

Especialización en Medicina Legal

Trabajo Final de Especialización

Autora: Marian Etchave

ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS DE LA AUTOPSIA VIRTUAL EN LA PRÁCTICA MÉDICA FORENSE: AVANCES TECNOLÓGICOS Y SUS IMPLICACIONES BIOÉTICAS

2017

Citar como: Etchave, M. (2017). Análisis de los beneficios de la autopsia virtual en la práctica médica forense: avances tecnológicos y sus implicaciones bioéticas. [Trabajo Final de Especialización, Universidad ISALUD]. RID ISALUD.

Resumen:

Se describe la Radiología Forense y la Tomografía Computada como métodos complementarios de la Autopsia Forense convencional. Se identifican y se describen los beneficios de la Autopsia Virtual, sus indicaciones y sus contraindicaciones.

Palabras Claves: Autopsia Forense, Autopsia Virtual, Medicina Forense, Tomografía Computada, Radiología Forense.

Abstract:

Forensic Radiology and Computed Tomography are described as complementary methods of conventional Forensic Autopsy. The benefits of the Virtual Autopsy, its indications and contraindications are identified and described.

Key Words: Computed Tomography, Forensic Autopsy, Forensic Medicine, Forensic Radiology, Virtual Autopsy.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1. Tema	
2. Título	
3. Problema	
4. Objetivos	
4.1. Objetivo General	
4.2. Objetivos Específicos	
5. Marco Metodológico	10
5.1. Tipo de Estudio	
5.2. Fuentes utilizadas	
5.3. Técnicas de Recolección de la Información	
5.4. Técnicas de Análisis de la Información	
6. Hipótesis	11
7. Estado del Arte	11
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	 15
1. Autopsia Forense	15
2. Autopsia Virtual	17
3. Métodos Complementarios de Imágenes	18
3.1. Radiología Convencional Forense	18
3.2. Tomografía Computada	24
4. Autopsia Virtual en el futuro	41
CONCLUSIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXO A: Código Procesal Penal de la Nación: Ley 23.984	49
Identificación de Cadáveres Art. 220	
Facultad de ordenar las pericias Art. 253	
Calidad habilitante Art. 254	

Nombramiento y notificación Art. 258	
Autopsia Necesaria Art. 264	
ANEXO B: Imágenes obtenidas con Autopsia Virtual	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estado de Arte	12
------------------------	----

Tabla 2 Reconstrucción Forense	35
--------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Radiografía de senos frontales.	19
Figura 2 Radiografía de rodilla izquierda, con colocación de Endoprótesis	20
Figura 3 Radiografía del 3º molar.	20
Figura 4 Fractura helicoidal en lactante de 33 días, víctima de trauma por torsión.	20
Figura 5 a y b) Radiografía en la que se aprecian un número mínimo de proyectiles de 6 mm en cráneo. En la autopsia se documentan las lesiones producidas por estos.	21
Figura 6 a y b) Documentación radiológica de la trayectoria de unas esquirlas metálicas y las lesiones que estas producen.	21
Figura 7 Radiografía del hueso hioides de una mujer.	21
Figura 8 Radiografía del cadáver de un niño con muerte intrauterina.	22
Figura 9 Radiografía de fragmentos óseos exhumados en una zona de conflicto armado	22
Figura 10 Radiografías del cráneo del cadáver perteneciente a un lactante de 6 meses.	23
Figura 11 Radiografía de abdomen de una "mula".	23
Figura 12 Mesa de trabajo 3D autopsia virtual	25
Figura 13 Material quirúrgico en cuerpos no identificados.	26
Figura 14. Evaluación de la edad en jóvenes.	27
Figura 15. Reconstrucciones dentales realizadas con fines de identificación.	27
Figura 16. Identificación forense: Comparación de la reconstrucción volume rendering de cráneo con la ortopantomografía.	28
Figura 17. Reconstrucciones sagitales multiplanares de un hueso	28

frontal fragmentario.	
Figura 18. Identificación de cadáveres con TC en cuatro casos.	29
Figuras 19. Herida mortal por arma de fuego en el pecho.	31
Figura 20 Características de una herida de proyectil en la cabeza mostrada por autopsia virtual.	32
Figura 21. Características de una trayectoria por herida mortal por arma de fuego mostrada en la autopsia virtual.	32
Figura 22. Herida mortal por arma de fuego en el pecho.	33
Figura 23. Herida mortal por arma de fuego en la órbita y la cabeza.	33
Figura 24. Evaluación de la dirección de impacto en un peatón que fue golpeado por un automóvil.	35
Figura 25. Lesiones en la cabeza.	36
Figura 26. Dirección de la creación de una herida de proyectil.	36
Figura 27. Aspiración como signo postmortem de vitalidad de lesiones sostenidas en un hombre que murió en un accidente aéreo.	37
Figura 28. Uso de imágenes postmortem para abordar cuestiones médico-legales.	38
Figura 29 Masa epidural en un cadáver quemado.	38
Figura 30. Putrefacción.	39
Figura 31. La imagen representa la porción craneal de un estudio angiográfico de cuerpo entero.	39
Figura 32. Reconstrucción forense real basada en datos en un peatón que fue golpeado por un automóvil.	40
Figura 33. Embolia pulmonar letal de la arteria pulmonar en la víctima de una herida de proyectil en la cabeza.	42
Figura 34. Manejo aéreo superior y características sinusales.	51
Figura 35. Aspiración de sedimentos en ahogamiento.	51
Figura 36. Hallazgos en un sujeto que se ahoga con una composición separada.	52
Figura 37. Reconstrucciones axiales por MIP.	53
Figura 38. Tecnología de representación de los volúmenes de un	53

cráneo con traumatismo de proyectil

Figura 39. Reconstrucción por medio de la técnica de representación de volumen del cráneo	53
Figura 40. Apariencia taxonómica después de una larga inmersión en agua, con cambios en la adiposidad.	53
Figura 41. Enfisema acuoso.	54
Figura 42. Signos vitales en un caso de suicidio por ahorcamiento.	55
Figura 43. Biopsia guiada por imágenes postmortem.	55
Figura 44. Micro-TC forense en un caso de lesión de fuerza aguda.	56
Figura 45. Fusión de datos de superficie 3D con datos de volumen corporal transversales.	56
Figura 46. Virtobot.	57
Figura 47. Reconstrucción Volume-Rendering de una lesión por arma blanca a nivel abdominal.	57
Figura 48. Corte axial a nivel abdominal.	58
Figura 49. TC craneal en donde se visualizan pequeños fragmentos metálicos.	58
Figura 50. Reconstrucción Volume-rendering en donde se visualiza trayecto de proyectil de arma de fuego.	59
Figura 51. TC a nivel de órbita en donde se visualiza alteración en la morfología y contenido del globo ocular derecho en relación a traumatismo con estallamiento.	59
Figura 52. Enfisema subcutáneo en individuo lesionado por arma blanca a nivel cervical posterior.	60
Figura 53. Laceración hepática en radiología premortem y en post-mortem.	60
Figura 54. Reconstrucción Volume-rendering de fractura pélvica a consecuencia de un accidente de tránsito vehicular.	61

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Tema:

Autopsia Virtual y Medicina Forense.

2. Título:

Análisis de la Autopsia Virtual en la práctica médica forense: avances tecnológicos y sus implicancias bioéticas.

3. Problema:

Las nuevas tecnologías generan cambios en las conductas médicas, tanto diagnósticas como terapéuticas con resultados discutibles. Por otro lado, se plantean nuevos problemas bioéticos, cuya discusión es siempre con retardo. El desarrollo tecnológico constituye una actividad humana compleja, la cual debe entenderse en contexto, es decir, determinada en un ambiente socio-político. Su crecimiento actual podemos definirlo como vertiginoso, lo que trae aparejado problemáticas consecuencias sociales sobre las que se debe reflexionar.

La práctica médica forense no queda exenta de estas nuevas tecnologías. En los últimos años se ha avanzado notablemente en el uso de la llamada Autopsia Virtual. Esta práctica comienza a conocerse en el mundo y su difusión aún no es amplia. En Argentina su utilización es escasa y hay muy pocas referencias bibliográficas concernientes a su uso, beneficios y consecuencias jurídicas y bioéticas¹

Debido a esto es que nos planteamos:

¿Cuál es la realidad de la práctica médica forense actual y cuáles son los beneficios y consecuencias que trae aparejada la modalidad virtual?

4. Objetivos:

4.1. Objetivo General:

- i. Analizar el uso de la Autopsia Virtual en la práctica médica forense como técnica complementaria a la misma.

4.2. Objetivos Específicos:

- i. Describir las modalidades de autopsias forenses utilizadas en la actualidad.
- ii. Describir la modalidad virtual de la autopsia.

- iii. Identificar los beneficios y limitaciones de la modalidad virtual
- iv. Analizar los aspectos bioéticos y las responsabilidades profesionales frente al uso de las nuevas tecnologías como lo es la Autopsia Virtual.

5. Marco metodológico

5.1. Tipo de estudio:

La presente investigación es de tipo cualitativo, descriptiva basada en revisión bibliográfica del tema propuesto y la experiencia de los profesionales en torno a la misma expresada en las investigaciones analizadas

5.2. Fuentes utilizadas:

Las fuentes son secundarias incluidas fueron trabajos originales, revisiones sistemáticas, meta-análisis, tanto en idioma inglés como en español, publicados en papel o digital.

5.3. Técnicas de recolección de la información:

Búsqueda de investigaciones ya realizadas y publicadas en revistas digitales científicas. Se utilizaron las siguientes palabras claves: "autopsia forense", "autopsia virtual", "virtuopsia". Se exploraron las siguientes bases de datos:

Biblioteca Virtual en Salud: <http://www.bvs.org.ar/php/index.php>

Free Books for Doctors: <http://www.freebooks4doctors.com/f.php?f=es>

Free Medical Journals: <http://www.freemedicaljournals.com/>

LILACS: <http://lilacs.bvsalud.org/es/>

PubMed: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

Scielo: <http://www.scielo.org/php/index.php?lang=es>

5.4. Técnicas de Análisis de la información:

Se realizó un análisis cualitativo de datos obtenidos a la luz de la hipótesis planteada. Se obtuvieron 50 artículos y se seleccionaron 30 por su relevancia.

6. Hipótesis:

La autopsia virtual complementa a la modalidad tradicional otorgando mayores beneficios en la práctica médica forense.

7. Estado del Arte:

De acuerdo a Vargas² existe una tendencia en los países desarrollados a practicar cada vez menos autopsias hospitalarias³. Finkbeiner, Ursell y Davis³ indican que ésta disminución por paciente fallecido es de un 50% en 1950 a menos de un 5% en el año 2009. Otros estudios como el de Hooper y Geller⁴ Sinard y Blood⁵ y Shojania et al.⁶ muestran la misma tendencia. En contraposición, las autopsias médico legales han aumentado significativamente y están relacionadas al incremento de la criminalidad. Pese a ello la labor del médico forense se ve limitada por diversos factores como son la falta de infraestructura, las disposiciones legales y la burocracia entre otros.

La autopsia forense es, desde su conceptualización hasta la práctica, un procedimiento invasivo a través del que se busca obtener información para determinar la causa de fallecimiento⁷.

En los últimos años, para mejorar la calidad de las autopsias, el manejo temporal de las mismas y en algunos casos disminuir la invasividad, algunos países están optando por la modalidad de la autopsia virtual⁸.

La Tomografía Computacional Multidetector (TCMD) es una técnica que ha comenzado a usarse en Medicina Forense, aunque su utilización aún no se haya ampliamente difundida⁷.

Las investigaciones con respecto a la autopsia virtual (Tabla 1) señalan entre los beneficios la obtención de información que con la modalidad tradicional pasaría desapercibida^{7,9,10,11} En las autopsias fetales presenta mucha más aceptación que la tradicional¹².

Autor/es, Lugar y Año	Nombre Investigación	Resumen
Aghayev, E.; Sonnenschein, M.; Jackowski, C.; Thali, M.; Buck, U.; Yen, K.; Bolliger, S.; Dirnhofer, R.; Vock, P. ¹³ Berna, Suiza. 2006.	Postmortem Radiology of Fatal Hemorrhage: Measurements of Cross-Sectional Areas of Major Blood Vessels and Volumes of Aorta and Spleen on MDCT and Volumes of Heart Chambers on MRI.	Se propuso como objetivo poder determinar por medio de la autopsia la hemorragia como causa de muerte. No se ha desarrollado ningún sistema cuantitativo para medir con exactitud el volumen sanguíneo en un cadáver. Describen la medición y evaluación de las áreas transversales de los principales vasos sanguíneos, del diámetro de la arteria pulmonar derecha, de los volúmenes de la aorta torácica y del bazo en la TCMD y de los volúmenes de las cámaras cardíacas en la Resonancia Magnética (RM) en 65 autopsias-casos verificados de hemorragia fatal o ausencia de hemorragia fatal. Entre los resultados obtenidos podemos señalar que en la mayoría de los casos con causa de muerte "hemorragia fatal" presentaron vasos colapsados. Frente a esto señalan que para poder diferenciar cuantitativamente la hemorragia fatal de otras causas de muerte, encuentran útil proponer un algoritmo de tres pasos con medidas del diámetro de la arteria pulmonar derecha, del área transversal de la arteria pulmonar principal y del volumen de la aurícula derecha (con una especificidad de un 100% y con una sensibilidad de 95%).
Levy, AD; Harcke, HT; Getz, JM; Mallak, CT; Caruso, JL; Pearse L; Frazier, AA; Galvin, JR. ¹¹ E.E.U.U. 2007.	Virtual Autopsy: two-and three-dimensional Multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison.	La determinación retrospectiva de la autopsia virtual por medio de la Tomografía Computada Multidetector (MDCT) para encontrar la causa de muerte por ahogamiento en comparación a los hallazgos de la autopsia convencional. Se encontraron por medio del MDCT fluido y sedimentos en las vías respiratorias lo que es sugestivo de ahogamiento.
Dirnhofer, R; Jackowski, C.; Vock, P.; Potter, K.; Thali, M. ⁸ Berna, Suiza. 2006.	VIRTOPSY: Minimally Invasive, Imaging guided Virtual Autops.	Las técnicas de imagen transversal pueden complementar e incluso reemplazar parcialmente la autopsia tradicional. La tomografía computada (TC) es la modalidad de imagen de elección para la documentación bidimensional y tridimensional y el análisis de hallazgos de autopsias, incluyendo sistemas de fractura, colecciones de gases patológicos y lesión macroscópica del tejido fino. Varias técnicas de postprocesamiento pueden proporcionar pruebas forenses sólidas para su uso en procedimientos legales. La resonancia magnética (RM) ha tenido un

		mayor impacto en la demostración de lesión de tejidos blandos, trauma de órganos y condiciones no traumáticas. La documentación y el análisis de los hallazgos post mortem con técnicas de TC y RM y de postprocesamiento "virtuopsia" no depende del investigador, son objetivas y no invasivas, y su uso conducirá a mejoras cualitativas en la investigación forense patológica. Las aplicaciones futuras de este enfoque incluyen la evaluación de la morbilidad y la mortalidad en la población general y, quizás, el rastreo rutinario de los cuerpos antes del entierro.
do Rosário Junio, A.; Couto Souza, P.; Coudyzer, W.; Thevissen, P.; Willems, G.; Jacobs, R.¹⁴ Leuven, Belgica y Curitiba, Brasil. 2012.	Virtual autopsy in forensic sciences and its applications in the forensic odontology.	La Autopsia Virtual aparece como una herramienta útil y complementaria para el examen dental y médico del cadáver. Utilizando enfoques radiológicos de alta tecnología, la Autopsia Virtual puede proporcionar, a través de imágenes, una visión eficiente y más precisa del caso individual. Esta revisión crítica pretende actualizar a los profesionales dentales que presentan el primer documento nacional con explicaciones sobre la autopsia virtual.
Rüegger, C.; Bartsch, C.; Martinez, M.; Ross, S.; Bolliger, S.; Koller, B.; Held, L.; Bruder, E.; Bode, P.; Caduff, R.; Frey, B.; Schäffer, L.; Bucher, H.¹⁵ Zurich, Suiza. 2014.	Minimal Invasive, imaging guided virtual autopsy compared to conventional autopsy in fetal, newborn and infant cases: study protocol for the paediatric virtual autopsy trial.	La RM post-mortem es una alternativa prometedora a la autopsia convencional en la investigación sobre la muerte infantil. Un inconveniente importante de este enfoque de autopsia no invasiva es el hecho de que el examen histopatológico y microbiológico del tejido no es posible. El objetivo de este estudio prospectivo es comparar el desempeño de la autopsia virtual mínimamente invasiva, la que incluye a la biopsia guiada por TC con los procedimientos convencionales de autopsia.
Levy, AD; Abbott, RM; Mallak, CT; Getz, JM; Harcke, HT; Champion, H; Pearse, LA.¹⁰ E.E.U.U. 2006.	Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims.	Uso de la Autopsia Virtual por medio de la Tomografía Computada Multidetector para la evaluación forense de víctimas por armas de fuego. La MDCT puede ayudar a la práctica forense de heridas letales y la ubicación de fragmentos metálicos.
Ross, SG; Thali, MJ; Bolliger, S; Germerott, T;	Sudden death after chest pain: feasibility of virtual autopsy with	Determinar el potencial de Angiografía Postmortem Mínimamente Invasiva combinada con Biopsia de Tejido Guiada por Imagen de miocardio y pulmones y comparar

Ruder, T; Flach, P. ⁹ Berna, Suiza. 2012.	postmortem CT angiography and biopsy.	este método con la autopsia convencional como patrón de referencia. Se encontró que la angiografía por TC post mortem combinada con biopsia guiada por imágenes, debido a su naturaleza mínimamente invasiva, tiene un papel potencial en la detección de la causa de muerte después de un dolor agudo en el pecho.
Zarco Contreras, FX; Grossi, S; Lugo Pérez, AE; Soto Flores, VH; IsernKebschull, J; Milla Rallo, L. ⁷ España. 2012.	Autopsia virtual vs autopsia tradicional: utilidad de la tomografía multicorte en la Medicina Forense.	La medicina forense se auxilia en pruebas de imágenes para complementar la investigación. Poco a poco se ha empezado a utilizar la TC Multidetector aunque de forma no rutinaria. Ésta técnica se presenta como una técnica útil que aporta información complementaria que pasa desapercibida con el método tradicional.
Cannie, M; Votino, C; Moerman, PH; Vanheste, R; Segers, V; Van Berkel, K; Hanssens, M; Kang, X; Cos, T; Kir, M; Balepa, L; Divano, L; Foulon, W; De Mey, J; Janis, J. ¹² Bélgica. 2012.	Acceptance, reliability and confidence of diagnosis of fetal and neonatal virtuopsy compared with conventional autopsy: a prospective study.	La virtuopsia por RM es aceptada por casi todas las madres, mientras que la autopsia convencional es aceptada por aproximadamente dos tercios de las madres, en quienes el rechazo depende principalmente de factores sobre los cuales no tenemos control. Aunque la autopsia convencional sigue siendo la usada como principal fuente de evaluación de los cadáveres, la alta aceptación de la virtuopsia hace que sea una alternativa aceptable cuando se rechaza la primera.

