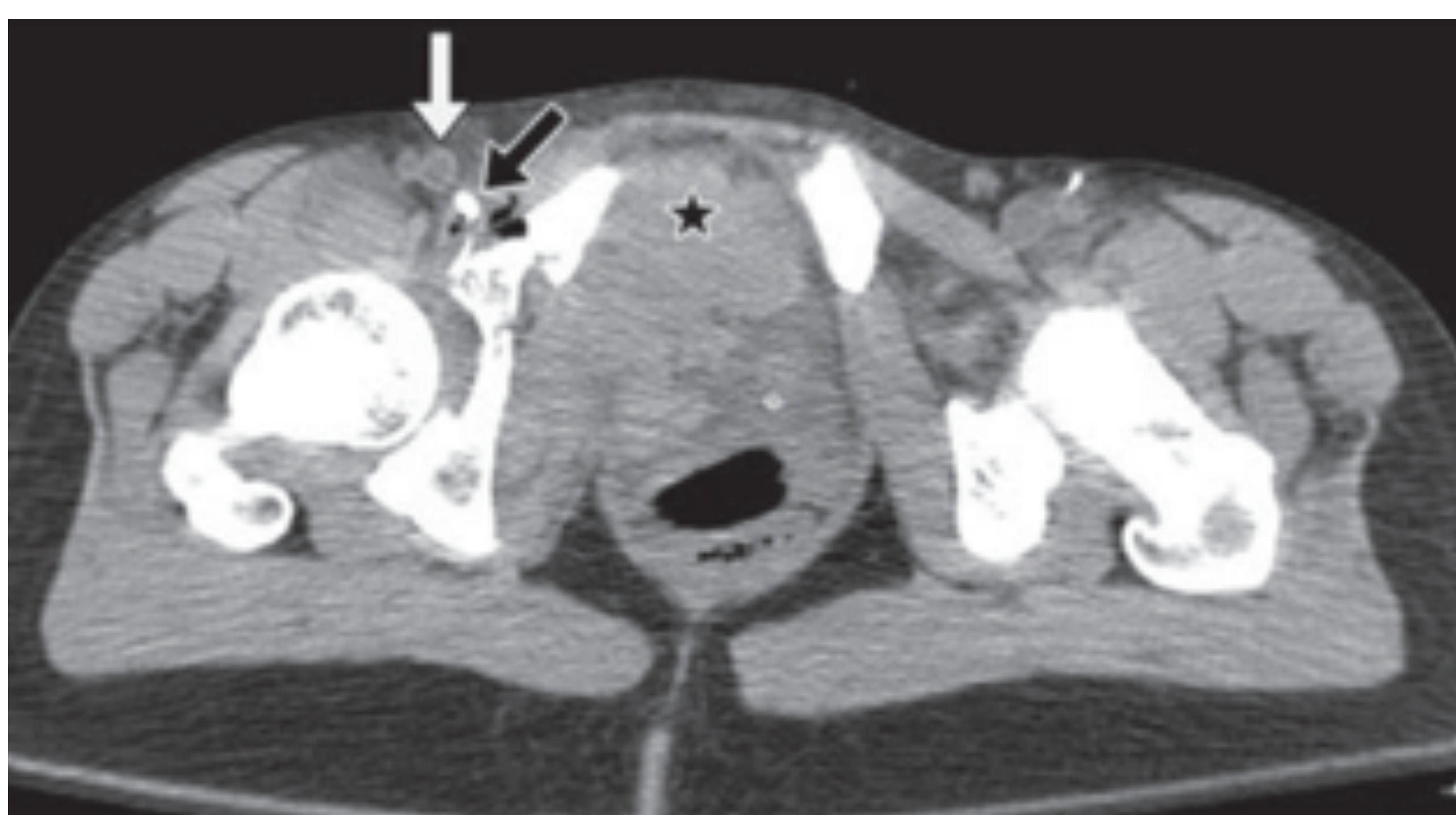


Fig. 22. Referencia: E. Lotan et al. (2014). *The Role of Early Postmortem CT in the Evaluation of Support-Line Misplacement in Patients with Severe Trauma. AJR 2015; 204:3-7*

TCPM de mujer de 32 años fallecida tras accidente automovilístico. Catéter venoso mal posicionado (flecha negra) insertado medialmente a la vena (flecha blanca). Formación de gran hematoma en pelvis derecha (estrella) que desplaza la vejiga después de la administración de dos unidades de sangre por la vía falsa.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

4. Politraumatismos

Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims – A systematic review

Hamid Jalalzadeh ^{a,b,*}, Georgios F. Giannakopoulos ^{a,b}, Ferco H. Berger ^c, Judith Fronczek ^{d,e},
Frank R.W. van de Goot ^{d,e}, Udo J. Reijnders ^f, Wietse P. Zuidema ^a

Forensic Science International 257 (2015) 29–48

- Revisión sistemática de 24 estudios clínicos realizando un análisis de concordancia entre los hallazgos encontrados en la TCPM y los encontrados en la autopsia clínica
 - Concordancia variable ente un 50 y un 100% por: diferencias entre la población analizada, los protocolos utilizados, y en la experiencia de la interpretación de la imagen.
- La TCPM detecta la mayoría de las lesiones importantes en los órganos sólidos y tejidos blandos.
- Las lesiones aórticas y las lesiones pequeñas de órganos sólidos a menudo se pasan por alto y constituyen su principal limitación actual.
- La TCPM es más sensible que la autopsia en la detección de gas (neumotórax, neumomediastino...) y en el estudio de lesiones esqueléticas, principalmente en la base del cráneo, macizo facial, costillas posteriores, elementos posteriores de la columna y pelvis, ya que son zonas de difícil acceso en la autopsia.
- Como conclusión: Mediante la TCPM se detectaron la mayoría de causas de muerte primarias y significativas.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

4. Politraumatismos



Fig. 23. Referencia: Norberti,N; Tonelli,P; Giaconi,C.; Nardi,C; Focardi,M...Colagrande, S. (2019). *State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature.*

Corte axial de una TCPM en un politrauma dónde se observa líquido hiperdenso perihepático y periesplénico sugestivo de lesiones en dichas vísceras (probable rotura esplénica) así como gas portal.

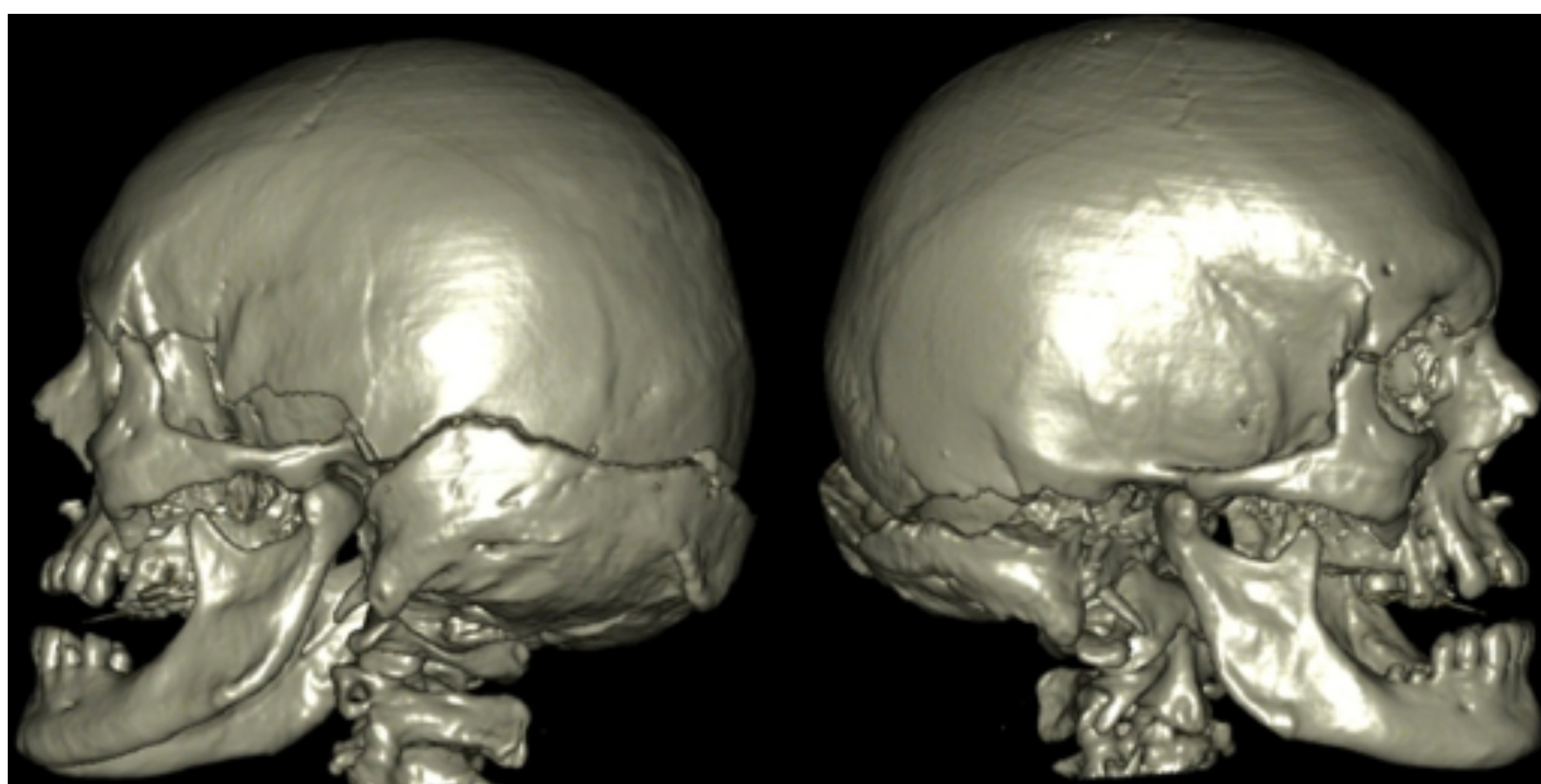


Fig. 24. Referencia: A. Moskata et al. / *Legal Medicine 18 (2016) 25–30*

Reconstrucción 3D de un TCPM craneal que muestra fractura circular de la base del cráneo. Este tipo de lesión es difícil de localizar en la autopsia, pero es claramente visible en reconstrucciones 3D.



