

"El diagnóstico por imágenes al servicio de la Medicina Legal"

Fundación H.A. Barceló Especialidad en Medicina Legal

Director de la carrera: Dr Foyo, Roberto

Autor: Dra. Perez, Mara Tutor: Dr. Perez, Roberto

2022

Índice

Resumen	3-5
Metodología	6
Contenido	7-45
Conclusión	46
Anexos	47- 77
Bibliografía	78-80

Resumen

La Radiología Forense es la rama de la medicina que relaciona la radiología con el derecho, y está intimamente conectada con la antropología. Es indudable su aporte para el médico legista y forense en el momento de realizar pericias y la autopsia y el valor documental que tienen las imágenes como prueba objetiva y atemporal.

Durante los últimos años, uno de los mayores avances en Medicina ha venido protagonizado por el auge de las llamadas técnicas de imagen, principalmente la Tomografía computada y Resonancia magnética.

Añadido a lo anterior, el desarrollo técnico de medios materiales digitales, fotográficos, radiológicos y visuo-espaciales técnicamente avanzados, se han convertido en una herramienta esencial y de marcada relevancia para contribuir con nuevas pruebas y esclarecer los hechos.

Es de interés mencionar que el uso de dichas tecnologías trasciende el equipamiento para la jurisprudencia médica, y es una realidad que los avances en imagenología, han hecho que ésta sea empleada en todo tipo de actividades, y su uso *postmortem* haya venido en aumento; llegando a ser soporte en aquellas autopsias donde no se permite la práctica de exámenes invasivos, para emitir un correcto diagnóstico pericial de la causa de muerte.

En el campo de la medicina legal puede hacerse uso de los siguientes métodos de imagen: Rayos X convencionales (Rx), Tomografía Computarizada (TC), Ecografía (Eco) y Resonancia Magnética (RMN). Por consiguiente, estas técnicas ayudan a los médicos legistas a evaluar y obtener un resultado rápido y preciso en la investigación y determinación de las causas de muerte antes de llevar a cabo el abordaje interno del cadáver durante una necropsia.

Desde finales del siglo pasado hasta la actualidad, la medicina legal y forense se ha visto implicada cada vez más frecuentemente en la investigación y valoración técnica de lesiones violentas de cierta importancia judicial, en las que el valor anatómico-espacial de la actuación de un sujeto durante el curso de unos hechos delictivos con resultado de lesiones, se convertía en pieza clave de la propia instrucción judicial. En suma, se trata de conocer judicialmente, con los datos más técnicos posibles, lo realmente ocurrido durante una agresión ante declaraciones contrapuestas de víctima y agresor.

Así, la valoración médico-forense de la compatibilidad o no, de lo declarado con lo realmente ocurrido respecto de la génesis de lesiones, de testimonios recabados de la víctima, agresor o incluso de los testigos sobre cómo se produjeron los hechos, se ha convertido en una actuación habitual y muy relevante en la práctica médico legal diaria. De los clásicos aprendimos la relación entre las lesiones e instrumentos lesivos y de los mecanismos con ciertas dinámicas agresoras. Sin embargo, de los clínicos y patólogos actuales estamos conociendo el valor de otros factores implicados y ciertamente relevantes en estas investigaciones como la habitual movilidad espacial de los sujetos implicados durante la agresión, la importancia de evitar buscar situaciones o dinámicas ilógicas ante situaciones que surgen generalmente de forma espontánea, y la necesidad de eludir establecer sistemáticas de agresión fijas o predefinidas a priori sin valorar la agresión en un contexto global.

De lo anterior, si pretendemos aproximarnos a la realidad de una acción lesiva el tándem agresor-víctima, sobre un espacio y contexto concreto según las distintas circunstancias posibles, resulta irrenunciable. Efectivamente, en los últimos años, las experiencias y valoraciones de relevantes profesionales médico forenses en la valoración patológica forense de las lesiones por arma blanca o arma de fuego, nos han dirigido en esa dirección y nos han permitido comprender la importancia de situar en segundo plano las visiones clásicas sobre sistemáticas de génesis de una lesión, para centrarnos espacialmente en la globalidad de elementos que pueden permitirnos visualizar de una forma técnicamente más aproximada y por lo tanto más científica, la forma en la que se cometieron las lesiones.