Tabla 1 Estado de Arte

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Entendemos por Autopsia al procedimiento médico en un cadáver, para poder determinar la causa y el mecanismo de muerte. Por ello, podemos distinguir dos tipos de autopsias que se dan en la práctica médica habitual, la Autopsia Hospitalaria, Clínica o Académica, y la Autopsia Médico Legal, Judicial o Forense¹⁶.

1. Autopsia Forense.

La Autopsia Forense es la especialidad médica que utiliza los conocimientos jurídicos, médicos, éticos y administrativos, para perfeccionar y mejorar la práctica del Derecho⁷. Se realiza por disposición de un magistrado por parte de un médico oficialmente designado y especialista, cuyo objetivo es definir la causa y mecanismo de muerte en contexto violento, cuando la causa no sea clara, se denuncie mala praxis o se sospeche criminalidad^{16,17}.

Entre las características que presenta la Autopsia Forense podemos señalar:

- se realiza en todos los casos siguientes: muerte en contexto violento (homicidio o sospecha de homicidio, suicidio o sospecha de suicidio), sin causa de muerte clara (Muerte Súbita Inesperada, Síndrome de Muerte Súbita del Lactante, cuerpos no identificados o restos óseos, accidentes de circulación, laborales o domésticos, enfermedad profesional, desastres tecnológicos y naturales), hay denuncia de supuesta mala praxis o hay sospechas de criminalidad en la causa de muerte (muertes durante detenciones o muertes asociadas a actividades policiales o militares, violación de los derechos humanos, sospecha de tortura o cualquier otra forma de maltrato),
- no requiere autorización de la familia para realizarla,
- la técnica a usar para cumplir con los objetivos que la definen se caracteriza por ser completa, metódica e ilustrada. Por *completa* entendemos que, aunque se halle clarificada la causa de muerte, debe realizarse un examen total del cadáver, con el fin de encontrar lesiones que puedan ser transcendentales en la confección del informe, aunque puedan no relacionarse con la causa señalada. Por *metódica* circunscribimos a que el procedimiento adoptado por ordenamiento legal debe ser realizado en todos los cadáveres todas las veces, a fin de configurar el Protocolo. Por *ilustrativa* hacemos mención, cuando sea posible, el adjuntar el Protocolo todos aquellos elementos gráficos que puedan ser de interés para el Tribunal¹⁶.

El Protocolo de Autopsia se basa en los requerimientos de una pericia médico legal. En la elaboración del Protocolo de Autopsia deben quedar consignados los datos

o antecedentes. Además es necesario señalar la información obtenida del examen externo e interno, es decir toda aquella información relevada desde los signos relativos a la identificación del cadáver, a la data de muerte y a la causa de muerte; además de la toma de muestras necesarias que se analizarán con las técnicas complementarias, tanto histológicas como toxicológicas⁷, y de esta forma poder finalmente elaborar el Certificado de Defunción, es decir, informar las conclusiones derivadas de los hallazgos y consideraciones previas sobre la causa de muerte¹⁶.

La Morgue Judicial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires sigue los siguientes pasos a la hora de realizar una Autopsia Medico-Legal:

- i. Examen Externo del Cadáver
- ii. Apertura del Cadáver y Examen Interno
- iii. Exámenes Complementarios
 - a. Estudio Histopatológico
 - b. Laboratorio Bioquímico
 - c. Laboratorio Toxicológico
 - d. Examen Odontológico
 - e. Fotografías y Video Filmación
 - f. Estudio Entomológico
 - g. Estudio Genético
- iv. Informe de la Autopsia

Es necesario entender que en la presente investigación se plantea un uso complementario de la Autopsia Virtual, debido a que la definición misma de la Autopsia Forense contextualiza las funciones y los objetivos de ella, es decir, que la Autopsia Virtual no sirve para investigar todos los componentes expuestos anteriormente. La Autopsia Forense para cumplir con su objetivo debe no sólo determinar la causa sino también la etiología médico legal de la muerte y poder esclarecer las circunstancias que la produjeron. Por ello el análisis del contexto dónde ocurrió y poder reconstruir los eventos antes, durante y posteriores a la muerte son de gran importancia para correlacionar los datos y poder realizar el Informe de la Autopsia⁷, posteriormente.

La Autopsia Forense tiene como objetivo poder correlacionar los datos de la investigación con el cuadro clínico que llevó al fallecimiento, determinar causa de muerte, conocer la forma de la misma, poder establecer el cronotanatodiagnóstico, poder informar la cronología de las lesiones, identificar cadáveres y poder describir la trayectoria de lesiones. Por ello la utilidad de la misma tiene incumbencias en lo legal, lo estadístico, lo epidemiológico y lo preventivo⁷.

Es preciso señalar qué datos y en qué momento se los recoge para poder paulatinamente contextualizar el momento de utilizar las técnicas de imágenes (Autopsia Virtual). Los principales datos que se puede recoger del Examen Externo del Cadáver pueden ser clasificados según:

- I. Signos relacionados a la identificación del cadáver: edad aparente, talla, constitución corporal, sexo, raza, color y forma del cabello, tatuajes, cicatrices, deformidades, amputaciones, color del iris, peculiaridades de la dentadura.
- II. Signos relacionados a la data de muerte: fenómenos cadavéricos y estudios de las larvas.
- III. Signos relacionados a la causa de muerte: lesiones, naturaleza de las lesiones, región anatómica, ubicación, número, dimensiones, trayectoria y forma.

2. Autopsia Virtual.

Zarco et al.⁷ señala que sólo cuatro centros para el año 2012 habían comenzado a usar cotidianamente la modalidad Virtual a la hora de realizar autopsias:

- I. Instituto Forense de Medicina y Radiología Diagnóstica, Universidad de Berna, Suiza.
- II. Instituto de Fuerzas Armadas, Washington D.C., E.E.U.U.
- III. Instituto de Medicina Forense, Copenhagen, Dinamarca
- IV. Instituto Victoriano de Patología, Sydney, Australia.

Hay consideraciones técnicas a la hora de realizar una Autopsia Virtual por medio de la TC y la Radiología Forense, entre las que se pueden mencionar el estudio desde la calota hasta las extremidades inferiores. Esto se realiza por ser más ilustrativas para personas ajenas a la profesión médica con un grosor de 0.62-1.5 mm, pitch de 0.5 y 120 kv. Otros protocolos usan contrastes endovenosos para apreciar posibles lesiones vasculares.

Los campos de acción quedan divididos en cinco grupos de interés:

- I. Identificación Forense: sexo, morfotipo y características individuales.
- II. Documentación: cuerpos extraños, proyectiles, drogas, materiales quirúrgicos olvidados, vitalidad de las lesiones.
- III. Reconstrucción Forense.
- IV. Educación Médica.

V. Investigación.

La velocidad con que se llega a una identificación positiva con éstas técnicas ha mostrado ser muy útil en el caso de muertes masivas. Otra ventaja es la capacidad de detección de cuerpos extraños, hallazgos óseos que pueden ser correlacionados con la historia clínica o quirúrgica. A nivel craneocefálico, la precisión con que se llega determinar lesiones, lugar y repercusiones de las mismas supera con creces las técnicas de la autopsia convencional, ya que, al realizarse, se libera la presión craneal por la apertura de la cavidad.

3. Métodos Complementarios de Imágenes.

Zarco et al.⁷ al definir la autopsia forense, señala que ésta, como toda especialidad médica, se apoya en pruebas de diagnóstico de imágenes para complementar la investigación forense.

Aunque el uso de la TCMD no es practicado de forma rutinaria y las investigaciones y literatura sobre su uso es escasa, se ha empezado a describir la utilidad de la técnica que aporta información sumamente importante a la autopsia realizada de forma convencional, dando datos que, sin su uso, hubiesen pasado desapercibidos⁷.

Debido a que en Argentina, el uso de la Autopsia Virtual, no se ha implementado, se hace necesario buscar la implementación de la misma en otros contextos. En México, por ejemplo, la legislación que regula la práctica médica forense (A/022/89) establece que, si se puede demostrar por otros medios no invasivos la causa de muerte, puede eximirse de la autopsia convencional. Acá entra en juego la complementariedad de las técnicas de imágenes a la modalidad convencional⁷.

Dentro de los procedimientos de imágenes podemos mencionar la Radiología Forense y la TC

3.1. Radiología Convencional Forense.

La radiología forense es la rama de la medicina que relaciona la radiología con el derecho, y está íntimamente conectada con la antropología. Es muy importante el aporte y el valor documental de las radiografías como prueba objetiva y atemporal al

momento de realizar la autopsia, las aplicaciones de la radiología adquieren una gran importancia a la hora esclarecer delitos.

Podemos mencionar la documentación de lesiones en accidentes de tránsito, el estudio de muertes por accidentes aéreos y desastres, verificación de la autenticidad de la evidencia física, estudio de muertes asociadas a heridas por proyectiles de arma de fuego, necropsias médico-legales en muertes por asfixias mecánicas, lesiones personales, diagnóstico del maltrato infantil, identificación de cadáveres, examen en muertes fetales, determinación de edad, examen de restos óseos y necropsia virtual como las posibles aplicaciones de la misma¹⁸.

Existe información del uso de la Radiología Forense como técnica complementaria desde fines del siglo XIX⁷, en los E.E.U.U., en un caso para demostrar la presencia de un proyectil por arma de fuego, donde se demostró gracias a la misma, la presencia del artefacto metálico entre la tibia y el peroné, dando una sentencia de 14 años para el acusado.

Radiología convencional en la práctica forense:

- Radiología aplicada en la identificación particular, sexo, edad (figura 1) (figura2) (figura3)
- Radiología aplicada en el maltrato infantil (figura 4)
- Radiología aplicada en la balística (figura5) (figura 6)
- Radiología en el estudio de muertes asociadas a asfixia mecánica (figura 7)
- Radiología aplicada en el estudio de muertes perinatal (Figura 8)
- Radiología aplicada en la Antropología Forense (figura 9)
- Radiología aplicada en muertes por accidentes de tránsito (figura 10)
- Radiología aplicada en Casos de Narcotráfico por medio de "mulas": identificación de imágenes radiopacas en vías digestivas (Figura 11),

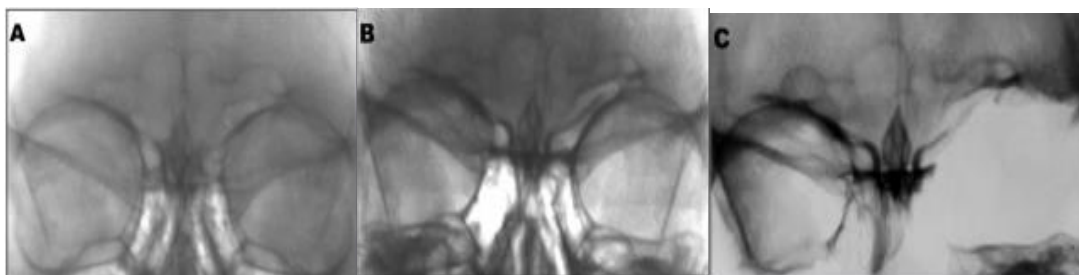


Figura 1 Radiografía de senos frontales de la víctima cuando estaba viva en 1989 (1A) y 1993 (1B), y post-mortem en 2006(1C)²⁰. Para la identificación es necesario un proceso de comparación. Por lo que se compara la información obtenida del cadáver con información previa²⁰



Figura 2 Radiografía de rodilla izquierda, con colocación de endoprótesis¹⁸

Al momento de la identificación son útiles "señales particulares" por ejemplo, la presencia de prótesis ortopédicas o material de osteosíntesis.



Figura 3. Radiografía del 3er molar, se determinó una edad aproximada de 18 años (debido a la erupción casi completa con cierre de sus ápices) en un acusado de delito que refería tener 17 años y se encontraba indocumentado¹⁸



Figura 4 Fractura helicoidal en lactante de 33 días, víctima de trauma por torsión¹⁸. (maltrato infantil)

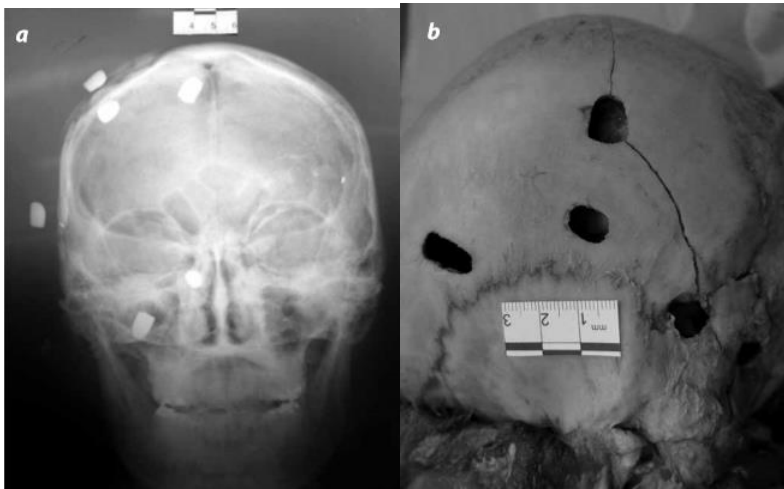


Figura 5 Figura a) Radiografía en la que se aprecian un número mínimo de proyectiles de 6 mm en cráneo. Figura b) Durante el procedimiento de autopsia se documentan las lesiones producidas por estos¹⁸

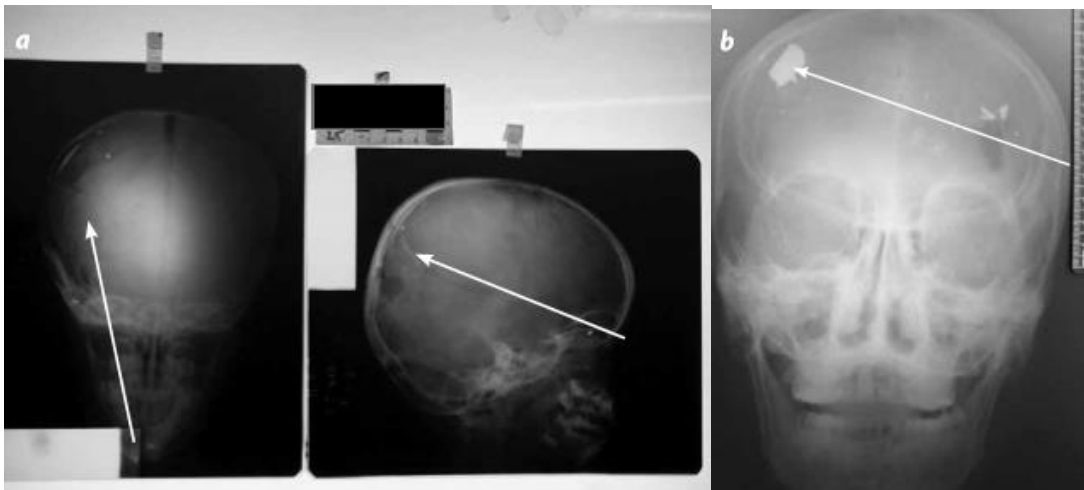


Figura 6 a y b). Documentación radiológica de la trayectoria de unas esquirlas metálicas y las lesiones que estas producen¹⁸

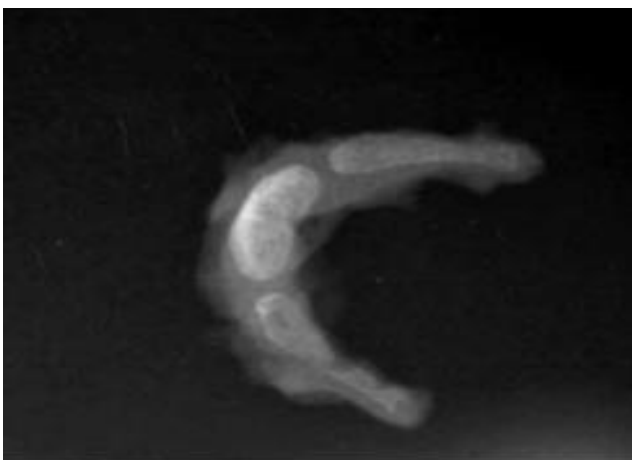


Figura 7. Radiografía del hueso hioides de una mujer, que fue encontrada en suspensión incompleta en un motel.