Fig. 25. Referencia: Norberti,N; Tonelli,P; Giaconi,C.; Nardi,C; Focardi,M...Colagrande, S. (2019). *State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature.*

Reconstrucción coronal de una TCPM en un politrauma con hemotórax derecho masivo (probablemente originario de la aorta) y fracturas en la pelvis. Esta TC proporciona una visión rápida del cadáver previa a la autopsia, y permite que el patólogo enfoque la misma en las áreas específicas de interés.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

5. Quemados

Papel de la radiología forense:

- Identificar las lesiones producidas por las quemaduras y diferenciarlas de otros signos que sugieran otra causa de muerte (fracturas traumáticas, balas, heridas de arma blanca...)
- Determinar si la víctima estaba viva en el momento del incendio

Hallazgos en la TCPM

Las extremidades superiores presentan una triple flexión característica (el cuerpo toma la posición de un boxeador) debido a la retracción térmica del músculo:

- Rotación interna y flexión anterior del hombro
- Flexión del codo
- Flexión palmar de la muñeca y pronación del antebrazo

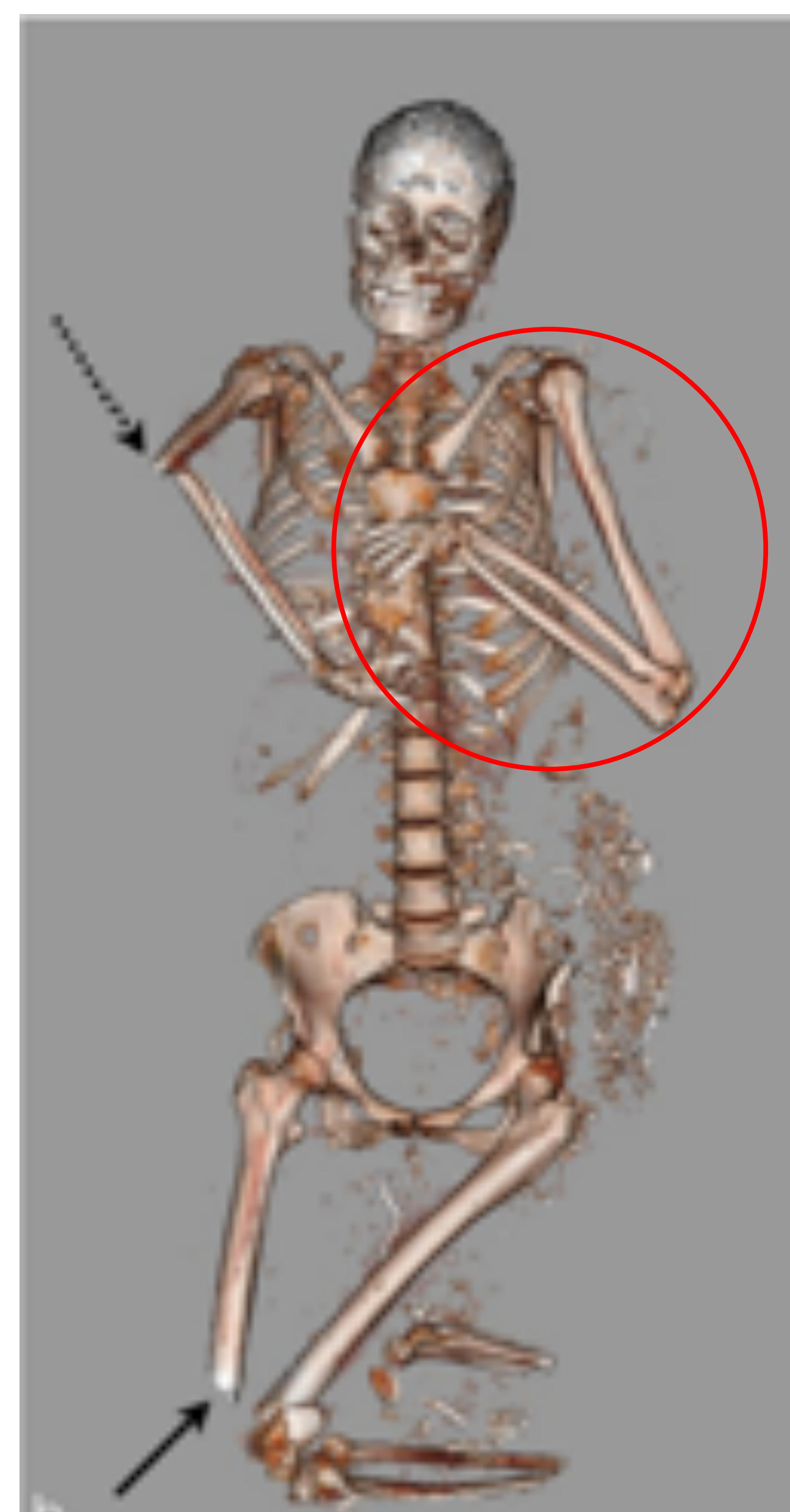


Fig. 26. Referencia: Coty,J.B; Nedelcu,C; Yahya,S; ... Aubé,C; (2018). *Burned bodies: post-mortem computed tomography, an essential tool for modern forensic medicine. Insights into Imaging.*

Reconstrucción 3D de una TCPM del cuerpo quemado de una mujer de 35 años que murió en un accidente automovilístico. Se observa:

- Triple flexión característica en MSI por retracción térmica muscular: actitud pugilística (círculo rojo).
- Fractura térmica típica del húmero derecho (flecha punteada) y el fémur derecho (flecha lisa).

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

5. Quemados

Hallazgos en la TCPM

Cabeza y cuello

Son las áreas más afectadas por la exposición al calor debido, al escaso grosor de las partes blandas, y la ausencia de protección externa (no hay ropa).

- Fracturas lineales y finas de la tabla externa (delaminización completa en múltiples fragmentos) con tabla interna intacta
- Hematoma epidural por calor característico → El aumento de la temperatura dentro del cráneo provoca la retracción de la duramadre y conduce a la exudación de la sangre de los senos venosos en el espacio epidural. A diferencia del hematoma epidural traumático este tiene forma de media luna y baja densidad, similar a un hematoma subdural pero a menudo cruza la línea media y separa el seno venoso.
- Retracción de los hemisferios cerebrales hacia la base del cráneo → en casos extremos por desprendimiento completo de la duramadre del arco craneal.
- Herniación del parénquima cerebral por el espacio epidural “aspecto de coliflor” →
- MENCIONAR IMPLANTES O RELLENOS DENTALES