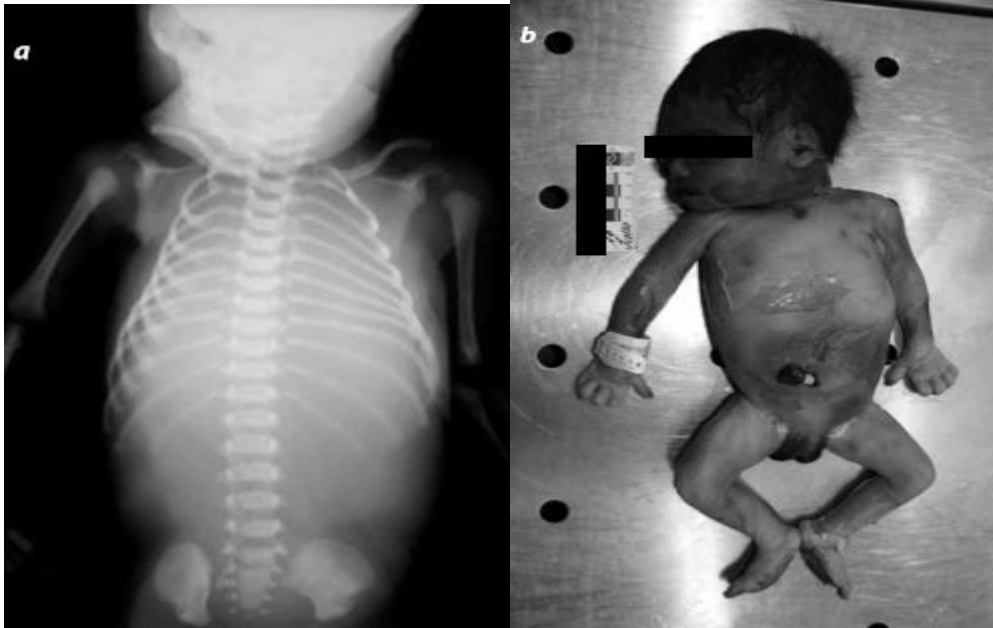


Figura 8. Radiografía del cadáver de un niño con muerte intrauterina. Se observa la opacidad de ambos campos pulmonares. En el examen externo del cadáver se observan signos de maceración que confirman la muerte in útero¹⁸

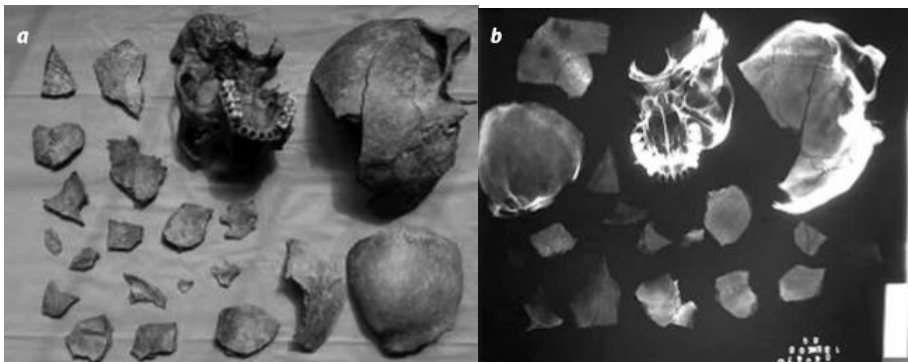


Figura 9. Estudio antropológico : a) inventario de piezas óseas sometidas para estudio b) Toma de radiografía de fragmentos óseos exhumados en una zona de conflicto armado.

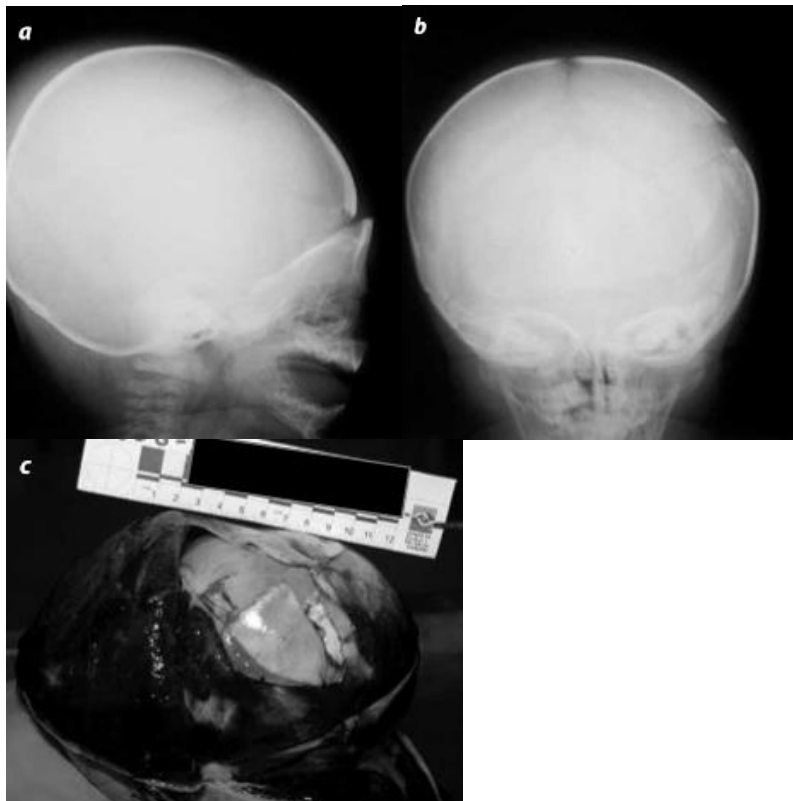


Figura 10. Radiografías del cráneo del cadáver perteneciente a un lactante de 6 meses que se trasladaba en un autobús sobre los brazos de su madre al momento de colisionar con otro vehículo. El menor fue eyectado hacia el frente del autobús y sufrió un trauma craneoencefálico que le causó la muerte. En la disección del cráneo del cadáver se observa la fractura conminuta en la región frontoparietal izquierda, con un extenso hematoma.



Figura 11 Radiografía de abdomen de una "mula" donde se aprecian imágenes radiopacas en el tracto gastrointestinal, lo que corresponde a dedos de guante con cocaína.

3.2. Tomografía Computada.

La tomografía computada (TC), creada por Sir Godfrey Hounsfield en 1972, ha tenido una evolución y un empleo prácticamente ilimitado. Los tomógrafos computados de primera generación adquirirían una sola imagen por cada apnea inspiratoria y realizaban estudios en el plano axial. En el año 1989 surge la tomografía computada helicoidal o espiralada. Esta consigue la adquisición continua y volumétrica de las imágenes en una sola inspiración, mediante el desplazamiento constante y sincrónico entre la camilla, el tubo de rayos X y una fila de detectores que giran permanentemente alrededor del paciente. La tomografía computada multidetector, también llamada multicorte o multislice (TCMS), corresponde al último desarrollo en la generación de tomógrafos. Con los avances tecnológicos en el año 2003 los tomógrafos alcanzan las 40 filas de detectores y en el 2004 surgen los de 64 filas de detectores (TCMS 64). El mayor número de filas de detectores implica numerosas ventajas¹⁹, de las cuales podemos destacar:

- 1.- Aumento significativo en la rapidez de los exámenes lo que permite una evaluación de cuerpo entero (desde la convexidad del cerebro hasta los pies) en aproximadamente 25 segundos para un TCMS 64.
2. Cortes más finos y de mejor resolución; por ende, aumenta el poder de detección de lesiones pequeñas.
3. Realización de reconstrucciones multiplanares isotrópicas en diferentes planos. Esto significa que se obtienen imágenes en los planos coronal y sagital.
4. Pueden obtenerse reconstrucciones volumétricas, lo cual facilita la comprensión espacial de la patología.

Existen varias técnicas (p. ej.: MIP o máxima intensidad de proyección y MiniMIP o mínima intensidad de proyección; representación de volumen o volume rendering y representación de superficie o surface rendering) que el radiólogo utiliza para destacar los elementos anatómicos o patológicos que se desea evaluar.

5. La aparición de la TCMS también contribuyó al desarrollo y la incorporación de otras tecnologías en Diagnóstico por Imágenes, como la del sistema electrónico de comunicación y archivo de imágenes (PACS, siglas en inglés de picture archiving and communication system). Esto es fundamental para reemplazar la impresión gráfica clásica de películas radiográficas, ya que el número de imágenes adquiridas durante un solo estudio oscila entre 300 y 2000 por paciente.²⁰

6.- las imágenes adquiridas se reconstruyen en una workstation específica, donde se obtienen imágenes volumétricas en planos coronal, sagital y oblicuos, con ventanas específicas para evaluar parénquima, plano óseo etc. De acuerdo a la zona que se estudie ²⁰.

Tomografía computada aplicada en medicina forense

El uso de la tomografía computada en medicina forense, fue desarrollada por primera vez en el año 2000 por Richard Dirnhofer, Director del Centro Médico Universitario de Berna, Suiza; con la hipótesis que esta técnica de imágenes podría generar hallazgos en autopsias brindando información adicional.²¹

Thomas Rydell, director del Estudio del Instituto Interactivo Sueco, es el responsable de la creación de una mesa de autopsia virtual. Se trata esencialmente de una tabla gigante que transforma los datos de los escaneos en una imagen 3 -D animada donde los médicos pueden "disecar" capa por capa (sustracción digital) tales como piel y músculo, o el tejido y sistemas circulatorios, enfoque adentro y hacia fuera y corte a través de las diferentes secciones como si su dedo se convirtiera en un cuchillo virtual ^{20,21}. (Figura 12)



Figura 12: Mesa de trabajo 3D de autopsia virtual²¹

La Virtuopsia o autopsia virtual incluye el uso de la:

- Fotogrametría: La fotogrametría digital y el escaneo de superficie en 3D, se utilizan para la documentación de los hallazgos externos y de lesiones infligidas por instrumentos²².
- Emplea un software informático que permite procesar y modificar las imágenes obtenidas, es decir, que las imágenes pueden ser giradas, realizadas, amplificadas, medidas y convertidas en un modelo tridimensional, el que a su vez también puede ser manipulado: ampliado, rotado, para observarlo desde diferentes ángulos o perspectivas.²³

La obtención de estas imágenes resulta útil para documentar, analizar e interpretar científicamente los hallazgos médicos. El post-procesamiento de las imágenes puede proporcionar una visualización útil para presentar como prueba judicial en la corte de una manera suficientemente comprensible como para su presentación judicial (jueces, abogados etc.)

Los usos en la autopsia virtual del TCMD pueden ser para identificación forense (sexo, morfotipo y características individuales), determinar la causa de muerte (cuerpos extraños, proyectiles, drogas, materiales quirúrgicos olvidados, vitalidad de las lesiones) y reconstrucción forense (Figura 13).

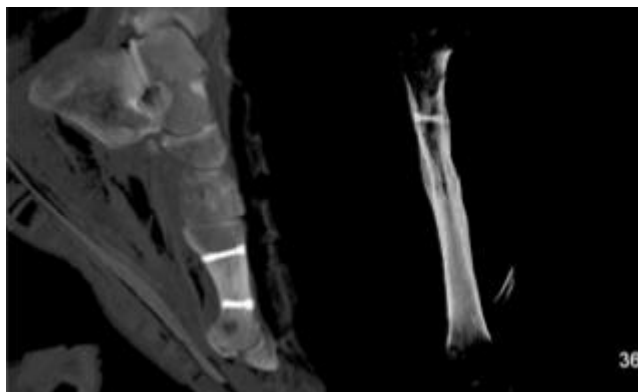


Figura 13. Material quirúrgico en cuerpos no identificados. (Imagen izquierda) reconstrucción por proyección de intensidad máxima (MIP) del primer metatarsiano izquierdo mostrando dos tornillos quirúrgicos, con evidencia de osteotomía de la cabeza del metatarsiano. (Imagen derecha) reconstrucción por MIP de un fémur derecho (restos esqueléticos) con un tornillo quirúrgico en la diáfisis femoral superior²⁷.

Harcke et al. señalan que las imágenes del MDCT en la autopsia forense tienen el potencial de mejorar la investigación forense y la autopsia convencional, ya que la MDCT puede guiar, dirigir o limitar la autopsia forense en casos de lesión por proyectil sin la necesidad de realizar una autopsia completa invasiva²⁴.

3.2.1. Identificación Forense:

Determinación del sexo (Figura 14), edad e identificación de señales particulares: la TC en odontología (Figura 14) es usada mediante cortes axiales e imágenes reconstruidas en 2D-CT y 3D-CT (Figura 15). Existen estudios dónde gracias a la aplicación de ésta técnica se ha podido identificar los cadáveres ²⁵. La identificación por medio de imágenes 3D-TC se puede realizar por medio de los patrones craneométricos²⁰(Figura 16). Diversos autores señalan la falta de estudios sobre la exactitud diagnóstica de la TC dental post-mortem (PMCT)²⁶. Sin embargo, aunque la identificación en desastres con un gran número de víctimas, el registro dental visual es el estándar de oro, la utilización de PMCT sólo debe realizarse en la identificación de casos individuales, esto debido a la tasa de error relativamente alto²⁶.

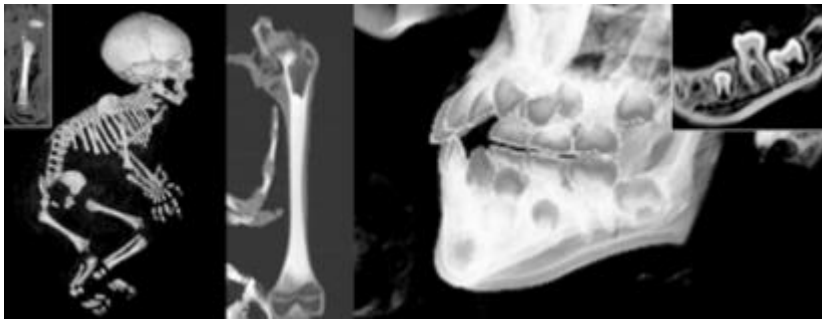


Figura 14. Evaluación de la edad en jóvenes. (Imagen izquierda) Reconstrucción esquelética en un caso de infanticidio, con descubrimiento tardío del cuerpo (3 semanas) [imagen superior izquierda: reconstrucción por medio de MIP lo que permite medir la diáfisis femoral izquierda]. (Imagen central) reconstrucciones por MIP del fémur izquierdo de un juvenil momificado, mostrando la ausencia de fusión epifisaria. (Imagen derecha) Reconstrucción por VRT de la mandíbula izquierda de un juvenil momificado (imagen superior derecha: reconstrucción multiplanar de la parte posterior de la mandíbula). La edad dental se puede estimar mediante análisis del desarrollo de la corona y el ápice²⁷.



Figura 15. Reconstrucciones dentales realizadas con fines de identificación. (Imagen izquierda) Reconstrucción panorámica de proyección de intensidad máxima. Los rellenos del conducto, las coronas metálicas, los puentes y los dientes que faltan pueden ser detectados en una sola reconstrucción. (Imagen derecha) Reconstrucción por la técnica de representación de volumen (VTR) de una mandíbula, con estructuras dentales coloreadas correspondientes a coronas metálicas ²⁷.

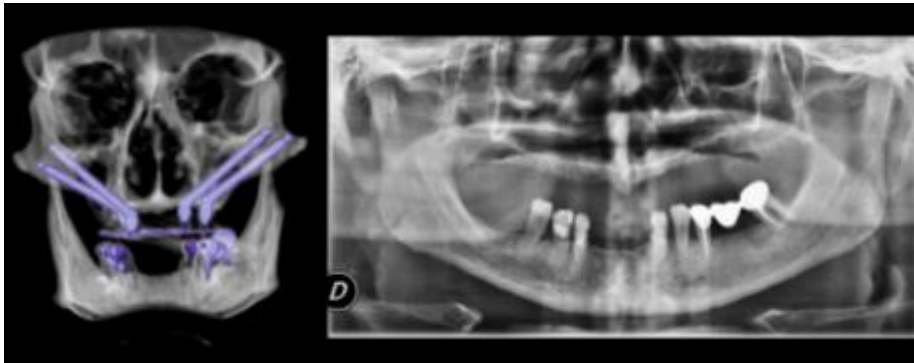


Figura 16. Identificación forense: Comparación de la reconstrucción volumétrica de cráneo con la ortopantomografía del mismo paciente⁷.

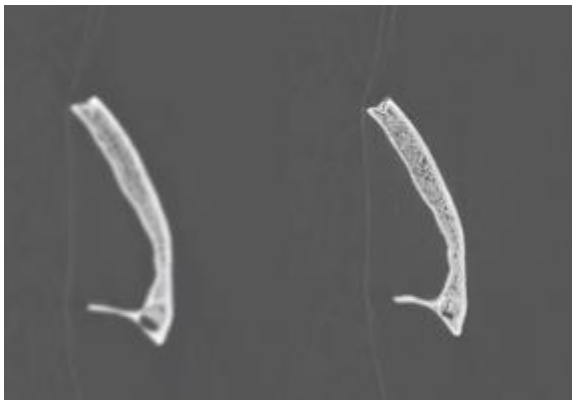


Figura 17 Reconstrucciones sagitales multiplanares de un hueso frontal fragmentario. (Imagen izquierda) Filtro de tejido blando (B30). (Imagen derecha) Filtro de hueso (H70). El hueso trabecular del diploe y el seno frontal, rellenos de sedimento, sólo pueden ser examinados con el filtro óseo dedicado ²⁷.