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

5. Quemados

Hallazgos en la TCPM

Cabeza y cuello

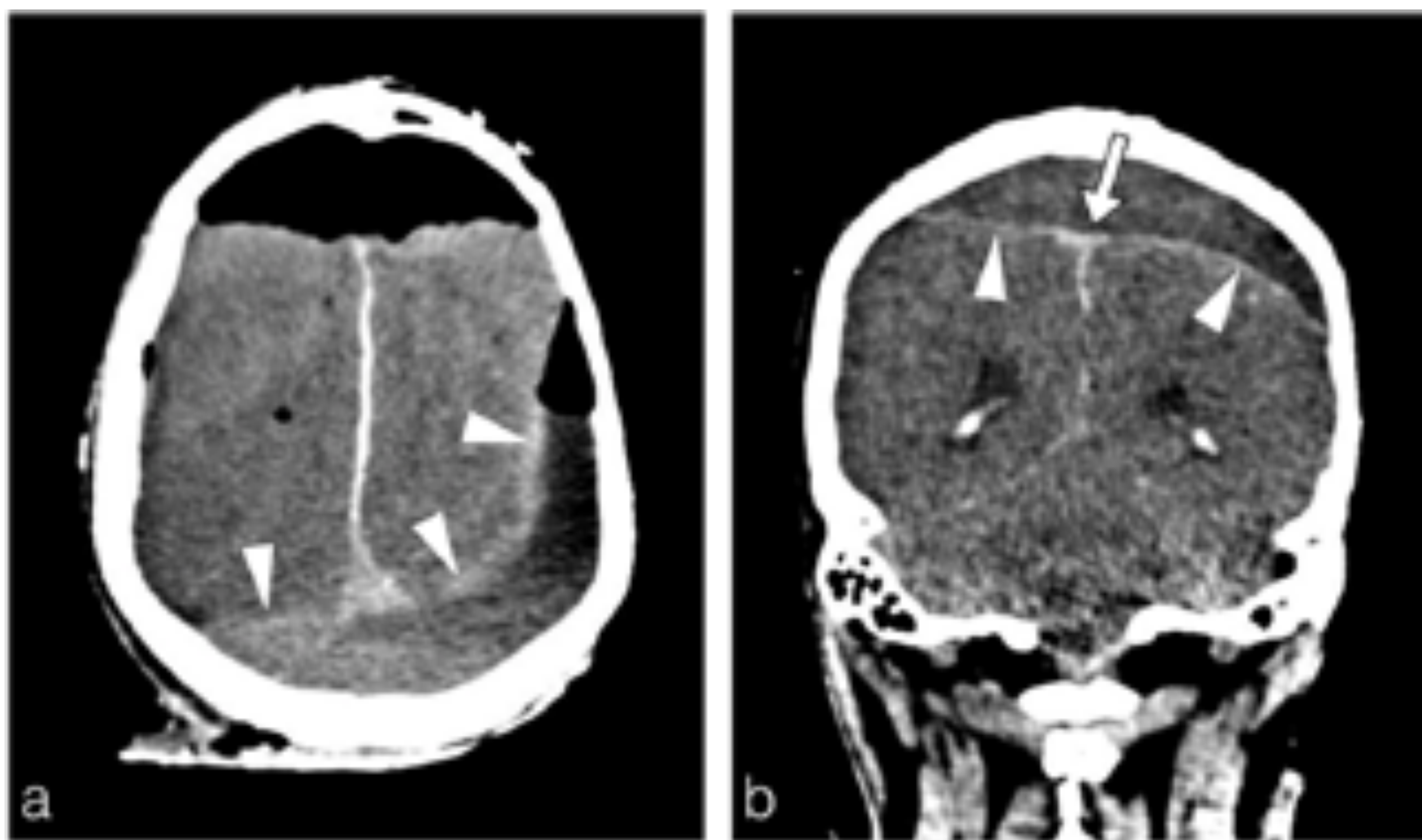


Fig. 27. Referencia: Coty,J.B; Nedelcu,C; Yahya,S; ... Aubé,C; (2018). *Burned bodies: post-mortem computed tomography, an essential tool for modern forensic medicine. Insights into Imaging.*

PMTM del cráneo carbonizado de un varón con:
Hematoma epidural térmico típico: cruza la línea media, en forma de media luna, con aspecto de subdural (punta de flecha). La reconstrucción coronal muestra desprendimiento del seno sagital superior (flecha blanca).

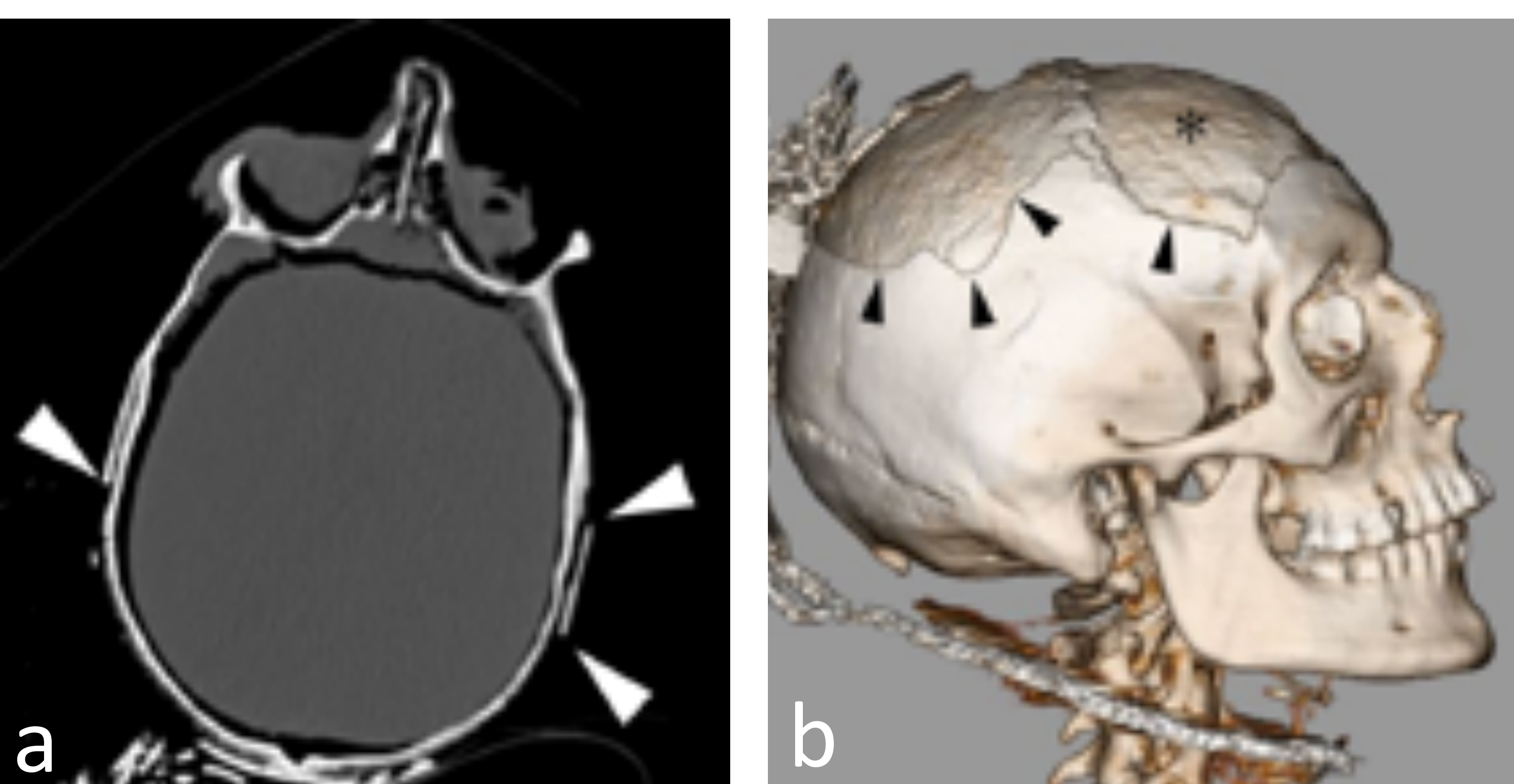


Fig. 28. Referencia: Coty,J.B; Nedelcu,C; Yahya,S; ... Aubé,C; (2018). *Burned bodies: post-mortem computed tomography, an essential tool for modern forensic medicine. Insights into Imaging.*

PMTM del cráneo carbonizado de un varón con:
a) Fracturas en la tabla externa por delaminación (puntas de flecha blancas)
b) Reconstrucción 3D: bordes irregulares de la fractura térmica de la tabla externa (puntas de flecha negras) con tabla interna íntegra (asterisco)