Riepert et al.²⁸ señalan que la utilización de programas informáticos que utiliza datos de TC y de radiología virtual permite obtener imágenes simuladas con diferentes angulaciones para poder observar señales particulares. Esta técnica permite no sólo usar la información de imágenes anteriores, sino también poder combinar diferentes imágenes obtenidas con diferentes técnicas y poder completar aquellos restos óseos faltantes, logrando así una mayor probabilidad de identificación cadavérica^{28,29}. Las imágenes simuladas obtenidas pueden ser analizadas en diferentes posiciones²⁸. Estos autores señalan que la comparación de las imágenes puede ser realizada objetivamente por medio del software, calculando la probabilidad de identidad incluso cuando las imágenes originales eran resultado de diferentes técnicas y condiciones²⁸.

La identificación por medio de la digitalización de imágenes anteriores y comparadas con las imágenes obtenidas post mortem han sido documentadas también por Silva et al.²⁵. Las imágenes digitalizadas se modifican ajustando el brillo y el contraste, de esta forma se permite una mejor observación de las características

particulares (Figura 28). Las imágenes de rayos X digitalizadas postero-anteriores del cráneo permiten la visualización de la morfología del área apoyando así los esfuerzos de identificación forense²⁵.

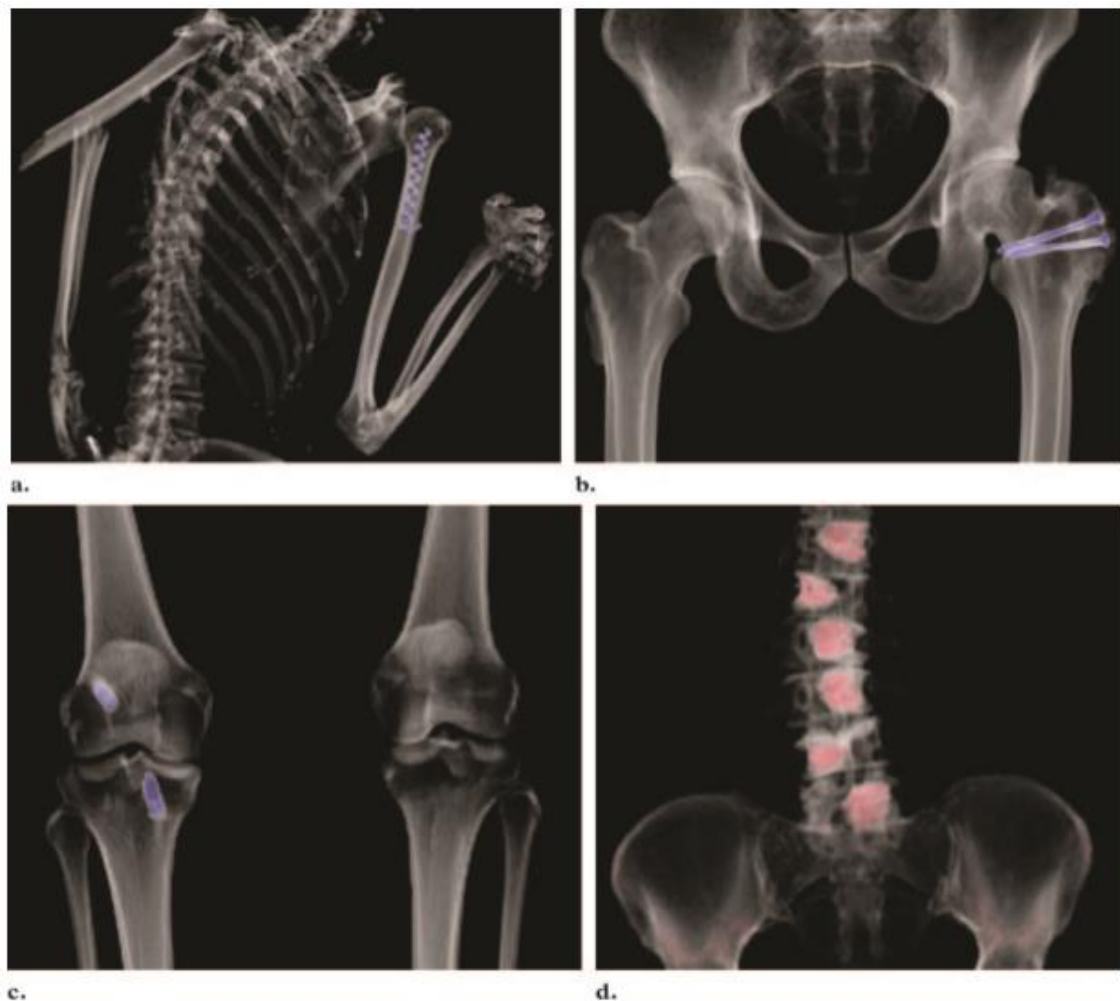


Figura 18. Identificación de cadáveres con TC en cuatro casos diferentes. (A) La imagen ósea de VR oblicua obtenida en un cadáver completamente quemado muestra un hilo helicoidal en el húmero izquierdo que representa una rara técnica de osteosíntesis humeral. (B) La vista anteroposterior de la pelvis muestra dos tornillos en el fémur izquierdo. (C) La vista anteroposterior de las rodillas muestra la sustitución del ligamento cruzado anterior derecho con tornillos en el fémur y la tibia. (D) La vista anteroposterior de la columna lumbar muestra vertebroplastia percutánea con cemento en los cuerpos vertebrales, un hallazgo que puede ser utilizado para la identificación. La autopsia forense rutinaria sería incapaz de demostrar los hallazgos en a-d⁸.

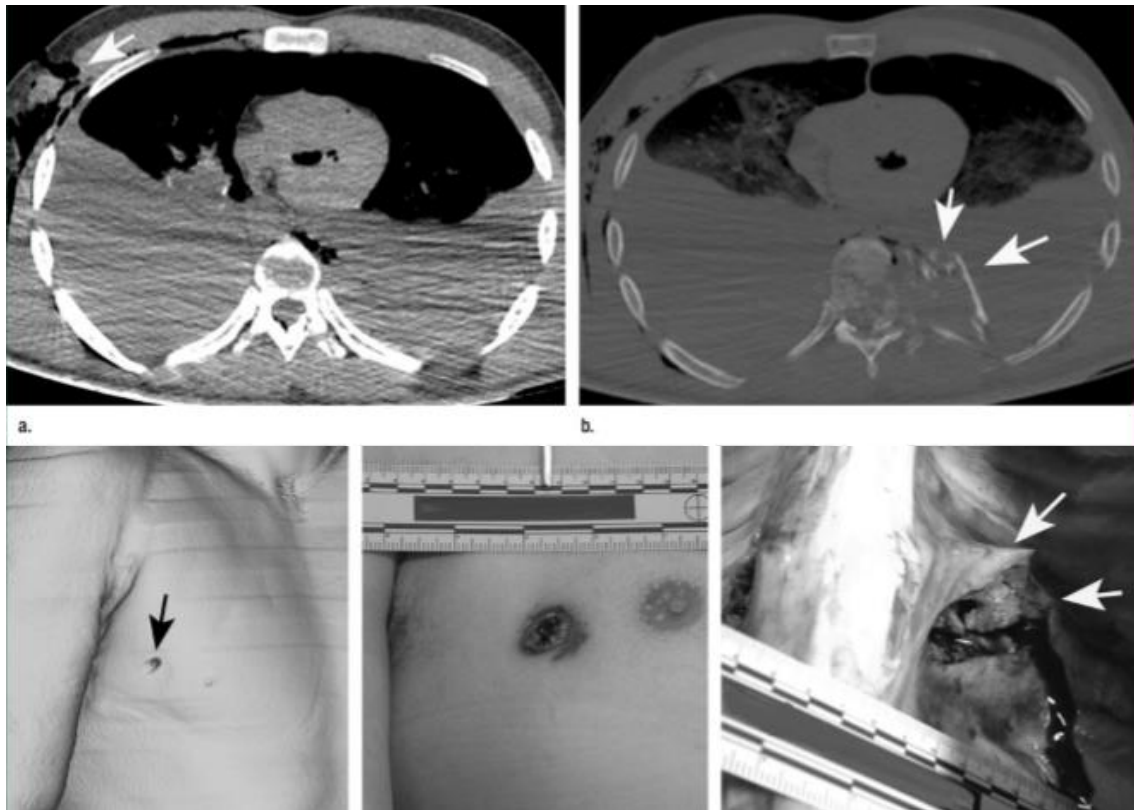
Lynnerup et al.³⁰ señala que la aplicación conjunta de la TC y la radiología, logra una mayor especificidad. Por este medio se ha podido determinar el sexo de un cadáver a través de la medición craneal del espesor del diploe. En varones el espesor es más grueso sólo en la región frontal. Además, señala que no hay correlación entre el espesor y otras características para la identificación, aparte del sexo.

3.2.2. Determinación de la causa de muerte:

Dirnhofer et al.⁸ señalan que la TC es la modalidad de imagen de elección cuando se quiere documentar 2D y 3D y a la hora de analizar los hallazgos de la autopsia forense (incluyendo sistemas de fractura, colecciones de gases patológicos como la embolia aérea, el enfisema subcutáneo tras traumatismo, el traumatismo hiperbárico o los efectos de descomposición). Además, añaden que la RM ha tenido un mayor impacto en la detección de lesiones de tejidos blandos, de traumatismos de órganos y de condiciones no traumáticas. La documentación y el análisis de las autopsias con técnicas de TC y RM producirán mejoras cualitativas en la investigación forense patológica. Entre las posibles futuras aplicaciones Dirnhofer et al.⁸ señalan la evaluación de la morbilidad y la mortalidad en la población general.

En la búsqueda de la causa de muerte, Scholing et al. analizaron la correspondencia entre la concordancia de causa según la autopsia convencional y la causa señalada por TC³¹. Los autores señalan que el porcentaje de acuerdo en la causa de muerte fue de entre un 46 y 100%. Además, también analizaron la cantidad de lesiones identificadas por los métodos antes mencionados. Los resultados que se obtuvieron fueron de entre un 53 a 100% de lesiones detectadas por medio de la TC frente a las obtenidas por la autopsia convencional. Los autores concluyen que la TCPM es una alternativa fiable en especial frente a víctimas de traumas complementando la autopsia convencional³¹.

La TC es útil para evaluar el grado de ajuste de un arma a una herida³². (Figuras 29, 30, 31, 32, 33). Esto es especialmente útil en casos de lesión de cráneo con fuerza contundente, donde las películas planas ayudan a describir el patrón de fracturas craneales post mortem. También la micro-TC ha sido usada para conectar armas con heridas en casos de lesiones de fuerza aguda²⁹.



Figuras 19. Herida mortal por arma de fuego en el tórax. (A, b) La TC transversal no reforzada muestra la herida de entrada como un defecto lineal irregular de tejido blando en el tórax anterior derecho (flecha en a) con gas subcutáneo asociado. El proyectil pasó de derecha a izquierda a través de los cuerpos vertebrales torácicos medios. Los fragmentos óseos están presentes a la izquierda del cuerpo vertebral (flechas en b). El desplazamiento de los fragmentos óseos hacia la izquierda indica la dirección de la trayectoria del proyectil. Hay fragmentos retro pulsados dentro del canal espinal (C) La imagen representada en la superficie de los datos de TC muestra la herida de entrada lateral a la tetilla derecha (flecha). (D) La fotografía correlativa en la autopsia muestra la herida de entrada. (E) La fotografía en la autopsia muestra fragmentos óseos que sobresalen de la columna torácica media (flechas), inclinados en la dirección de la trayectoria del proyectil¹⁰.

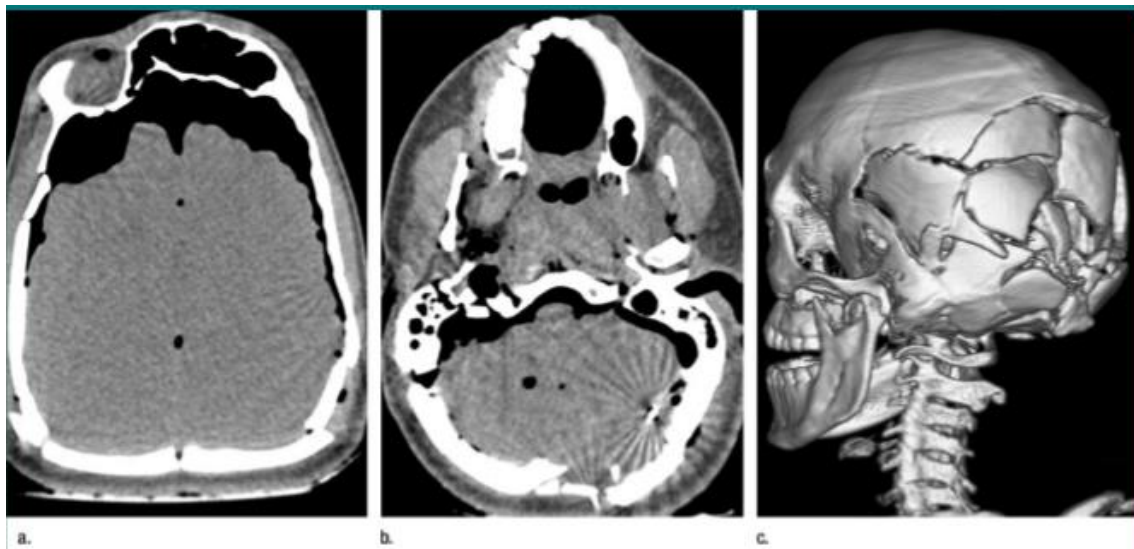


Figura 20. Características de una herida por arma de fuego en el cráneo mostrada por autopsia virtual. (A, b) Las imágenes TC transversales muestran múltiples fracturas en el cráneo, colonización posterior del cerebro y neumocéfal. Fragmentos metálicos y focos de gas están presentes en el cerebelo izquierdo en b. No existe una pista de proyectil lineal distinto. (C) La imagen en volumen tridimensional del cráneo muestra la fractura triturada del cráneo posterior¹⁰.

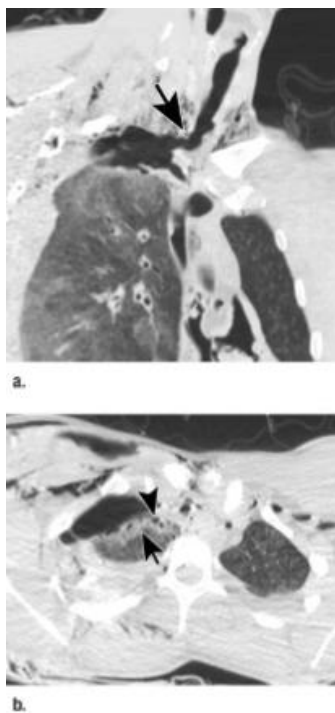


Figura 21. Características de una trayectoria por herida mortal por arma de fuego mostrada en la autopsia virtual. (A) La TC oblicua del cuello y del tórax muestra el recorrido de la herida por la tráquea (flecha) y el ápice del pulmón derecho. (B) La TC transversal de la parte superior del tórax muestra una trayectoria lineal con alta atenuación (flecha) que contiene numerosos pequeños espacios quísticos (cabeza de flecha).

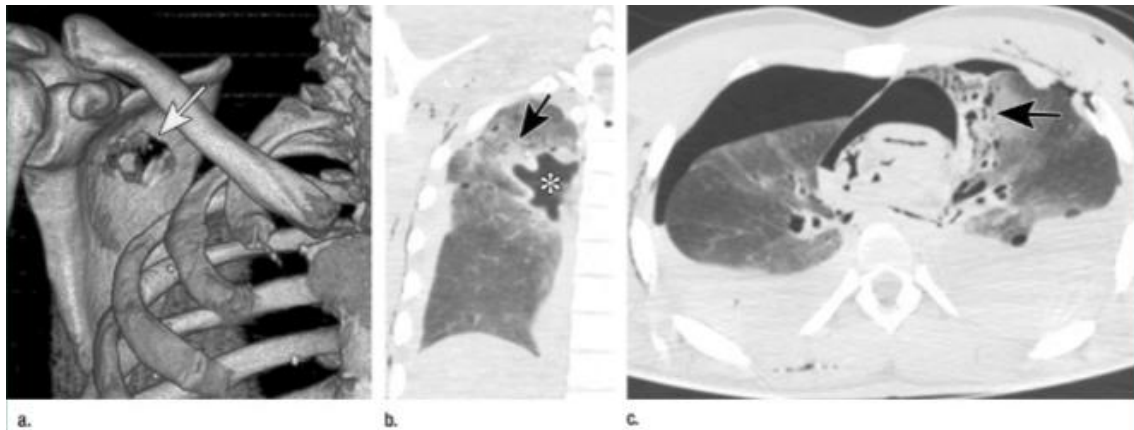


Figura 22. Herida mortal por arma de fuego en el tórax. El proyectil entró por el hombro derecho y atravesó la escápula derecha, el ápice pulmonar derecho, el tronco pulmonar, el pericardio y la lingula. (A) La imagen de tomografía muestra la trayectoria del proyectil a través de la escápula (flecha). (B) La imagen de la TC coronal muestra la trayectoria (flecha) a través del vértice derecho con una cavidad grande. (C) La TC transversa muestra un hemopneumopericardio, corazón colapsado, múltiples espacios quísticos (flecha) en la lingula a lo largo del recorrido del proyectil, hemopneumotórax bilateral y gas subcutáneo¹⁰.

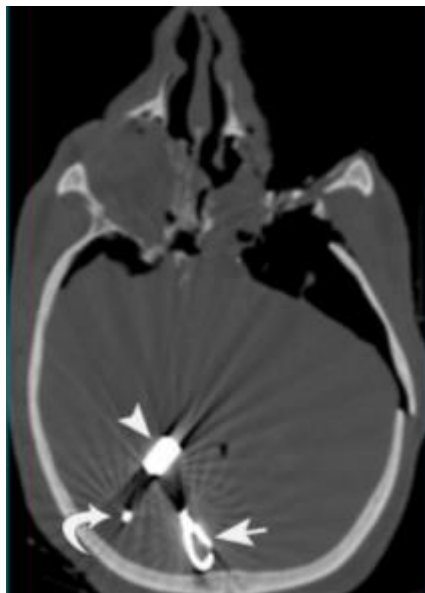


Figura 23. Herida mortal por arma de fuego desde la órbita a la cabeza. La imagen de TC transversal muestra tres fragmentos metálicos distintos en el parénquima cerebral y un fragmento del núcleo de plomo (flecha curvada). Hay múltiples fracturas en el cráneo, neumoencéfalo y destrucción de la órbita izquierda¹⁰.