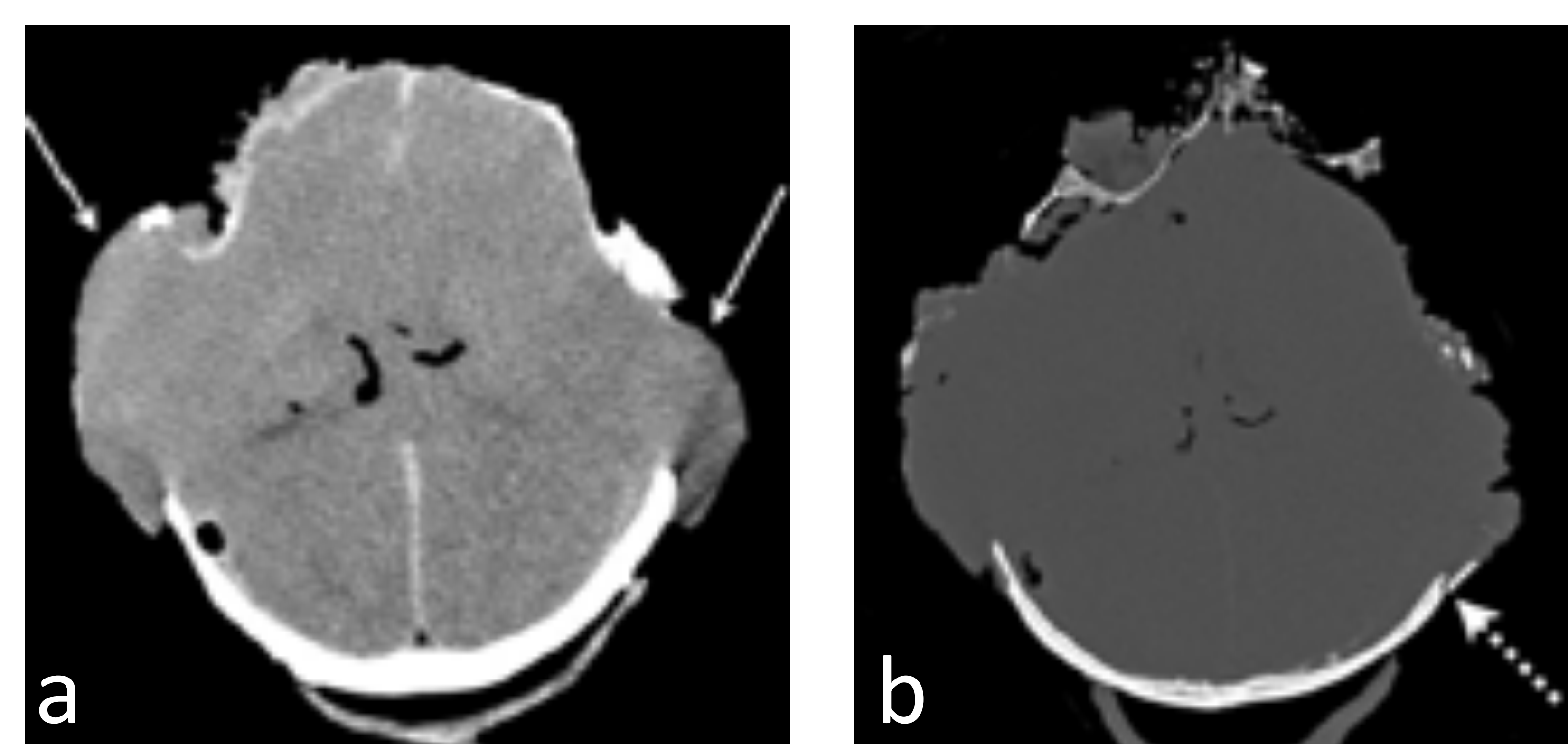


Fig. 29. Referencia: Coty,J.B; Nedelcu,C; Yahya,S; ... Aubé,C; (2018). *Burned bodies: post-mortem computed tomography, an essential tool for modern forensic medicine. Insights into Imaging.*

PMTM del cráneo carbonizado de un varón con:
a) Disrupción meníngea bilateral con herniación cerebral (flechas blancas)
b) En la ventana de hueso, observe la importante destrucción ósea con fractura por calor y pérdida de huesos temporales (flecha blanca discontinua)

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

5. Quemados

Hallazgos en la TCPM

Tórax:

Buscar signos de que el paciente estaba vivo y respirando en le momento del incendio: MUERTE POR ASFIXIA

- Protrusión de la lengua
- Edema pulmonar

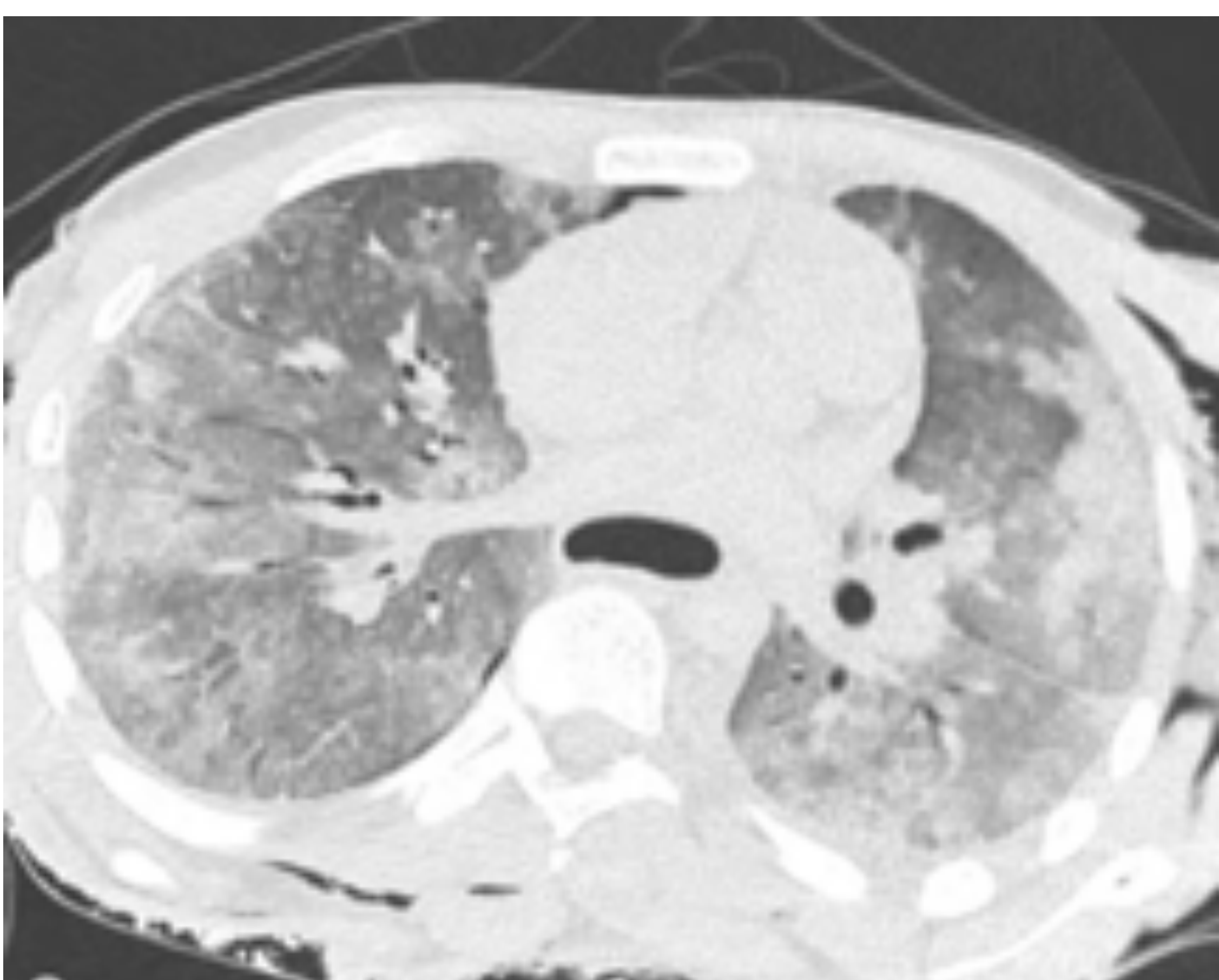


Fig. 30. Referencia: Coty,J.B; Nedelcu,C; Yahya,S; ... Aubé,C; (2018). *Burned bodies: post-mortem computed tomography, an essential tool for modern forensic medicine. Insights into Imaging.*

PMTM del torax de un varón muerto por asfixia:

Opacidades pulmonares en vidrio deslustrado difusas por todos los campos pulmonares por el edema pulmonar. Distintas a las observadas en el Livor Mortis que ocupaban las regiones declives.

Abdomen:

- Órganos intraabdominales tiene buena conservación por las múltiples capas protectoras (pared abdominal y fascia peritoneal)
- Evisceración intestinal consecuencia tardía (>30 min de exposición).

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

5. Quemados

Hallazgos en la TCPM

Esqueleto

1. Fracturas corticales térmicas → lineales y finas en el hueso expuesto.
2. Amputación térmica de los extremos distales de las extremidades con fracturas transversales de bordes finos descubiertas (aspecto de boquilla de flauta).
3. Patrón de hipodensidades moteadas en médula ósea únicamente en los lugares que han sido expuestos al fuego.