Las muertes por trauma craneal se identifican por la alta densidad o aspecto blanco que adquieren las imágenes frente a la presencia de una hemorragia aguda³³. La densidad baja o las lesiones hipodensas donde la apariencia es más oscura están asociadas con la resolución de hemorragias. Las hemorragias de densidad baja o hemorragia subdural múltiples con diferentes densidades son frecuentes de observar en traumatismos craneocefálicos³³. Si se complementa la TC con una RM la identificación de lesiones dentro del parénquima cerebral y de pequeñas hemorragias se realiza con una mayor especificidad. Además, la RM puede ofrecer una fecha de la

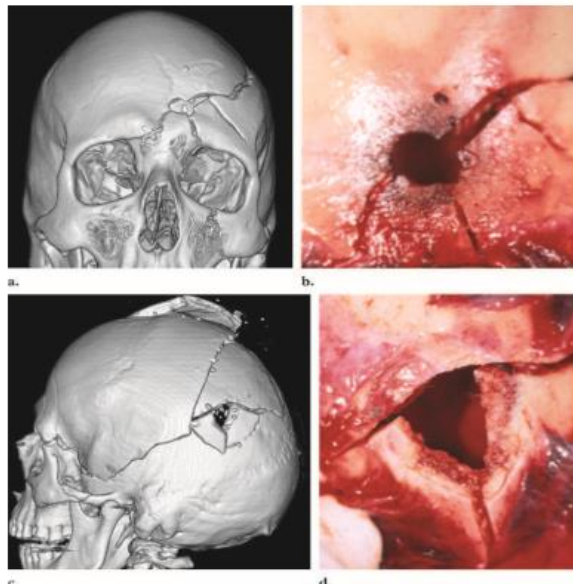
lesión y la evolución de la misma³³. No obstante existen otras investigaciones que señalan lo contrario, es decir que el uso de la TC complementada con la RM no es válido para ofrecer una fecha de lesión hemorrágica³⁴. Grabherr et al. señalan con respecto a la visualización con TC del sistema vascular el uso de diferentes técnicas de angio-TC post-mortem, la que se divide en técnicas de angiografía parcial y de cuerpo entero³⁵. La técnica más aplicada en la actualidad es la denominada angiografía post mortem multifásica (MPMCTA), la cual ha demostrado resultados positivos en la investigación de los vasos de la cabeza, el tórax y el abdomen. Cha et al.³⁶ señalan así mismo que la TC fue de gran utilidad para diagnosticar hemorragia masiva y neumotórax, determinar las formas y características de las fracturas y la dirección de la fuerza externa. Por su parte la RM fue eficaz para evaluar y rastrear la ruta de un objeto metálico, las lesiones de tejidos blandos y la cronicidad de hemorragia y de moretones óseos. Un TCMD post mortem realizada en combinación con la RM es una herramienta potencialmente poderosa que complementa la autopsia convencional al proporcionar mediciones no invasivas y objetivas. En otros estudios realizados por Aghayev et al.³⁷ se señala que la TC y la RM son métodos diagnósticos útiles y complementarios de la autopsia convencional a la hora de evaluar un trauma torácico. Añaden sin embargo que es necesario más estudios radiológicos y patológicos forenses para definir el papel de la TC y la RM postmortem como una modalidad de examen único.

Von See et al. señalan comparando la TC por haz de cono (TCCB) frente a la TCMD. La TCCB brinda imágenes radiológicas que permite localizar y evaluar objetos radiopacos en 3D³⁸. Los autores señalan que la TCCB brinda imágenes de superior calidad frente a las imágenes que se obtienen por la TCMD en tejidos duros, lesiones por arma de fuego y permite una mejor identificación de la ubicación precisa del proyectil. No obstante, las imágenes obtenidas por la TCMD permiten evaluar mejor las lesiones del tejido blando³⁸. Colar et al. por su parte señalan que las imágenes que se obtienen por TCMD-3D en caso de lesiones por arma de fuego se obtengan descripciones precisas de la ubicación del proyectil, las fracturas óseas, el daño en órganos sólidos y la trayectoria^{39,40,41}.

3.2.3. Reconstrucción Forense:

Para la reconstrucción forense se debe analizar el contexto en el cual ocurrió la muerte. Para ello se analizan diversas características que ayudan al proceso de reconstrucción (Tabla 2)

Característica	Signos y lesiones a evaluar
Dirección de Impacto	Es definida como la dirección de la fuerza que causa la fractura ósea, la cual puede ser evaluada analizando el sistema de fractura (Figura 24). El grado de contusión del tejido subcutáneo graso indica a su vez la fuerza del impacto y dirección del mismo. En particular, si la destrucción del tejido graso es tan pronunciada que se forma una cavidad subcutánea en la que se acumulan la sangre y la grasa licuada, el impacto es más probable que haya tenido una dirección tangencial, lo cual es común encontrar en víctimas que sufrieron atropellos. Esto es debido a que la rueda al girar no tiene un impacto ortogonal como si lo tienen las otras estructuras de los vehículos. Esto es fácilmente detectado en imágenes axiales debido a que la sedimentación de la sangre dentro de la cavidad provoca estratificación con una marcada capa superior de alta intensidad. En las lesiones en la cabeza, la identificación de la causa de la lesión discriminando si ésta fue por una caída al suelo o por un golpe en la cabeza cobra una importancia significativa para tener en cuenta, lo que se dificulta cuando el cadáver es encontrado en el suelo. Esta determinación se puede realizar por medio de los sistemas de fractura, es decir, las características típicas diferenciales entre la herida por aplastamiento y las lesiones de contra-golpe en el cerebro (Figura 25).  Figura 24. Evaluación de la dirección de impacto en un peatón que fue golpeado por un automóvil. La imagen 3D VR anteroposterior muestra fracturas de la tibia y peroné izquierdo, con una pieza de fractura en forma de cuña (flecha blanca). La base de la cuña indica la dirección de la fuerza que causó la fractura (flecha roja)⁸.

	 a. b. Figura 25. (a) Lesión causada por golpes en el cráneo. Oblicua izquierda lateral 3D-VR. La imagen de TC muestra una impresión local típica y fractura de anillo del cráneo occipital debido a golpes con un martillo. (B) Lesión en la cabeza debido a una caída desde una gran altura. La imagen oblonga izquierda de la VR TC 3D muestra fracturas de ráfagas trituradas que comienzan en la parte prominente posterior del cráneo (punto de impacto)⁸.
Lesiones por arma de fuego	Al investigar la dirección por la que se produjeron las heridas del trayecto de un proyectil, se puede analizar las lesiones óseas o de los tejidos blandos, entre otras. En el análisis de las lesiones óseas se puede evaluar los defectos en forma de cono que señalizan la dirección, lo cual es importante cuando los tejidos blandos no muestran lesiones significativas. También es importante tener en cuenta al evaluar la Regla de Puppe (Figura 26), la que nos permite evaluar el orden cronológico en la formación de las lesiones.  a. b. c. d. Figura 26. Dirección de la creación de una herida de proyectil en la cabeza. (A) La imagen anteroposterior 3D VR TC muestra una herida de entrada con márgenes externos afilados y un defecto óseo en forma de cono que se amplía de externo a interno. (B) La fotografía de autopsia muestra hallazgos similares a los observados en a. (C) Imagen de VR TC 3D oblicua posterior izquierda muestra la herida de salida y un defecto en forma de cono que se ensancha de interno a externo.

	Las líneas de fractura formadas también pueden ayudar a determinar el orden en que se produjeron las heridas. Desde la herida de entrada, grandes líneas de fractura se extienden a lo largo del cráneo, resultado de una mayor presión dentro del cráneo (incompresible) lleno de agua causado por el proyectil. Las líneas de fractura cortas de la herida de salida se detienen en las fracturas de herida de entrada previamente formadas (regla de Puppe). (D) La fotografía de autopsia revela hallazgos similares a los vistos en c⁸.
Determinación del conductor del automóvil o del piloto del avión	En accidentes de tráfico o de avión, se debe identificar quién conducía y quién era el copiloto. Para ello se pueden analizar las lesiones específicas en los cadáveres. En accidentes automovilísticos, las marcas cutáneas del cinturón de seguridad o las lesiones producidas por el tablero o del manubrio identifican quienes estaban al frente. En los accidentes aéreos, son las lesiones palmares específicas las que identifican quién estaba volando el avión durante el accidente (Figura 27) The figure consists of two panels. Panel (A) is a grayscale axial CT scan of a human chest. A white arrow points to a small, bright, hyperdense area in the lower right lung field. Panel (B) is a color photograph of a lung specimen, likely from an autopsy. Two white arrows point to dark, irregular areas on the lung surface, which are described as aspirated blood. Figura 27. Aspiración como signo postmortem de vitalidad de lesiones sostenidas en un hombre que murió en un accidente aéreo. (A) La TC torácica muestra un área hiperintensa (flecha) en el lóbulo inferior derecho. (B) La fotografía de autopsia de un espécimen de pulmón revela sangre aspirada (flechas), un hallazgo que indica que la víctima estaba todavía con vida cuando sufrió las lesiones⁸.
Aspectos médico legales	La TCPM es de gran importancia para poder documentar la posición correcta o incorrecta de tubos, catéteres, sondas, y otros instrumentales médico-quirúrgicos cuando se dan casos de personas que murieron durante o posterior a tratamientos invasivos.

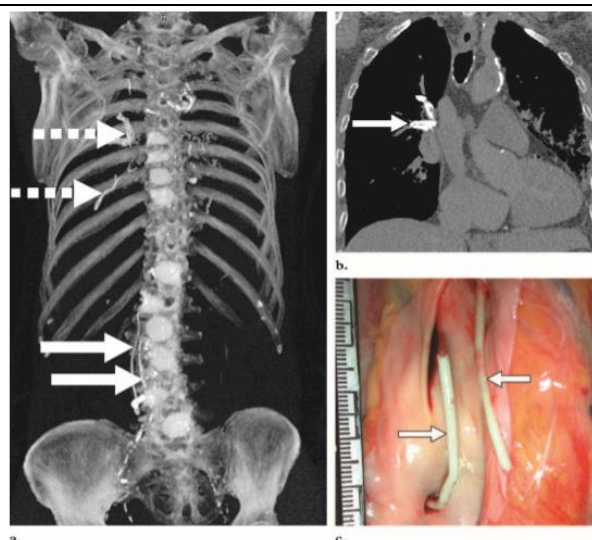


Figura 28. Uso de imágenes postmortem para abordar cuestiones médico-legales. (A) La imagen MIP anteroposterior muestra cemento de vertebroplastia en la vena cava inferior (VCI) (flechas sólidas) y ramas de la arteria pulmonar (flechas discontinuas). (B) La imagen de TC coronal muestra la embolia de cuerpos extraños de la arteria pulmonar derecha (flecha) como causa de muerte. (C) La fotografía de autopsia muestra cemento en la VCI (flechas). El cemento alcanzó la IVC a través de venas lumbares en las que se había inyectado el cemento como parte del tratamiento mínimamente invasivo⁸.

Hallazgos
Forenses
Específicos:
Calor epidural

En los cadáveres quemados, el calor epidural es una formación postmortem causada por el calor periférico que empuja la sangre de lugares extracraneales a intracraneales.

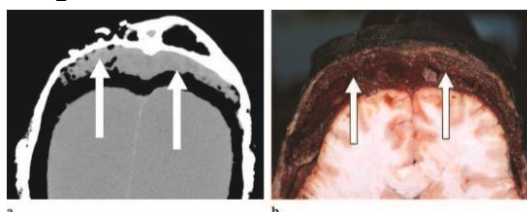


Figura 29. (A) La TC muestra una masa epidural de atenuación de los tejidos blandos (flechas). (B) La fotografía de autopsia revela masas sanguíneas coaguladas (flechas) en el espacio epidural, un hallazgo poco importante pero común en cadáveres quemados⁸.

Hallazgos
Forenses
Específicos:
Putrefacción

Entre más tiempo postmortem pasa más compleja se hace la labor forense. La putrefacción comienza entre las 48-72 horas postmortem. La complejidad radica en que la putrefacción destruye hallazgos importantes para determinar la causa de muerte. La putrefacción puede reconocerse (más allá del reconocimiento visual y olfativo) en las imágenes postmortem que pueden obtenerse. Estas imágenes mostrarán una excesiva acumulación de gases en el sistema vascular, las cavidades corporales y los tejidos blandos (Figura 30). La técnica angiográfica mínimamente invasiva permite la visualización de estenosis, oclusión o lesiones menores de los vasos. (Figura 31), aunque es necesario contar con bombas para soportar las técnicas angiográficas postmortem. Existen razones que dificultan el examen angiográfico sistémico, entre las que podemos mencionar los vasos putrefactos y vulnerables del intestino y del páncreas que no pueden soportar las presiones de inyección necesarias, y el gas de putrefacción existente dentro del sistema vascular (Figura 30) que produce defectos de llenado.

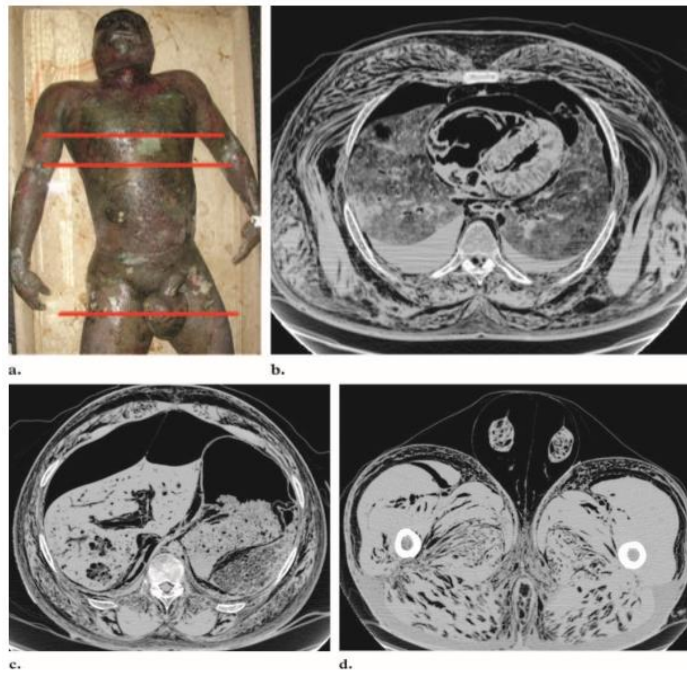


Figura 30. Putrefacción. (A) La fotografía de Preautopsy muestra la apariencia gruesa del cuerpo, que estaba en un estado avanzado de putrefacción. Las líneas rojas indican los planos de sección de los escáneres TC mostrados en b (línea superior), c (línea media) y d (línea inferior). (B) La TC torácica muestra el gas de putrefacción dentro del corazón, el sistema vascular y los espacios intersticiales de los tejidos blandos. Obsérvese también el líquido de putrefacción pleural bilateral. (C) La TC muestra gas intraluminal y peritoneal del abdomen, así como gas de putrefacción dentro de los vasos intrahepáticos, hígado y bazo. (D) La TC muestra globo gaseoso del escroto, acumulación de gas dentro de los testículos y acumulación masiva de gases dentro de los tejidos blandos⁸.



Figura 31. La arteria vascular, la arteria basilar, el polígono de Willis, las arterias cerebrales medias, las arterias cerebrales anteriores y partes de la arteria temporal izquierda son las arterias vertebrales. La imagen representa la porción craneal de un estudio angiográfico de cuerpo entero realizado usando un abordaje de arteria femoral derecha⁸.

Reconstrucción
Forense
de
Incidentes 3D

Se basa en datos reales de imágenes obtenidas por TC y reconstruidas por animación de las articulaciones esqueléticas y las fracturas en la persona fallecida. Se reordena la posición de todo el cuerpo. (Figura2). Con estos métodos dónde es posible fusionar datos puede llegar a reconstruirse el desarrollo dinámico de lesiones modeladas (huellas morfológicas) y evaluar su compatibilidad con los instrumentos sospechosos de lesión, incluso años después de la muerte.