DIFERENCIAR DE FRACTURAS TRAUMÁTICAS

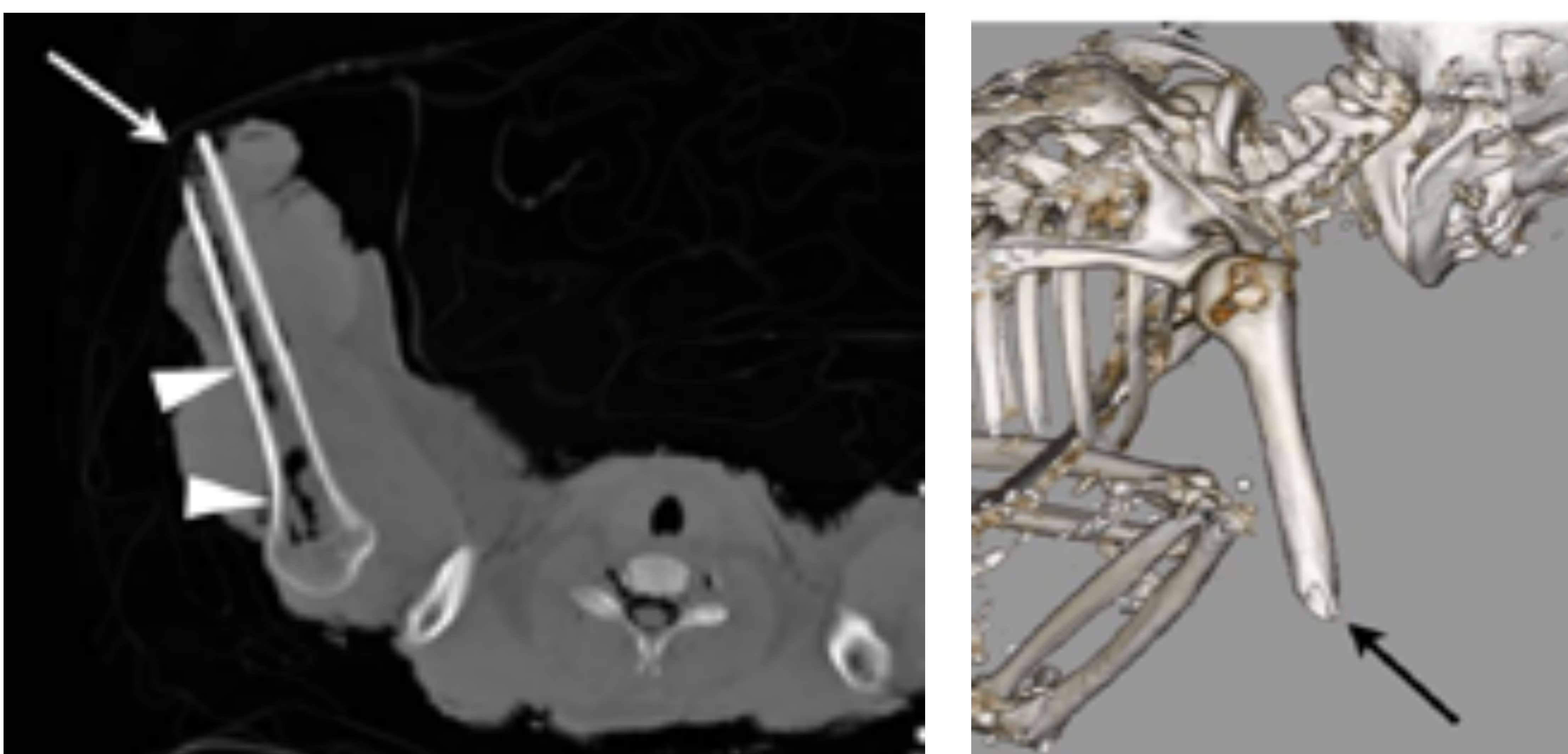


Fig. 31. Referencia: Coty,J.B; Nedelcu,C; Yahya,S; ... Aubé,C; (2018). *Burned bodies: post-mortem computed tomography, an essential tool for modern forensic medicine. Insights into Imaging.*

PMTC de miembro superior derecho (MSD) de mujer fallecida por lesiones térmicas:

- a) Amputación térmica de MSD (flecha blanca) con hipodensidades moteadas en la médula ósea (cabezas de flecha blancas).
- b) Reconstrucción 3D del MSD con aspecto típico en boquilla de flauta (flecha negra).

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

6. Armas de fuego

La radiología forense ayuda principalmente a detectar:

- Las heridas de entrada y salida
- Los fragmentos de balas y balas dentro del cuerpo, la TC es especialmente útil en la detección de cuerpos extraños metálicos.
- El trayecto de la bala y las lesiones causadas por esta
- Tipo de arma
- Reconstrucción de los hechos
- La causa de la muerte también se detecta en la mayoría de los casos mediante TCPM.

TCPM debería realizarse de rutina en la práctica forense como una ayuda para obtener la mayor cantidad de información posible para aclarar la causa.

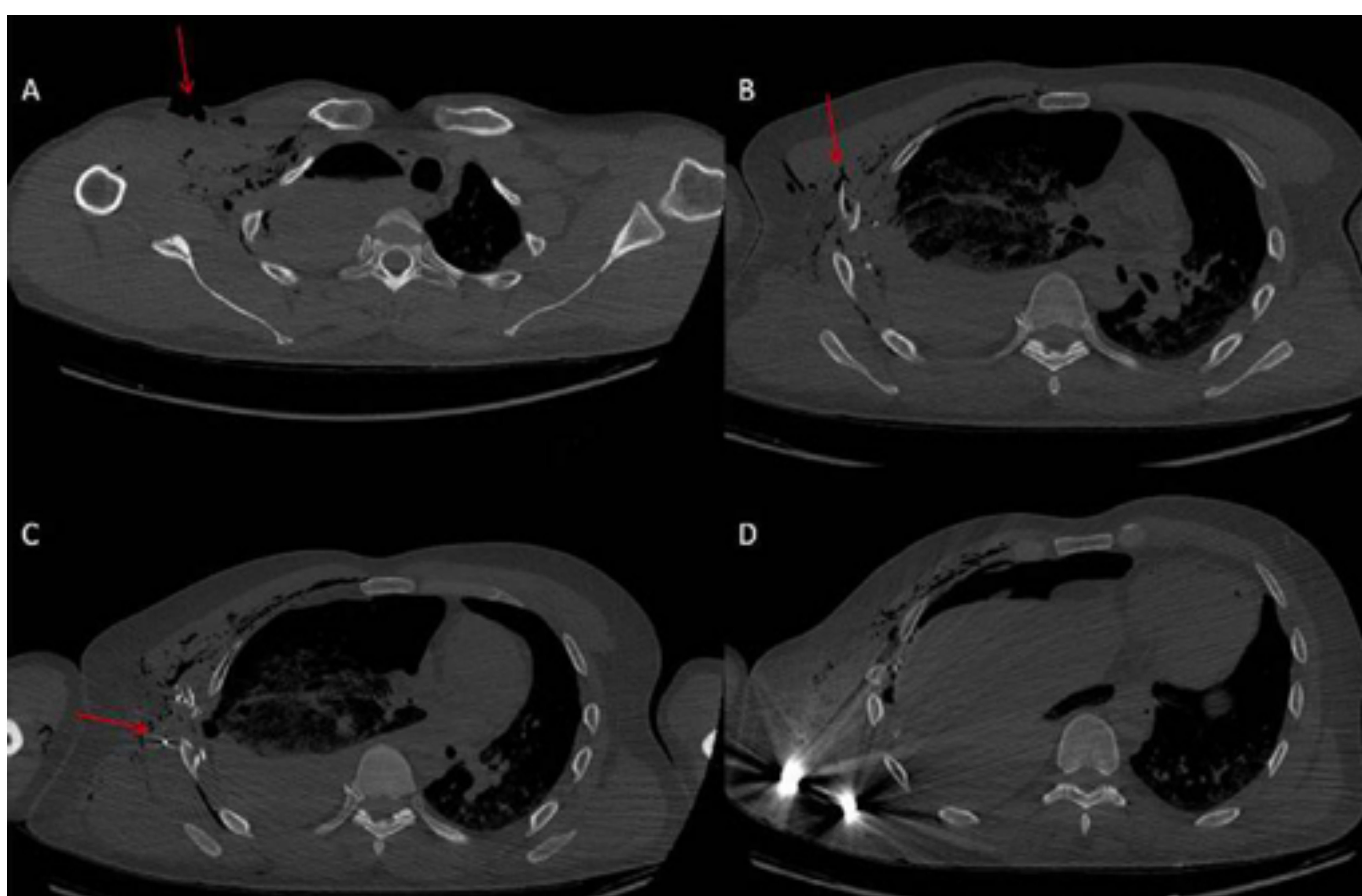


Fig. 32. Referencia: A. Maiese et al. / *Legal Medicine* 16 (2014) 357–363

TCPM: plano axial que muestra la trayectoria de la herida.

(A) Vista de la herida de entrada del disparo (flecha roja).

(B) Enfisema de tejidos blandos y fractura de costillas adyacentes. Hemoneumotórax severo.

(C, D) Múltiples fragmentos metálicos en el tejido blando (flecha roja).

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

7. Ahorcamiento o estrangulación

- La disección de la laringe mediante la autopsia requiere de una técnica muy delicada y lleva mucho tiempo, por lo que el uso de una técnica adicional (exámenes radiológicos) es de mucho ayuda.
- El trauma esquelético de la garganta puede pasarse por alto fácilmente en la autopsia, especialmente:
 - Fisuras no desplazadas restringidas a la superficie posterior de la comisura anterior de las láminas del cartílago tiroides.
 - Fisura y fracturas no desplazadas de cartílago tiroides.
- En general:
 - PMTC es más sensible para la detección de fracturas y fisuras.
 - Autopsia es más sensible en detección de hematoma de partes blandas

Fig. 33. Referencia: Kempter, M; Ross, S; ... & Bolliger, S.A.(2009). *Post-mortem imaging of laryngohyoid fractures in strangulation incidents: First results. Legal Medicine, 11(6),267–271.*

TCPM: varón fallecido por estrangulación manual con fractura dislocada del arco del cartílago cricoides (flecha negra), fácilmente identificada en la reconstrucción 3D (flecha blanca). Este hallazgo fue revelado solo por imagen y fue pasado por alto durante la autopsia.