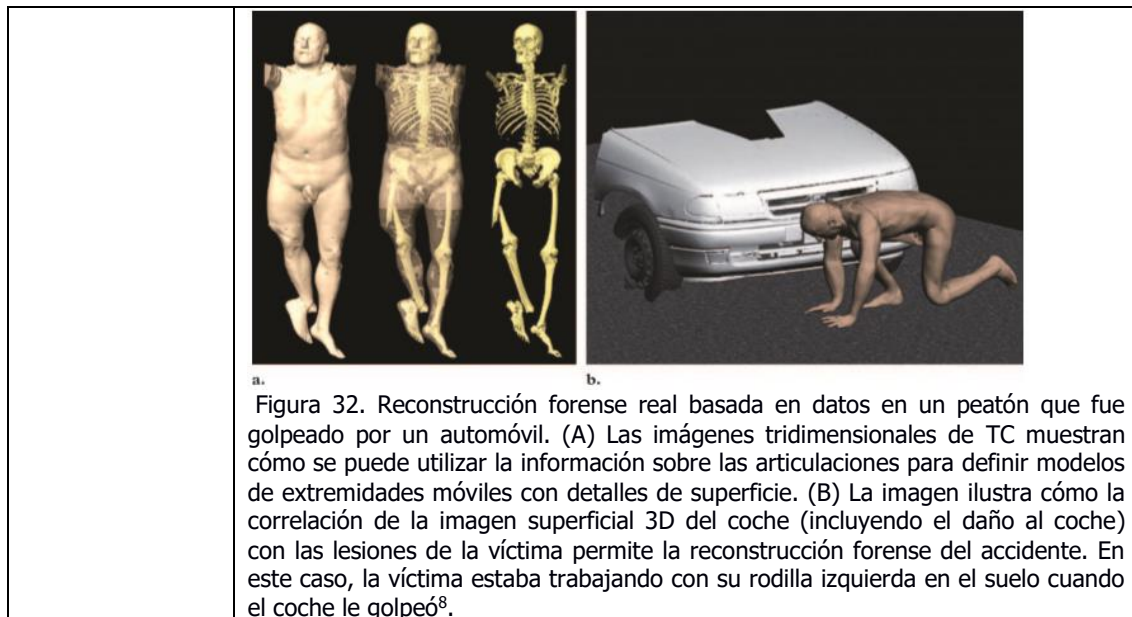


Tabla 2: Reconstrucción Forense: características a evaluar

Como toda nueva tecnología, la autopsia virtual presenta beneficios y limitaciones de los cuales se pueden nombrar.

Beneficios:

- Permite analizar el cuerpo entero, sin alterar su estructura anatómica.
- Es efectivo para determinar la trayectoria de la lesión en heridas por arma de fuego.
- Permite establecer la morfometría de las lesiones y los mecanismos de producción de fracturas.
- Al ser un método no invasivo, aumenta la bioseguridad del operador al realizarla⁴².
- Los datos obtenidos a través de la Virtuopsia se almacenan en formato digital, por lo que fácilmente pueden transmitirse en cualquier parte del mundo.
- Permite la conservación de documentación probatoria como evidencia indiscutible. Esta metodología de documentación, de los hallazgos forenses a través del archivo de datos digitales, permite la recuperación de la información anatomoclínica, topográficamente intacta, cada vez que sea necesario, y con un alto nivel de calidad^{42,43,44}.
- El post-procesamiento de las imágenes en 2D y 3D puede ayudar increíblemente a visualizar los resultados a las personas que no están presentes durante el examen, por ejemplo, en los tribunales.^{42,43}
- En menos tiempo el cuerpo puede ser entregado a la familia del occiso.
- La técnica podría ser considerada en culturas y situaciones donde la autopsia no es tolerada por algunas religiones.
- La gran ventaja de la TCM en la identificación de cuerpos es también útil en la identificación de víctimas de catástrofes⁴⁵.

Limitaciones:

- Hasta el momento, las bases de datos comparativas de resultados de Virtuopsías y autopsias convencionales son insuficientes.
- No es posible distinguir todas las condiciones patológicas con este método.
- No permite determinar procesos tanatológicos, infecciosos, ni toxicológicos en el organismo, es decir que para ello se requiere examen convencional y analizar muestras por métodos bioquímicos y toxicológicos
- Es difícil apreciar los cambios de color de piel y órganos.

El mayor inconveniente de la CT postmortem es la falta de captación de contraste iodado por vía intravenosa después del paro circulatorio, lo que hace que el análisis del parénquima y la lesión vascular sea mucho más difícil, menos sensibles y menos específicos⁸.

Por otra parte, el alto costo de los equipos, el mantenimiento y la falta de operadores calificados hace que su uso sea reducido.

4. Autopsia Virtual en el futuro.

Con respecto al futuro de la Autopsia Forense Zarco et al.⁷ señalan que la TC multicorte es un valioso método que no sólo complementa la autopsia convencional, sino que podría llegar a reemplazar en algunos casos a la misma al ofrecer variadas ventajas entre las que encontramos el que es una técnica no invasiva, es rápida, objetiva, reproducible.

Dirnhofer et al.⁸ mencionan que la TC es una herramienta de específica para la documentación y análisis 2D y 3D; Las técnicas de postprocesamiento (reformación multiplanar, MIP y 3D VR) proporcionan pruebas visuales contundentes para los procedimientos judiciales.

Los métodos de reconstrucción en 2D y 3D son significativamente superiores en calidad a las técnicas descriptivas y fotográficas convencionales en términos de precisión, precisión, variabilidad y objetividad (Figura 43). La autopsia virtual proporciona un medio alternativo de adquirir datos post mortem relevantes para investigaciones posteriores. Además, la documentación basada en datos 3D real abre nuevas perspectivas para la reconstrucción científica.

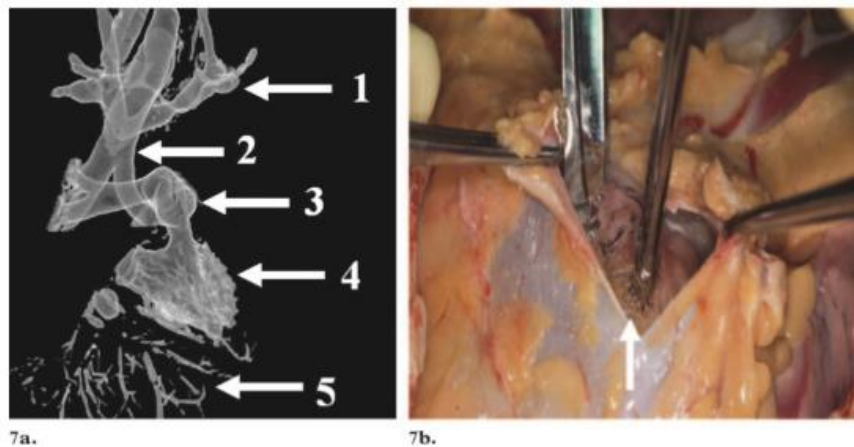


Figura 33. Embolia pulmonar letal de la arteria pulmonar en la víctima de una herida de arma de fuego (A) La imagen VR 3D anteroposterior muestra el ventrículo derecho lleno de aire y la arteria pulmonar. La volumetría basada en TC mostró 59 mL de gas dentro de estas dos estructuras. 1) Venas 2" Tráquea, 3 \ Arteria pulmonar principal, 4? Tracto de salida del ventrículo derecho, 5? Venas intrahepáticas. (B) La fotografía de autopsia muestra el procedimiento utilizado para confirmar la presencia de una embolia aérea. Después de abrir el pericardio, el espacio pericárdico se llena de agua clara para cubrir totalmente el corazón. El ventrículo derecho se pincha con un bisturí y al girar el bisturí se producen burbujas ascendentes (flecha)⁸.

El constante desarrollo de técnicas radiológicas, promete mejorar el uso de la TCMD en la práctica forense. Herramientas adicionales, como la angiografía post-mortem, también se aplican en el proyecto *virtuopsia*®. Los primeros estudios muestran resultados prometedores que permiten mostrar el sistema vascular, lo cual es imposible realizar mediante una autopsia tradicional. El desarrollo de la biopsia y angiografía post-mortem junto con la RM y la TCM marcarán nuevas tendencias hacia una autopsia mínimamente invasiva. Diferente a las imágenes de sección transversal antes de la autopsia, una autopsia mínimamente invasiva tiene el potencial, en el futuro, de reemplazar a la autopsia tradicional. Sobre todo, en ciertos círculos culturales, donde una autopsia se estigmatiza o, incluso, se prohíbe; una autopsia virtual mínimamente invasiva podría ayudar al sistema judicial, sin violar prohibiciones religiosas ^{43,44,45}

CONCLUSIONES

Esta revisión nos permite concluir que la autopsia virtual es un excelente método complementario de la autopsia convencional. Al ser un método no invasivo resulta ser una herramienta muy valiosa ya que permite, mediante el escaneo del cuerpo entero, la evaluación del cadáver preservando su integridad, previo a la práctica convencional. Las imágenes obtenidas, pueden ser manipuladas de un lado a otro y giradas en varios ángulos, proporcionando una flexibilidad instantánea no proporcionada por la autopsia convencional.

Como cualquier tecnología joven y por el momento experimental, presenta beneficios y limitaciones. Entre los beneficios se puede destacar: la evaluación del cadáver y las diversas lesiones que pueda presentar ya sea en partes blandas, órganos internos y estructuras óseas, sin alterar su anatomía. La autopsia virtual resulta útil en muertes múltiples, catástrofes etc. permitiendo documentar las lesiones y el estado del cadáver en el momento que ingresa a la morgue. Los programas especializados permiten la reconstrucción, identificación y determinación de edad y sexo.

En muertes producidas por heridas de arma de fuego, puede documentar la cantidad de proyectiles, su ubicación e incluso su trayectoria, de una manera similar permite esclarecer de acuerdo a la morfología de las lesiones el mecanismo lesivo

Al ser un método no invasivo otorga bioseguridad para el o los operadores. Y permite mediante el archivo de imágenes aportar documentación a la justicia, todas las veces que sea necesario.

Pese a los notables beneficios cabe destacar que es ineficaz a la hora del examen tanatológico, como también en la toma de muestras para histología, bioquímica, toxicología entre otras, por lo que la práctica médica forense convencional continúa siendo irremplazable.

El alto costo económico de los equipos, del mantenimiento y la falta de personal especializado en el manejo de los mismos, conlleva a que su uso en el área forense sea limitado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Núñez Jover, J. (1994): "Ciencia, tecnología y sociedad" en *Problemas sociales de la Ciencia y la Tecnología*. 1ra ed. 1994. Editora Felix Valera. Mined.
2. Vargas Sanabria, M. (2014): Evolución histórica de las autopsias y situación actual en Costa Rica. *Med Leg Costa Rica Ed Virtual*. Vol.31 (2), Septiembre 2014.
3. Finkbeiner, WE; Ursell, PC; Davis, RL (2009): *Autopsy Pathology*. Philadelphia, EUA: Saunders, 2º edición.
4. Hooper, JE; Geller, SA. (2007): Relevance of the autopsy as a medical tool. A large database of physician attitudes. *Arch Pathol Lab Med*, Feb 2007, Vol 131(2):268-74.
5. Sinard, JH; Blood, DJ. (2001): Quality improvement on an academy autopsy service. *Arch Pathol Lab Med*. Feb 2001, Vol 125(2):237-45.
6. Shojania, KG; Burton, EC; McDonald, KM; Goldman, L. (2003): Changes in rates of autopsy-detected diagnostic errors over time: a systematic review. *JAMA*. 2003, 289:2849-56.
7. Zarco Contreras, FX; Grossi, S; Lugo Pérez, AE; Soto Flores, VH; IsernKebschull, J; Milla Rallo, L. (2012): Autopsia virtual vs autopsia tradicional: utilidad de la tomografía multicorte en la Medicina Forense. *SERAM*. 2012.
8. Dirnhofer, R; Jackowski, C; Vock, P; Potter, K; Thali, MJ. (2006): Virtopsy minimally invasive imaging guide. *RadioGraphics*. 2006, 26:1305-33.
9. Ross, SG; Thali, MJ; Bolliger, S; Germerott, T; Ruder, T; Flach, P. (2012): Sudden death after chest pain: feasibility of virtual autopsy with postmortem CT angiography and biopsy. *Radiology*. Jul 2012, Vol 264(1):250-9.
10. Levy, AD; Abbott, RM; Mallak, CT; Getz, JM; Harcke, HT; Champion, H; Pearse, LA. (2006): Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims. *Radiology*. Aug 2006, Vol240(2):522-8.
11. Levy, AD; Harcke, HT; Getz, JM; Mallak, CT; Caruso, JL; Pearse L; Frazier, AA; Galvin, JR. (2007): Virtual autopsy: two-and-three dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. *Radiology*. Jun 2007, Vol243(3):862-8.

12. Cannie, M; Votino, C; Moerman, PH; Vanheste, R; Segers, V; Van Berkel, K; Hanssens, M; Kang, X; Cos, T; Kir, M; Balepa, L; Divano, L; Foulon, W; De Mey, J; Janis, J. (2012): Acceptance, reliability and confidence of diagnosis of fetal and neonatal virtuopsy compared with conventional autopsy: a prospective study. *Ultrasound Obstet Gynecol.* May 2012, 39:659-65.
13. Aghayev, E.; Sonnenschein, M.; Jackowski, C.; Thali, M.; Buck, U.; Yen, K.; Bolliger, S.; Dirnhofer, R.; Vock, P. (2006). Postmortem Radiology of Fatal Hemorrhage: Measurements of Cross-Sectional Areas of Major Blood Vessels and Volumes of Aorta and Spleen on MDCT and Volumes of Heart Chambers on MRI. *American Journal of Roentgenology.* Julio de 2006:187:209-15.
14. A.; Couto Souza, P.; Coudyzer, W.; Thevissen, P.; Willems, G.; Jacobs, R. (2012): Virtual autopsy in forensic sciences and its applications in the forensic odontology. *Rev OdontoCienc.* do Rosário Junio 2012:27(1):5-9.
15. Rüegger, C.; Bartsch, C.; Martinez, M.; Ross, S.; Bolliger, S.; Koller, B.; Held, L.; Bruder, E.; Bode, P.; Caduff, R.; Frey, B.; Schäffer, L.; Bucher, H. (2014): Minimal Invasive, imaging guided virtual autopsy compared to conventional autopsy in foetal, newborn and infant cases: study protocol for the paediatric virtual autopsy trial. *BMC Pediatrics.* 2014:14:15
16. Trezza, F.; Lossetti, O.; Patito, J (2004): La autopsia médico legal. *Cuadernos de Medicina Forense.* 2004:3(2):43-55.
17. Código Procesal Penal de la Nación: Ley 23.984, Libro II, Título III "Medios de Prueba", Art. 254 y 264. Extraído desde internet de http://www.oas.org/juridico/PDFs/arg_ley23984.pdf
18. Montes Loaiza, G.; Otálora Daza, A.; Archila, G. (2013): Aplicaciones de la Radiología Convencional en el campo de la Medicina Forense. *Rev Colomb Radiol.* 2013; 24(4): 3805-17.
19. Rydberg J, Buckwalter KA, Caldemeyer KS, et al. Multisection CT: scanning techniques and clinical applications. *Radiographics.* 2000;20(6):1787-806
20. Ulla M et al. Tomografía computada multislice de 64 pista: ¿Cómo, cuándo y por qué? Parte I: Tórax, abdomen y pelvis. *Rev. Hosp. Ital. B. Aires,*

; Vol. 28 N° 1, junio 200838

21. AThali MJ, Yen K, Schweitzer W et al. (2003). Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI)- a feasibility study. *J Forensic Sci.* 48: 386403.
22. BThali MJ, Braun M, Markwalder TA et al. (2003). Bite mark documentation: the forensic 3D/CAD supported photogrammetry approach. *Forensic Sci Int.* 135: 115-121)
23. Buck U, Naether S, Braun M et al. (2006). Application of 3D documentation and geometrical reconstruction methods in traffic accident analysis: with high resolution surface scanning, radiological MSCT/MRI scanning and real data based animation. *Forensic Sci Int.* Sept. 22 [Epub ahead of print].
24. Harcke, H.T.; Levy, A.D.; Getz, J.M. et al. (2008): MDCT analysis of projectile injury in forensic investigation. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;190:W106-11
25. Silva, R. et al. (2008): Importance of frontal sinus radiographs for human identification. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2008;74:798.
26. Kirchhoff, S.; Fischer, F.; Lindemaier, G. et al. (2008): Is Post-mortem CT of the dentition adequate for correct forensic identification?: comparison of dental computed tomography and visual dental record. *Int J Legal Med.* 2008;122:471-9.
27. Dedouit, F.; Savall, F.; Mokrane F-Z. et al. (2014):Virtual Anthropology and forensic identification using multidetector CT. *Br J Radiol.* 201487:2013:212

- 28.. Riepert, T.; Ulmcke, D.; Scheweden, F.; Nafe, B. (2001): Identification of unknown dead bodies by X-ray image comparison of the skull using the X-ray simulation program FoXSIS. *Forensic Sci Int.* 2001 Mar;117(1- 2):89-98.
29. Wood, R.E. (2006): Forensic aspects of maxillofacial radiology. *Forensic Sci Int.* 2006 May;159 Suppl 1:S47-55.
30. Lynnerup, N.; Astrup, J.G.; Sejrsen, B. (2005): Thickness of the human cranial diploe in relation to age, sex and general body build. *Head Face Med.* 2005;1:13.
31. Scholing, M. et al. (2009): The value of postmortem computed tomography as an alternative for autopsy in trauma victims: a systematic review. *Eur Radiol.* 2009 Oct; 19(10): 2333–2341.
32. Kim, P.E. (2002): Radiographic assessment of cranial gunshot wounds. *Neuroimaging Clin N Am.* 2002 ;12: 229-48.
33. Kemp, A. M. (2011): Abusive head trauma: recognition and the essential investigation. *Arch Dis Child Educ Pract Ed* 2011;96: 202–208.
34. Sieswerda-Hoogendoorn, T.; Postema, F.; Verbaand, D.; Majoie, C.; van Rijn, R. (2014): Age determination of subdural hematomas with CT and MRI: A systematic review. *European Journal of Radiology.* 83 (2014) 1257–1268.
35. Grabherr, S.; Grimm, J.; Dominguez, A.; Vanhaebost, J.; Mangin, P. (2014): Advances in post-mortem CT-angiography. *Br J Radiol.* April 2014; 87(1036). Rescatado desde <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4067028/>
36. Cha, J.G.; Kim, D.H. et al. (2010): Utility of postmortem autopsy via whole-body imaging: initial observations comparing MDCT and 3.0 T MRI findings with autopsy findings. *Korean J Radiol.* 2010 :11:395-406.
37. Aghayev, E.; Christe, A.; Sonnenschein, M. et al. (2008): Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI: comparison with autopsy. *J Thorac Imaging.* 2008 ; 23:20-7.
38. von See, C.; Bormann, K.H.; Schumann, P. et al. (200): Forensic imaging of projectiles using cone-beam computed tomography. *Forensic Sci Int.* 2009 ;190:38-41

39. Colard, T.; Delannoy, Y.; Bresson, F.; Marechal, C.; Raul, J.S.; Hedouin, V.
(2013): 3D-MSCT imaging of bullet trajectory in 3D crime scene
reconstruction: Two case reports. *Leg Med* (2013). Rescatado desde
<http://dx.doi.org/10.1016/j.legalmed.2013.07.002>
40. Pinto A, Brunese L, Scaglione M, et al. Gunshot injuries in the neck area:
ballistics elements and forensic issues. *Semin Ultrasound, CT MR*.
2009;30:215-20.
41. Puentes, K.; Taveira, F.; Madureira, A.J. et al. (2009): Three-dimensional
reconstitution of bullet trajectory in gunshot wounds: a case report. *J*
Forensic Leg Med. 2009;16:407-10.
42. Norman R Goodman, Jeffrey L Goodman, and Walter I Hofman. Autopsy:
Traditional jewish laws and customs "halacha". *The American Journal of*
Forensic Medicine and Pathology, 32(3):300–303, 2011.
43. M Cannie, C Votino, PH Moerman, R Vanheste, V Segers, K Van Berkel, M
Hanssens, X Kang, T Cos, M Kir, et al. Acceptance, reliability and confidence of
diagnosis of fetal and neonatal virtuopsy compared with conventional autopsy: a
prospective study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 39(6):659–665, 2012.
44. Kurt B Nolte, Randy L Hanzlick, Daniel C Payne, Andrew T Kroger, William R
Oliver, Andrew M Baker, Dennis E McGowan, Joyce L DeJong, Michael R Bell,
Jeannette Guarner, et al. Medical examiners, coroners, and biologic terrorism.
Morbidity and mortality. *MMWR Recomm Rep*, 53:1–27, 2004.
45. Sidler M et al. Use of multislice computed tomography in disaster victim
identification: advantages and limitations. *Forensic Sci Int*.2006 Sept 22
[Epub ahead of print

ANEXO A

Código Procesal Penal de la Nación: Ley 23.984

Identificación de cadáveres Art. 220.

Si la instrucción se realizare por causa de muerte violenta o sospechosa de criminalidad y el extinto fuere desconocido, antes de procederse al entierro del cadáver o después de su exhumación, hecha la descripción correspondiente, se lo identificará por medio de testigos y se tomarán sus impresiones digitales. Cuando por los medios indicados no se obtenga la identificación y el estado del cadáver lo permita, éste será expuesto al público antes de practicarse la autopsia, a fin de que quien tenga datos que puedan contribuir al reconocimiento los comunique al juez.

Facultad de ordenar las pericias Art. 253.

El juez podrá ordenar pericias siempre que para conocer o apreciar algún hecho o circunstancia pertinente a la causa, sean necesarios o convenientes conocimientos especiales en alguna ciencia, arte o técnica.

Calidad habilitante Art. 254.

Los peritos deberán tener título de tales en la materia a que pertenezca el punto sobre el que han de expedirse y estar inscriptos en las listas formadas por el órgano judicial competente. Si no estuviere reglamentada la profesión, o no hubiere peritos diplomados o inscriptos, deberá designarse a persona de conocimiento o práctica reconocidos.

Nombramiento y notificación Art. 258.

El juez designará de oficio a un perito, salvo que considere indispensable que sean más. Lo hará entre los que tengan el carácter de peritos oficiales; si no los hubiere, entre los funcionarios públicos que, en razón de su título profesional o de su competencia, se encuentren habilitados para emitir dictamen acerca del hecho o circunstancia que se quiere establecer. Notificará esta resolución al ministerio fiscal, a la parte querellante y a los defensores antes que se inicien las operaciones periciales, bajo pena de nulidad, a menos que haya suma urgencia o que la indagación sea extremadamente simple. En estos casos, bajo la misma sanción, se les notificará que se realizó la pericia, que puedan hacer examinar sus resultados por medio de otro perito y pedir, si fuere posible, su reproducción.

Autopsia necesaria Art. 264.

En todo caso de muerte violenta o sospechosa de criminalidad se ordenará la autopsia, salvo que por la inspección exterior resultare evidente la causa de la muerte.

ANEXO B:

Imágenes obtenidas con Autopsia Virtual



Figura 34. Manejo aéreo superior y características sinusales de ahogamiento. (A) La imagen de TCMD transversal a nivel de las células de aire mastoides muestra un flujo bilateral en las células de mastoides del aire (flechas negras) y líquido espumoso en la nasofaringe (flecha blanca) b) La imagen de TCMD sagital muestra un fluido espumoso llenando la cavidad nasal posterior, la nasofaringe y la orofaringe. El líquido está en los senos frontal y esfenoidal¹.

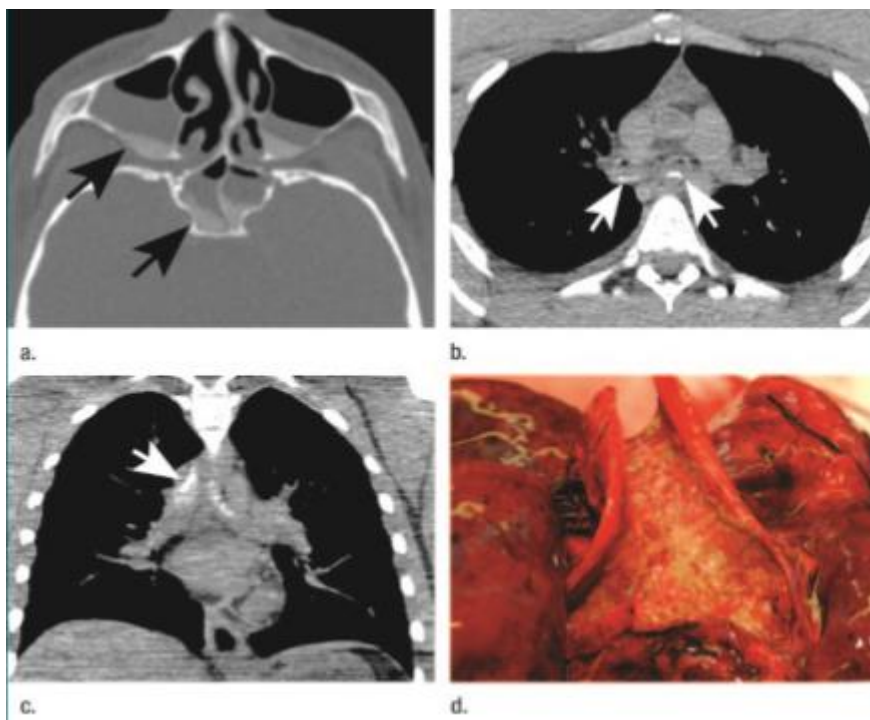


Figura 35. Aspiración de sedimentos en ahogamiento. (A) La imagen TCMD transversal de la cabeza muestra un sedimento con capas dependientes de alta atenuación (flechas) en los senos maxilares y esfenoidales. (B) Transversales e (c) imágenes de TCMD coronal del tórax muestran bronquios principales llenos de fluido con sedimentos dependientes de capas de alta (flechas). (D) La fotografía de autopsia de la tráquea distal reseca, la carina y el bronquio principal proximal es la forma en que el sedimento está en el lumen de las vías aéreas¹¹.

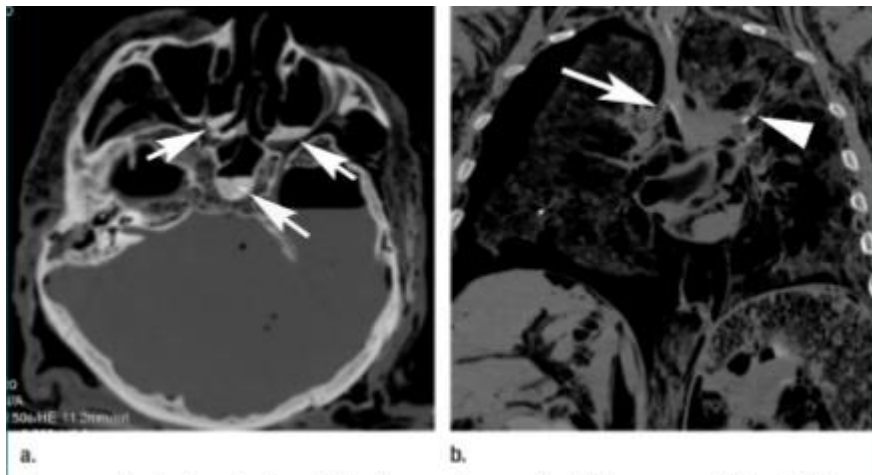


Figura 36. Hallazgos en un sujeto que se ahoga con una composición separada. (A) La imagen TCMD transversal de la cabeza muestra facciones de líquido cerebral y sedimentos de alta atenuación en los senos maxilares, etmoidales y esfenoidales (flechas). Hay descomposición postmortem de algas a través de todos los tejidos y en la vasculatura. (B) La TCMD coronal del tórax muestra sedimentos de alta atenuación en la Carina y en los bronquios principales (flecha) y ramas del bronquio del lóbulo superior izquierdo (cabeza de flecha). Los espacios quísticos en los pulmones y el gas en la vasculatura y los tejidos representan una descomposición avanzada¹¹.

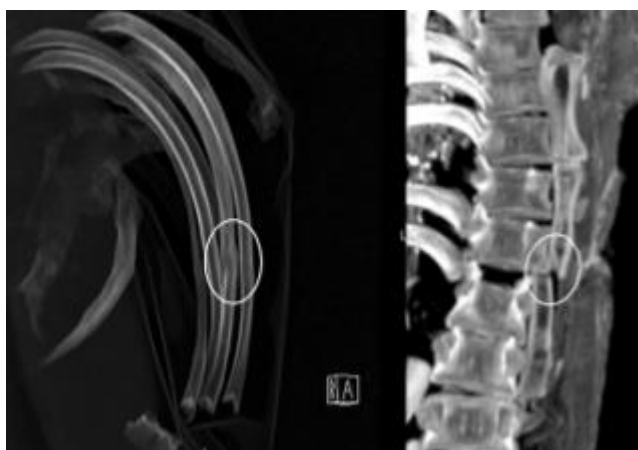


Figura 37. Reconstrucciones axiales por MIP. Reconstrucción de las costillas izquierdas de los restos óseos, mostrando consolidación ósea con un callo duro del arco anterior de una costilla (círculo). Reconstrucción del esternón de un individuo momificado, mostrando la ausencia de consolidación ósea con desplazamiento de la fractura (círculo). A, anteriores; R, a la derecha²⁷.



Figura 38. Técnica de reconstrucción volumétrica de un cráneo con herida de arma de fuego vista izquierda. Ilustración de la regla de Puppe. La fractura inferior radial (flecha) que se origina del defecto óseo (herida de salida) termina donde se encuentra con otra fractura originada en la herida de entrada contralateral (puntas de flecha). H, cabeza²⁷.



Figura 39. Reconstrucción por medio de la técnica de representación de volumen del cráneo de un niño sudamericano momificado (época precolombina); Derecha, presentando una deformación craneal intencional. Algunos huesos wormianos también son visibles²⁷.

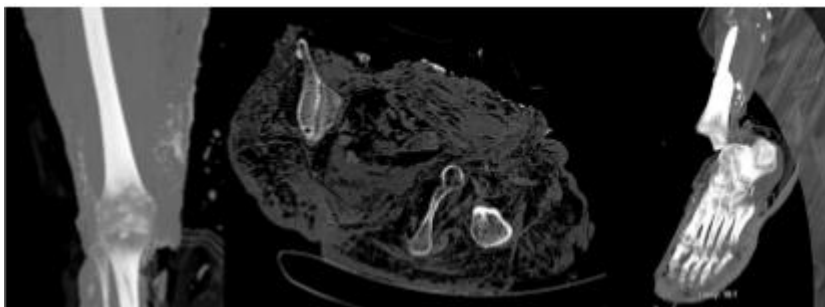


Figura 40. Apariencia tafonómica después de una larga inmersión en agua, con cambios en la adiposidad. (Imagen izquierda) Reconstrucción coronal de la proyección de máxima intensidad (MIP) del miembro inferior derecho. (Imagen central) Corte axial. Se pueden observar múltiples áreas hiperdensas cutáneas y subcutáneas espontáneas debido a cambios adiposidad. La disección gaseosa dentro de los tejidos musculares también es visible. (Imagen derecha) reconstrucción a través de MIP del

miembro inferior derecho, con desarticulación del tobillo debido a procesos tafonómicos²⁷.

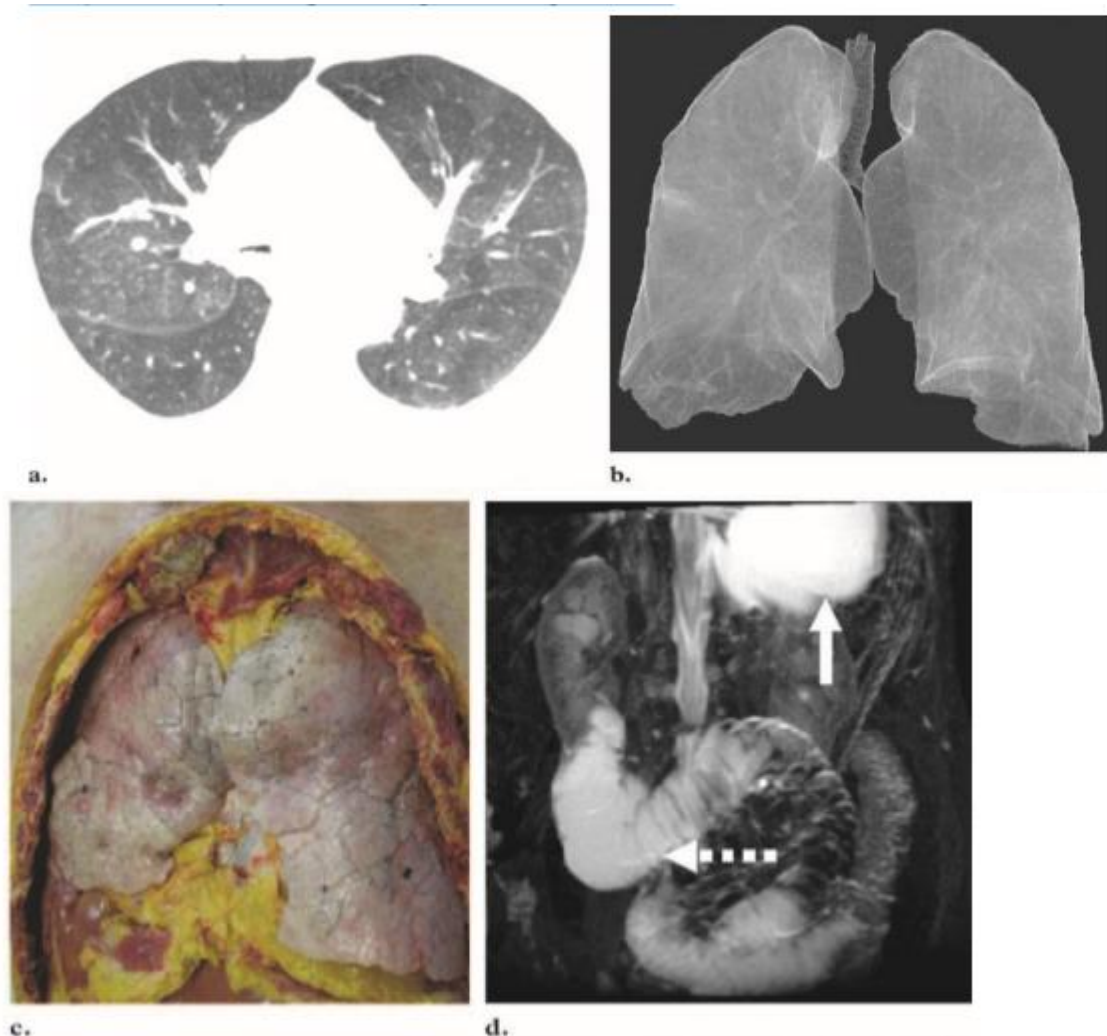


Figura 41. Enfisema acuoso. (A) La TC torácica (ventrículo pulmonar) demuestra enfisema acuoso causado por ahogamiento, con contacto anterior entre los pulmones. Obsérvese el fenómeno de sedimentación postmortem con un aumento de la atenuación ventral a dorsal, un hallazgo que es especialmente visible en el lóbulo superior derecho. (B) La imagen pulmonar anteroposterior 3D VR permite la correlación con los hallazgos tradicionales de la autopsia (cf c). (C) En una fotografía de la autopsia, las partes ventrales de los pulmones se solapan retro esternamente. D) La imagen de la proyección de máxima intensidad (MIP) anteroposterior a partir de los datos de imágenes de RM coronal T2 ponderada muestra un contenido hiperintense en el estómago (flecha sólida) y duodeno (flecha discontinua), hallazgos que indican una deglución activa del líquido de ahogamiento. (E) La fotografía de autopsia muestra un estómago claramente lleno de líquido (flecha sólida) y duodeno (flecha discontinua). Los órganos se abrieron para muestrear el líquido.