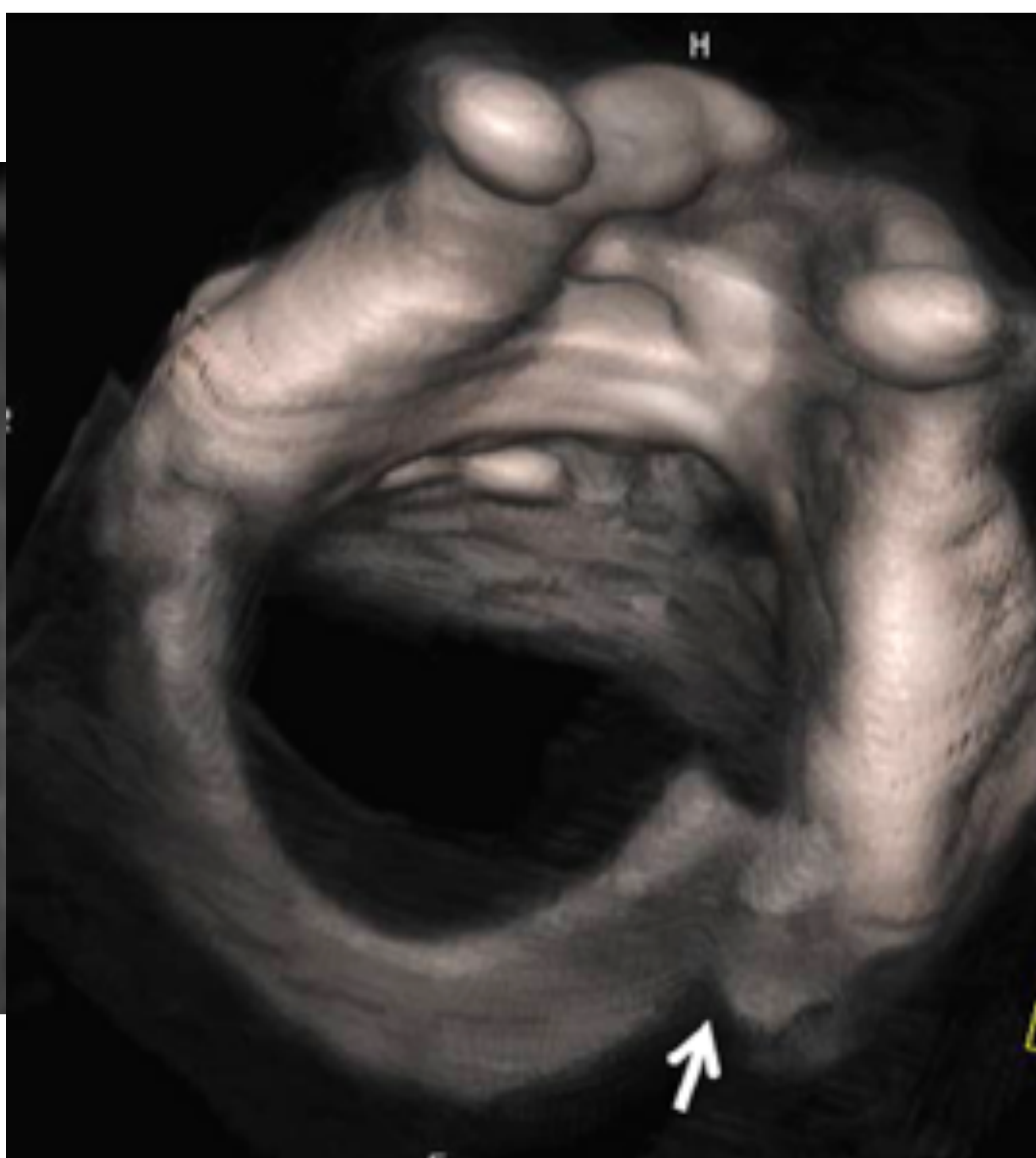
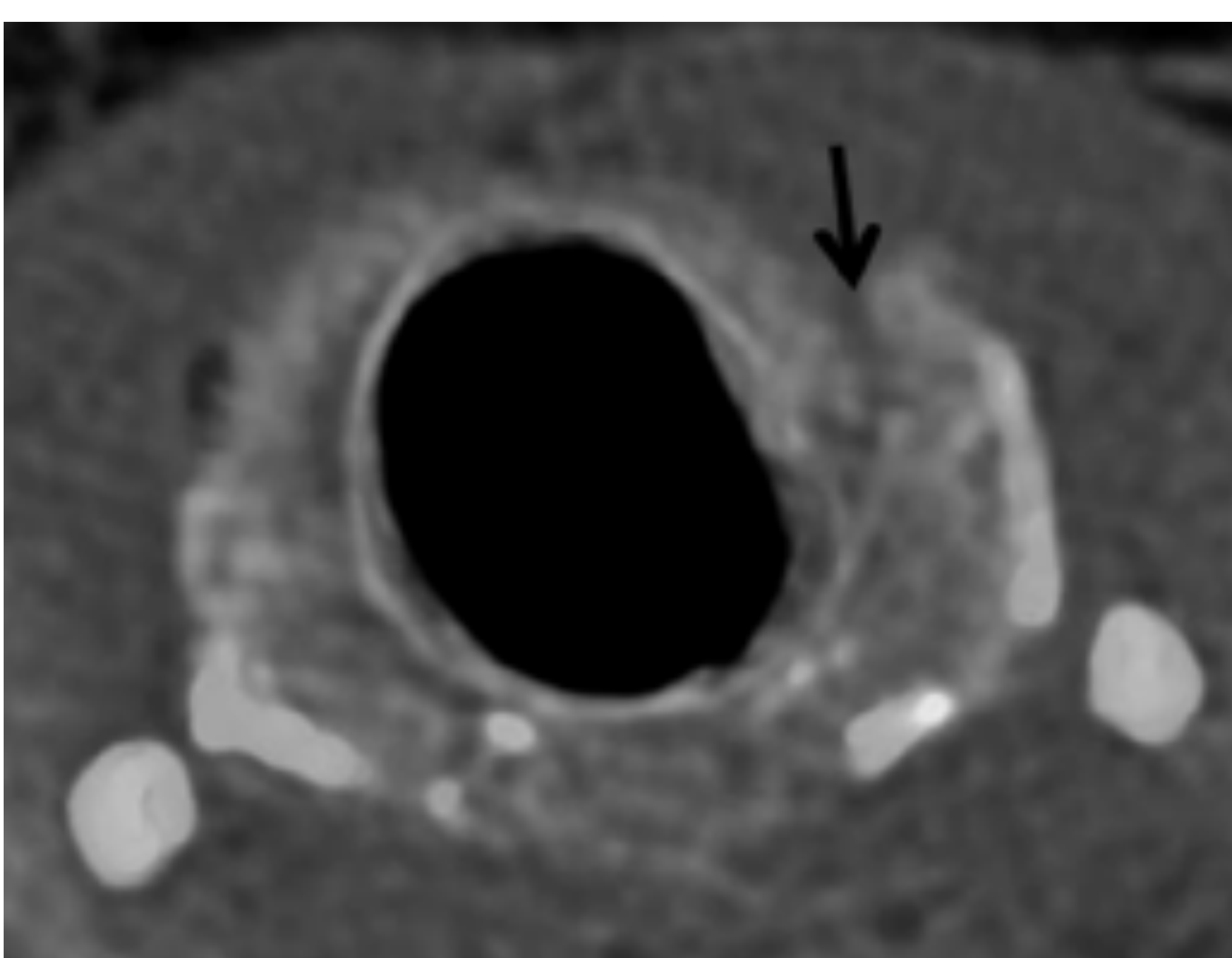


Fig. 34. Referencia: Kempter, M; Ross, S; ... & Bolliger, S.A. (2009).

Post-mortem imaging of laryngohyoid fractures in strangulation incidents: First results. Legal Medicine, 11(6),267–271.

Visión posterior de reconstrucción 3D de TCPM: fractura del cuerno superior derecho del cartílago tiroides (flecha blanca) que no se logro identificar en la autopsia.

REVISIÓN DEL TEMA

APLICACIONES:

8. Ahogados

- La autopsia no es capaz de mostrar hallazgos patognomónicos de muerte por ahogamiento.
- Hallazgos radiológicos:
 - Senos paranasales y vías respiratorias → acumulación de líquido y sedimentos
 - Pulmonares → engrosamiento peribronquial, patrón en mosaico, engrosamientos septales y opacidades nodulares en vidrio deslustrado (aspiración y edema) → grandes consolidaciones. Derrame pleural (70%)
 - Distensión de estómago y duodeno.
- Herramienta para detectar otra causa de muerte y verificar si la víctima estaba viva o muerta antes de la inmersión
 - La ausencia de ocupación de los senos paranasales y de presencia de agua en el estómago sugiere que la muerte se ha producido previamente.



Fig. 35. Referencia: Plaetsen et al. / *Forensic Science International* 249 (2015) 35–41 TCPM: plano axial que muestra ocupación de ambos senos maxilares y de fosas nasales.



Fig. 36. Referencia: Plaetsen et al. / *Forensic Science International* 249 (2015) 35–41 TCPM: plano axial del tórax en la ventana del pulmón después del ahogamiento: opacidades en vidrio deslustrado parcheadas (flecha) y centrolobulillares (punta de flecha).

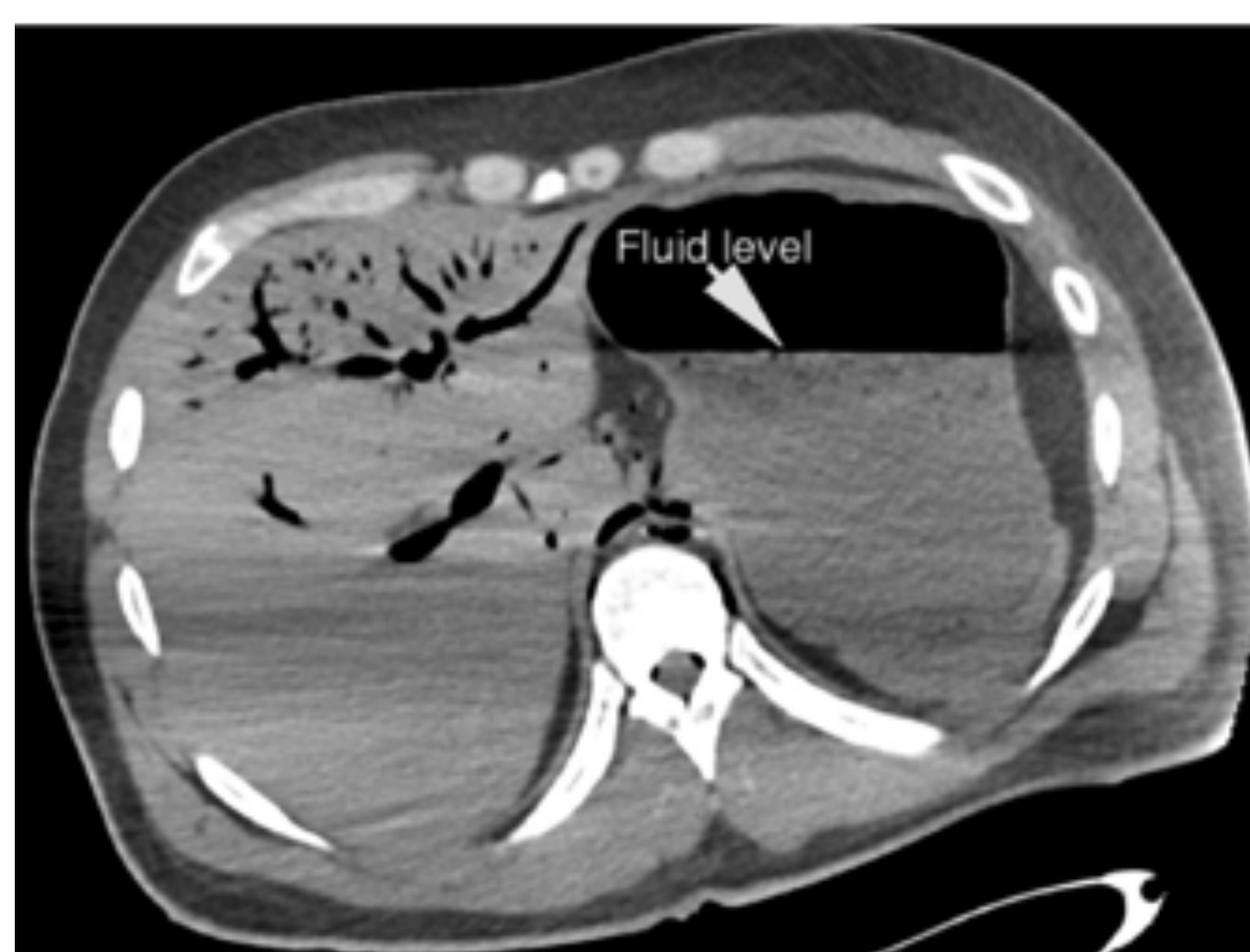


Fig. 37. Referencia: Lo Re, G; Vernuccio, F; ...Lagalla, R. (2014). Role of virtopsy in the post-mortem diagnosis of drowning. *La Radiologia Medica*, 120(3), 304–308. TCPM: varón muerto por ahogamiento con niveles en el estómago (flecha).

REVISIÓN DEL TEMA

PAPEL ACTUAL DE LA RADIOLOGÍA FORENSE:

- En los últimos 10 años, el uso de PMCT se ha extendido por todo el mundo. La combinación de exámenes radiológicos con la autopsia convencional es ahora el “gold standard “ aceptado en todo el mundo y practicado en muchos países. Sin embargo, las autopsias clínicas y forenses difieren en ciertos aspectos:
 - Las autopsias clínicas se realizan para diagnosticar la causa de la muerte cuando los esfuerzos ante mortem han fallado o para estudiar el proceso de la enfermedad in situ si se conoce la causa de la muerte. Necesitan el consentimiento de los familiares y su práctica ha disminuido considerablemente en los últimos años en Europa y Estados Unidos. En este contexto, la radiología forense puede verse como un recurso para tratar de encontrar la causa de la muerte cuando la autopsia clínica no puede llevarse a cabo.
 - La autopsia forense no requiere consentimiento; es obligatorio por ley y solicitada por el fiscal / juez / forense. Se realiza para responder preguntas sobre identidad, causa y hora de la muerte, manera y circunstancias, para recopilar pruebas de rastreo y ayudar a resolver el delito. Las indicaciones de la pruebas radiológicas postmortem varían de un país a otro. En los lugares donde la radiología forense está más extendida, como Japón, Suiza o Australia, la TCPM es un examen obligatorio en todos los cuerpos entregados a la morgue, luego en función de los resultados se solicitará autopsia completa, análisis toxicológico u otros exámenes complementarios.

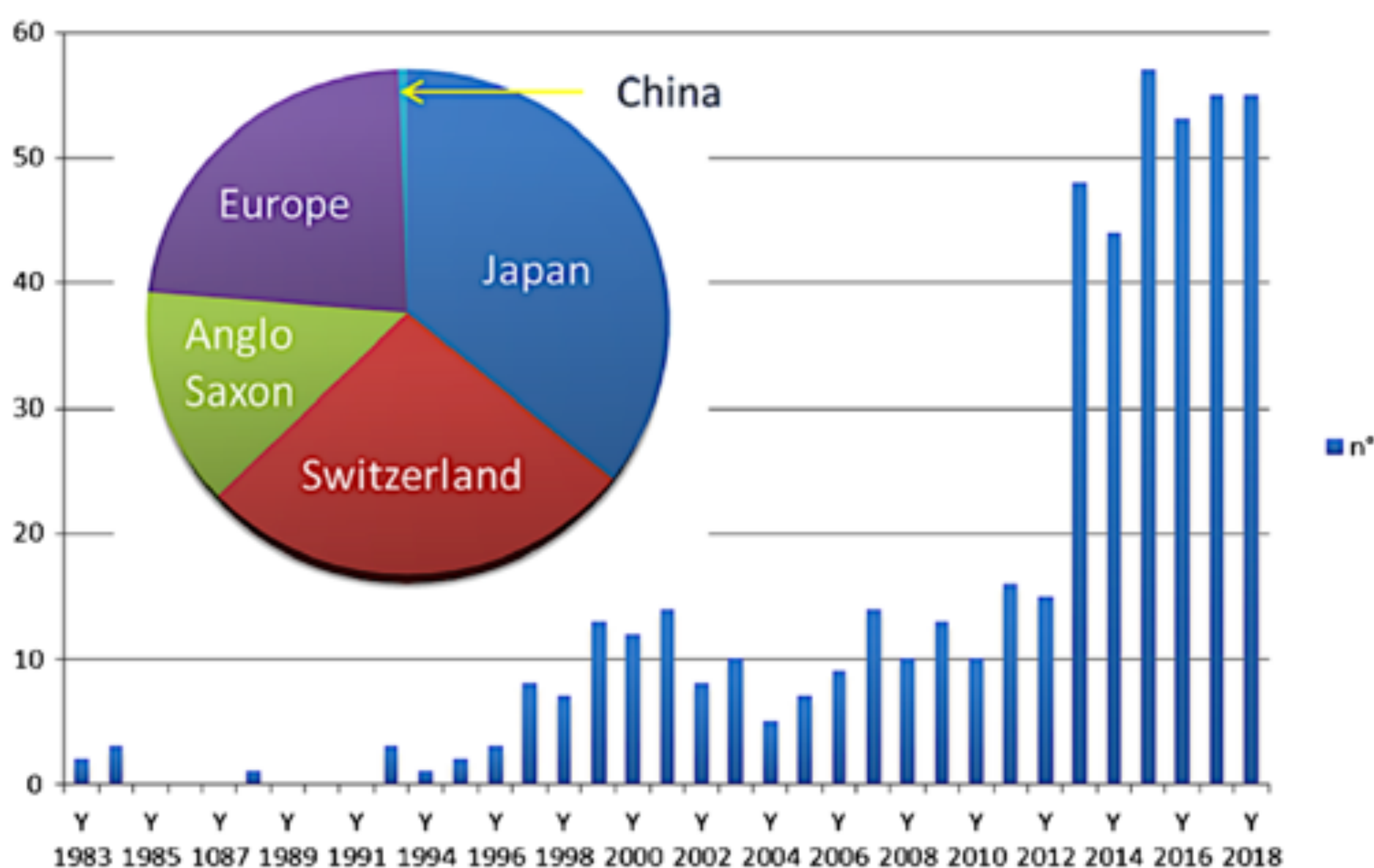


Fig. 37. Referencia: Norberti et al. (2019 State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literatura).