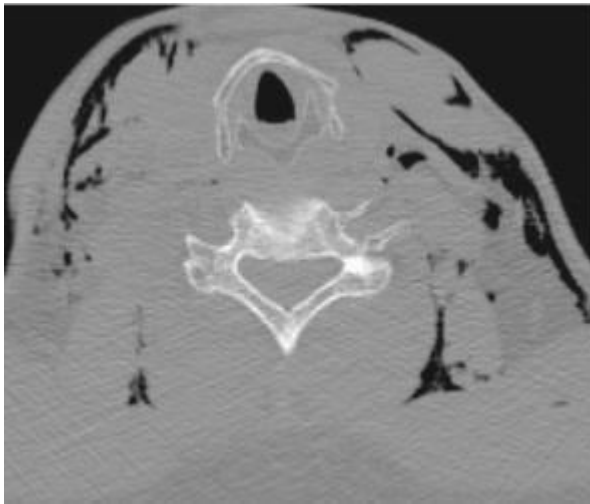


Figura 42. Signos vitales en un caso de suicidio por ahorcamiento. La TC del cuello muestra un enfisema masivo de tejido blando debajo de la marca de estrangulación. El aire asciende de un neumomediastino que fue causado por una ruptura de los alvéolos durante los intentos de respiración contra las vías respiratorias ocluidas, sirviendo, así como un signo vital. La demostración en la autopsia es casi imposible porque la primera incisión permite que el aire escape; Por lo tanto, el aire debe ser palpado en la autopsia⁸.

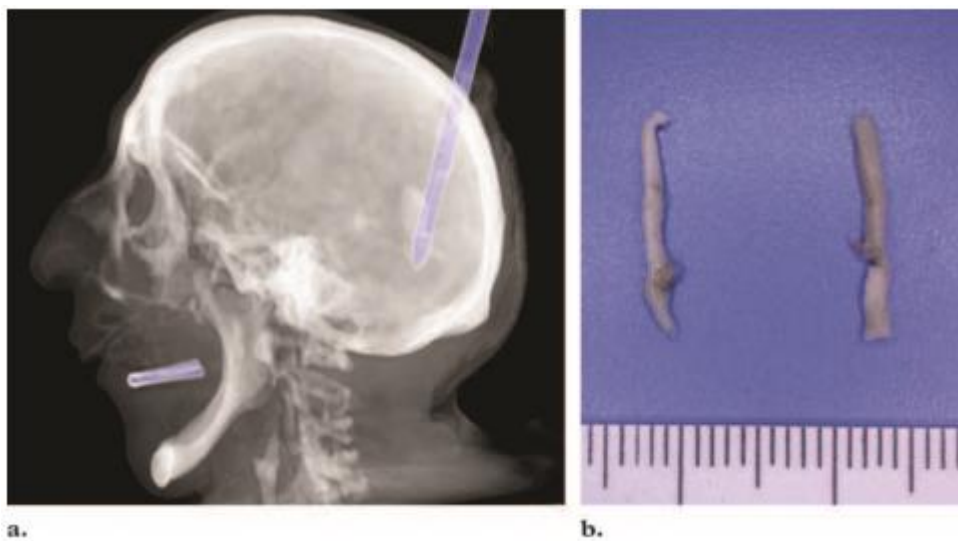


Figura 43. Biopsia guiada por imágenes postmortem. (A) La imagen de 3D-TC lateral izquierda representa claramente una aguja de biopsia que se insertó en el cerebro a través de un orificio perforado en el cráneo. El objeto de coloración lineal en el lado derecho de la prenda dentaria. (B) La fotografía muestra muestras cerebrales extraídas que se usaron para tinción histológica⁸.

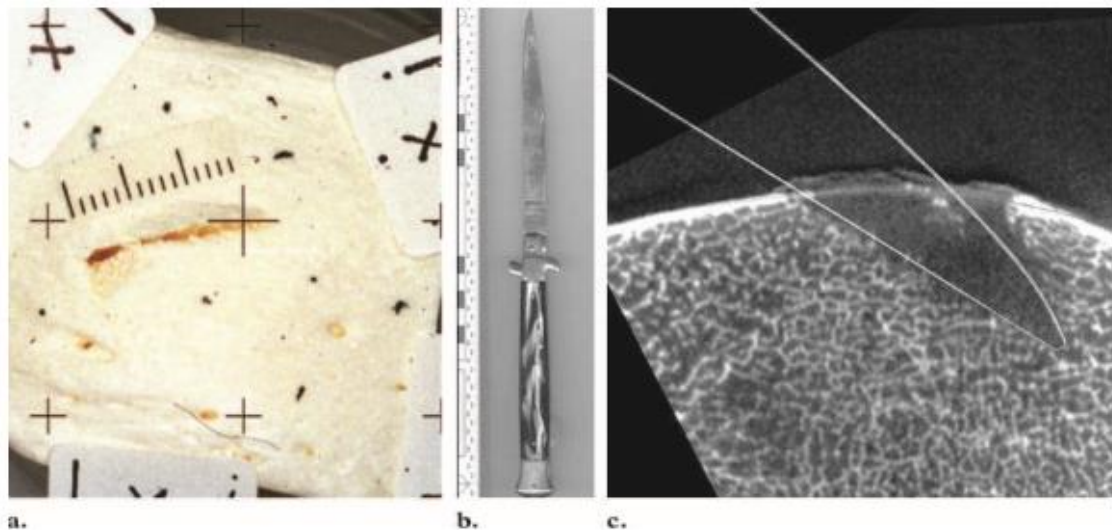


Figura 44. Micro-TC forense en un caso de lesión de fuerza aguda. (A) La fotografía muestra un defecto óseo que debía ser investigado y comparado con un cuchillo que se sospechaba que había causado la lesión. (B) La fotografía muestra el cuchillo. (C) En una microtomografía obtenida ortogonal a la lesión ósea, se superponen las dimensiones de la cuchilla, permitiendo la inclusión de la cuchilla en el grupo de posibles instrumentos causantes de lesiones⁸.

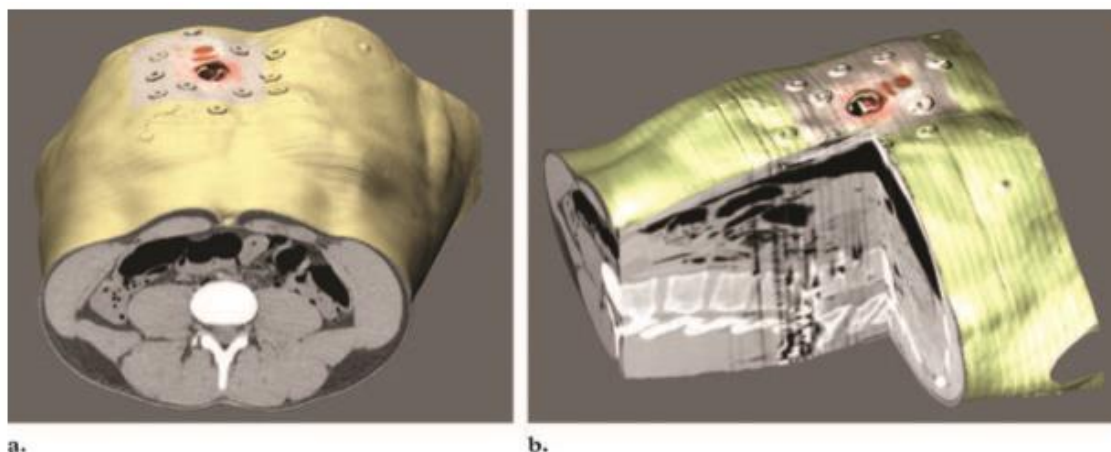


Figura 45. Fusión de datos de superficie 3D con datos de volumen corporal transversales. (A) La tomografía computarizada torácica demuestra un canal de disparo. El conjunto de datos de TC se ha fusionado con los datos de superficie obtenidos en la herida de entrada. (B) La imagen demuestra cómo se puede realizar una autopsia virtual con herramientas de postprocesamiento 3D en un conjunto de datos de superficie transversal incluso años después de la muerte de la víctima⁸.

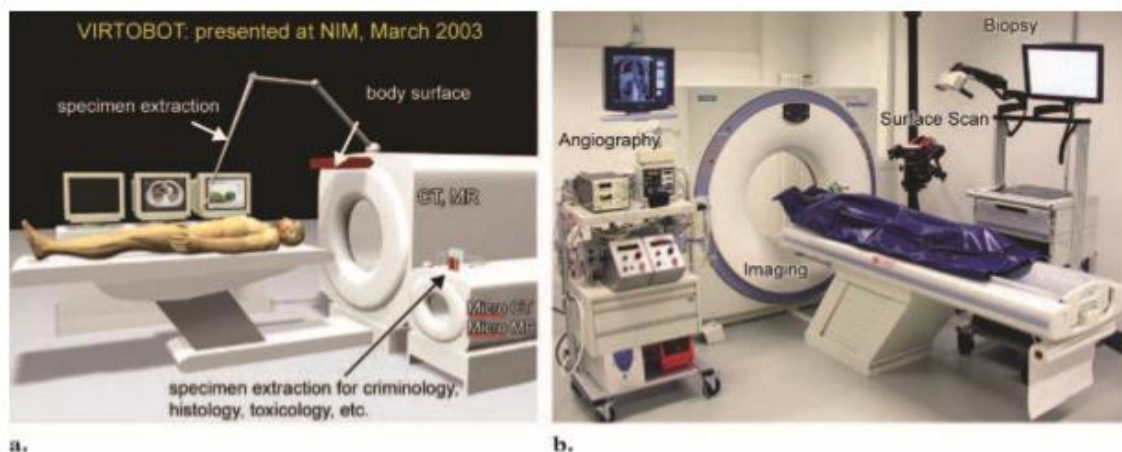


Figura 46. (a) El dibujo ilustra cómo Virtobot combinará todas las tecnologías actualmente implementadas en una sola unidad de investigación. La máquina permitirá la documentación de la superficie codificada en color 3D, la documentación del volumen corporal basada en imágenes de TC y RM, la extracción de fluidos del tejido y del cuerpo (utilizando la guía robótica del brazo con los datos de imágenes de TC o RM) y, si es necesario, investigaciones microradiológicas. (B) La fotografía muestra el equipo forense que está actualmente en uso en nuestra institución: un nuevo escáner TC de seis detectores (Emotion 6, Siemens), un escáner de superficie 3D (TRITOP / ATOS II, GOM), un sistema de navegación para la guía de imagen, y una unidad de perfusión angiográfica⁸.



Figura 47. Reconstrucción Volume-Rendering de una lesión por arma blanca a nivel abdominal⁷.

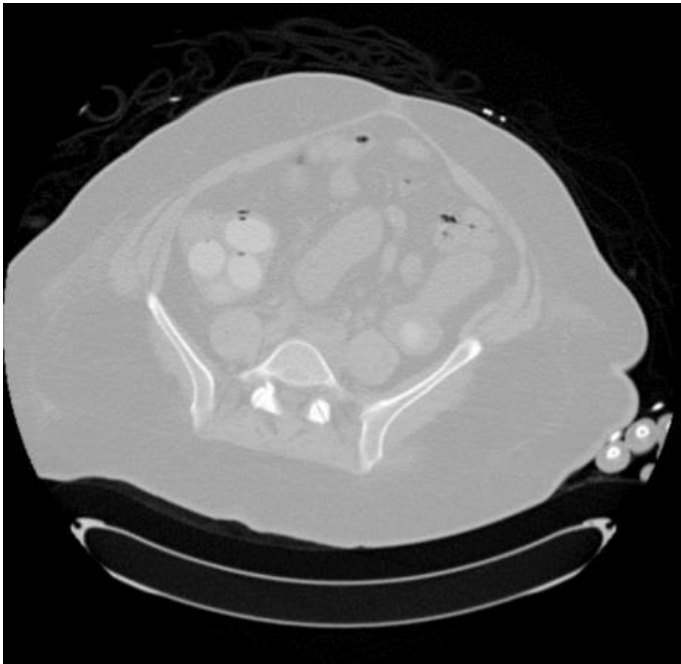


Figura 48. Corte axial a nivel abdominal en donde se visualizan múltiples imágenes redondeadas hiperdensas, a nivel de asas intestinales, la necropsia demostró la presencia de paquetes de cocaína⁷.



Figura 49. TC craneal en donde se visualizan pequeños fragmentos metálicos que siguen una dirección lineal a través de ambas órbitas, en región cigomática izquierda se puede ver proyectil de arma de fuego a nivel subcutáneo⁷.

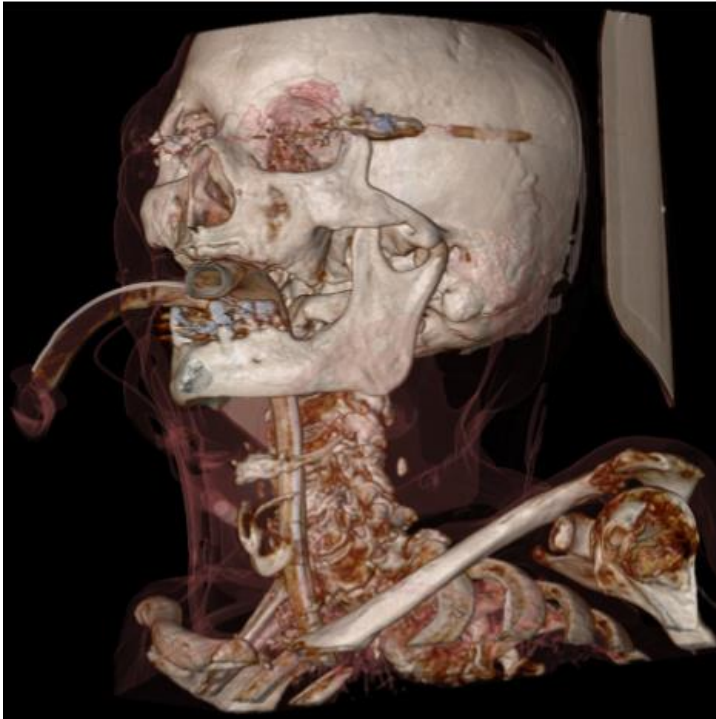


Figura 50. Reconstrucción Volume-rendering en donde se visualiza trayecto de proyectil de arma de fuego con orificio de entrada nivel de la fosa temporal derecha y orificio de salida en fosa temporal izquierda con presencia de proyectil a nivel subcutáneo. Son evidentes los fragmentos de proyectil a lo largo de su trayecto a través de ambas órbitas⁷.



Figura 51. TC a nivel de órbita en donde se visualiza alteración en la morfología y contenido del globo ocular derecho en relación a traumatismo con estallido⁷.

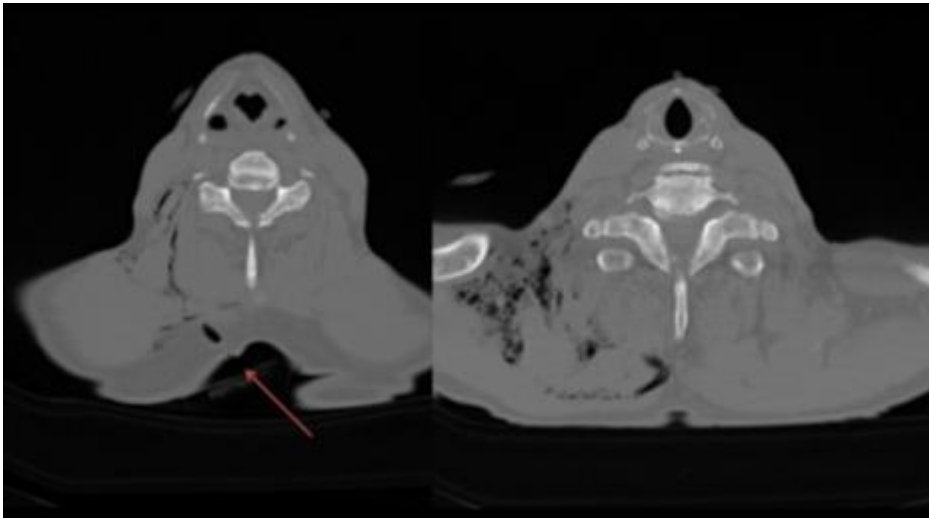


Figura 52. Enfisema subcutáneo en individuo lesionado por arma blanca a nivel cervical posterior (flecha)⁷.

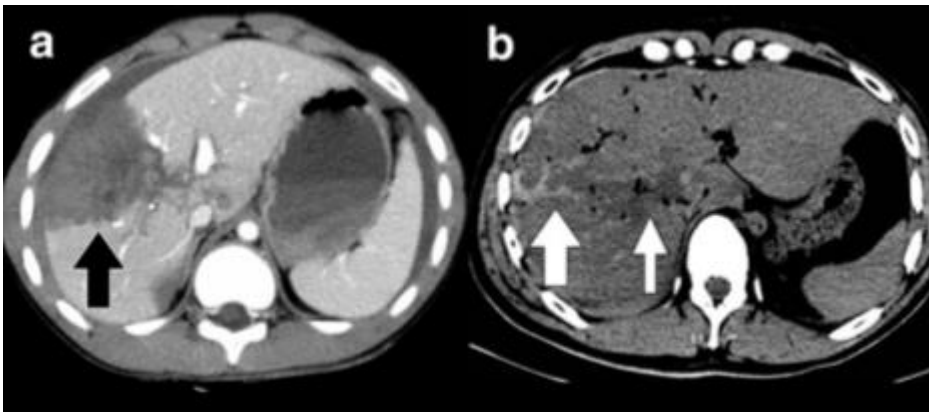


Figura 53. Laceración hepática en radiología premortem (a) y en post-mortem (b). (a) Después aplicación de agente de contraste es fácil ver la laceración del hígado como una zona mal perfundida bien delimitada (flecha negra). (b) En TC postmortem puede ser muy difícil de diagnosticar un desgarro de un órgano (flecha blanca) porque el contraste entre la densidad del hígado normal y el hígado hemorrágico es mínimo, sin la aplicación de medios de contraste⁷.



Figura 54. Reconstrucción Volume-rendering de fractura pélvica a consecuencia de un accidente de tránsito vehicular⁷.