Países de origen de artículos de TCPM publicados del año 1983 al 2018 y número de artículos para cada país. Japón 131, Suiza 96, anglosajones 50, resto de Europa 84 y China 3.

CONCLUSIÓN:

- El Gold estándar para el diagnóstico post-mortem sigue siendo la autopsia, pero se ha demostrado que la combinación de la exámenes radiológicos y la autopsia mejora los resultados de la investigación forense.
- Tras la disminución del número de autopsias se necesitan técnicas menos invasivas en medicina forense.
- La autopsia es superior en detectar lesiones de tejidos blandos y daño vascular, mientras que la radiología detecta mejor y con más detalle la lesiones esqueléticas, la acumulación de líquido, el gas y los cuerpos extraños.
- La radiología forense información sobre muertes prevenibles y sirve de screening previo a la realización o no de autopsias.
- Necesidad de estudios más amplios para establecer protocolos de uso fiables y comprender mejor el potencial diagnóstico → ANGIO-TCPM.
- La necesidad creciente de técnicas de imagen en medicina forense abrirá nuevos e interesantes campos de actividad para los radiólogos también en España dónde vamos con retraso respecto al resto de Europa en radiología forense.

BIBLIOGRAFÍA

1. Steffen G. Ross, Stephan A. Bolliger, Garyfalia Ampanozi, Lars Oesterhelweg, Michael J. Thali, Patricia M. Flach, Postmortem CT Angiography: Capabilities and Limitations in Traumatic and Natural Causes of Death. *RadioGraphics* 2014; 34:830–846
2. S. Ross, D. Spendlove, S. Bolliger, A. Christe, L. Oesterhelweg, S. Grabherr. Postmortem Whole-Body CT Angiography: Evaluation of Two Contrast Media Solutions. *American Journal of Roentgenology*. June 2008.
3. M. Kempter, S. Ross, D. Spendlove, P.M. Flach, U. Preiss, M.J. Thali, S.A. Bolliger. Post-mortem imaging of laryngochoyoid fractures in strangulation incidents: First results. MCentre for Forensic Imaging and Virtopsy, Institute of Forensic Medicine, University of Bern, Buehlstrasse 20, 3012 Bern, Switzerland.
4. Raj Kumar Badam, Triekan Sownetha, D. B. Gandhi Babu, Shefali Waghray, Lavanya Reddy, Komali Garlapati, and Sunanda Chavva. Virtopsy: Touch-free autopsy. *J Forensic Dent Sci*. 2017 Jan-Apr; 9(1): 42.
5. Sam W. Andrews. Postmortem Changes as Documented in Postmortem Computed Tomography Scans.. 2017 *Academic Forensic Pathology International* • (ISSN: 1925-3621) • <https://doi.org/10.23907/2016.006>
6. Giuseppe Lo Re MD , Sergio Salerno MD , Maria Chiara Terranova MD , Antonella Argo MD , Antonio Lo Casto MD , Stefania Zerbo MD , Roberto Lagalla MD , Virtopsy and living individuals evaluation using Computed Tomography in forensic diagnostic imaging, *Seminars in Ultrasound CT and MRI* (2018), doi: <https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.013>
7. Tom Sutherland and Chris O'Donnell. The artefacts of death: CT post-mortem findings. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology* 62(2018) 203–210
8. Ananya Panda, MD, Atin Kumar, MD, DNB, MNAMS, Shivanand Gamanagatti, MD, DNB, MNAMS, Biplab Mishra, MS. Virtopsy Computed Tomography in Trauma: Normal Postmortem Changes and Pathologic Spectrum of Findings. *Current Problems in Diagnostic Radiology* 44 (2015) 391–406
9. Lo Re, G., Vernuccio, F., Galfano, M. C., Picone, D., Milone, L., La Tona, G., ... Lagalla, R. (2014). Role of virtopsy in the post-mortem diagnosis of drowning. *La Radiologia Medica*, 120(3), 304–308. doi:10.1007/s11547-014-0438-4
10. Kawasumi Y1, Kawabata T, Sugai Y, Usui A, Hosokai Y, Sato M, Saito H, Ishibashi T, Hayashizaki Y, Funayama M. Diagnosis of drowning using post-mortem computed tomography based on the volume and density of fluid accumulation in the maxillary and sphenoid sinuses. *Eur J Radiol*. 2013 Oct;82(10):e562-6. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.06.015. Epub 2013 Jul 23.
11. Raux C, Saval F, Rouge D, Telmon N, Dedouit F. Diagnosis of drowning using post-mortem computed tomography - state of the art. *Arch Med Sadowej Kryminol*. 2014;64(2):59-75.
12. Andenmatten, M. A., Thali, M. J., Kneubuehl, B. P., Oesterhelweg, L., Ross, S., Spendlove, D., & Bolliger, S. A. (2008). Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): A feasibility study. *Legal Medicine*, 10(6), 287–292. doi:10.1016/j.legalmed.2008.03.005
13. Carballeira Álvarez A, et al. Diagnostic value of unenhanced postmortem computed tomography in the detection of traumatic abdominal injuries. *Diagnostic and Interventional Imaging* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.diii.2017.12.015>
14. Maiese, A., Gitto, L., De Matteis, A., Panebianco, V., & Bolino, G. (2014). Post mortem computed tomography: Useful or unnecessary in gunshot wounds deaths? Two case reports. *Legal Medicine*, 16(6), 357–363. doi:10.1016/j.legalmed.2014.06.005
15. Scott D. Steenburg, Tracy Spitzer, Amy Rhodes. Post-mortem computed tomography improves completeness of the trauma registry: a single institution experience. *American Society of Emergency Radiology* 2018. doi.org/10.1007/s10140-018-1637-4
16. A Usui, Yusuke Kawasumi Y Hosokai, M Kozakai, H Saito, M Funayama. Usefulness and limitations of postmortem computed tomography in forensic analysis of gunshot injuries: Three case reports. *Legal Medicine* 18 (2016) 98–103
17. Dina Ali Shokrya, Maged Nabil Husseinb, Fatma Mohamed Hassana, Axel Heinemannc, Hermann Vogelc, Klaus Puschelc. Diagnostic value of multiphase postmortem computed tomography T angiography in selected cases of blunt traumatic deaths. *Legal Medicine* 34 (2018) 1–6M
18. Schmitt-Sody, S Kurz, M Reiser, K G Kanz, C Kirchhoff, O Peschel and S Kirchhoff. Analysis of death in major trauma: value of prompt post mortem computed tomography (pmCT) in comparison to office hour autopsy. Schmitt-Sody et al. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* (2016) 24:38 DOI 10.1186/s13049-016-0231-6
19. J.-B. Coty, C. Nedelcu, S. Yahya, V. Dupont, C. Rougé-Maillart, M. Verschoore, C. Ridereau Zins, C. Aubé. Burned bodies: post-mortem computed tomography, an essential tool for modern forensic medicine. *Insights into Imaging* (2018) 9:731–743 <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0633-2>
20. G Femia, BS, MBBS, C Semsarian, MBBS, PhD, MPH, N Langlois, MBBS, MD, M McGuire, MM, PhD, J Raleigh, MBBS, A Taylor, BA, MD, R Puranik, MBBS. Post-Mortem Imaging Adjudicated Sudden Death: Causes and Controversies. *Heart, Lung and Circulation* (2019) 28, 15–21
21. S Vander Plaetsen, E De Letter, M Piette, G Van Parys, JW. Casselman, K Verstraete. Post-mortem evaluation of drowning with whole body CT. *Forensic Science International* 249 (2015) 35–41
22. Giuseppe Lo Re MD , Sergio Salerno MD , Maria Chiara Terranova MD , Antonella Argo MD , Antonio Lo Casto MD , Stefania Zerbo MD , Roberto Lagalla MD , Virtopsy and living individuals evaluation using Computed Tomography in forensic diagnostic imaging, *Seminars in Ultrasound CT and MRI* (2018), doi: <https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.013>
23. Norberti, N., Tonelli, P., Giacconi, C., Nardi, C., Focardi, M., Nesi, G., ... Colagrande, S. (2019). State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature. *Virchows Archiv*. doi:10.1007/s00428-019-02562-4
24. Kempter, M., Ross, S., Spendlove, D., Flach, P. M., Preiss, U., Thali, M. J., & Bolliger, S. A. (2009). Post-mortem imaging of laryngochoyoid fractures in strangulation incidents: First results. *Legal Medicine*, 11(6), 267–271. doi:10.1016/j.legalmed.2009.07.005