Añadido a lo anterior, el desarrollo técnico de medios materiales digitales fotográficos, radiológicos y visuo-espaciales técnicamente avanzados en general, junto con las dinámicas de cooperación entre los Institutos de Medicina Legal y la red sanitaria asistencial, ha ganado relevancia circunstancial. Cada vez más autores son de la opinión de que el médico forense ha de conocer las nuevas tecnologías en especial la morfometría geométrica a partir de modelos digitales tridimensionales.

Muchos reconocen técnicamente que las investigaciones post mortem están cada vez más asistidas por la tomografía computarizada tridimensional de cortes múltiples (3D-MSCT) y en casos de heridas balísticas, ésta puede proporcionar una descripción precisa de la ubicación de la bala, fracturas óseas y, lo que es más interesante, una visión clara de la trayectoria intracorpórea (trayectoria de la bala).

Pero lo que quizás resulta más práctico técnicamente es que este tipo de estudios complementarios responden de forma muy válida a dos fundamentos generales muy importantes en la práctica de la medicina legal y forense: desde un punto de vista científico, proporciona una mejor comprensión de los hechos, y desde una visión didáctica: permite exponer claramente de cara al tribunal lo que realmente ocurrió y almacenarlo de forma atemporal.

Metodología

Se realizó una búsqueda de información en las bases de datos PubMed, Science Direct, Springer Journal, Scielo, y en el motor de búsqueda Google Académico, usando los términos: "Computed Tomography", "Magnetic Resonance", "Autopsy", "Postmortem", "Forensic Medicine", "autopsia virtual", "radiología forense", "uso de la TAC y RMN postmortem", filtrándose la información por tipo de artículo, en donde se seleccionaron los reportes de caso, artículos originales de investigación y revisiones publicadas.

Se analizaron los artículos de diferentes revistas, sobre el uso de los distintos métodos de imágenes con aplicación legal y forense, y la autopsia virtual, con el fin de acercar y fomentar dichas tecnologías y sus avances al ámbito de la medicina legal.

Adicionalmente, se añadieron otros documentos que ampliarán la información para algunos temas, con base en las referencias bibliográficas o en la búsqueda en PubMed.

Contenido

La imagenología abarca un conjunto de técnicas que permiten obtener imágenes del cuerpo humano con fines clínicos o científicos y reviste una potente herramienta de apoyo, estableciendo hechos o pruebas técnicas en el campo legal.

Las imágenes son fundamentales en la determinación de trauma, constituyéndose en una prueba fehaciente, objetiva y científica a la hora de demostrar la lesión; en todo caso las imágenes pueden aprobar o desaprobar la existencia de lesiones, así como establecer su ubicación, cantidad y otras características que se relacionan con la tipificación de lesión como, por ejemplo, si es reciente o antigua, antemortem o postmortem, y sus alcances van a la búsqueda de datos identificatorios y la determinación de elementos extraños o prótesis en cadáveres complejos y restos óseos. Los hallazgos son expresados siguiendo criterios radiológicos validados por la comunidad científica y su meta es optimizar los protocolos de actuación médico legal tendiente a la Virtopsia o autopsia virtual.

Como complemento, las técnicas de imagenología pueden llegar a evitar procedimientos innecesarios, así como podrían llegar a reducir el número de autopsias (procedimientos invasivos), los cuales alteran el cuerpo y dificultan inspecciones posteriores. En las ciencias médicas, no es de olvidar el sentido humano, para que los parientes puedan ver el cadáver incluso después de la autopsia, donde el rostro no es sometido a disección. Con la imagen forense, los tejidos blandos y el esqueleto de la cara pueden ser examinados de manera no destructiva. Si hay necesidad de tomar muestras o fluidos del cadáver, estas podrían hacerse de forma guiada con las técnicas imagenológicas mencionadas, ofreciendo así una menor manipulación del cuerpo por parte de los patólogos y técnicos, y reduciendo el riesgo de infección para este personal.

A continuación, se pasará a detallar las distintas técnicas radiológicas empleadas en la medicina legal y forense y sus alcances:

Radiografía simple:

Identificación de placas

Los rayos x y los rayos gamma son radiaciones de onda corta que transportan energía suficiente para producir la ionización de los materiales que las absorben; recordando

que como ionización se conoce el fenómeno por el cual los átomos o grupos de átomos pierden o adquieren electrones, y así se convierten en iones que poseen una o más cargas elementales, positivas o negativas, los rayos x y los rayos gamma son tipos de radiación idénticas, cuya única diferencia está en las fuentes de donde se originan:

- Los rayos x, también llamados rayos roentgen: se producen artificialmente en tubos especiales.
- Los rayos gamma: son emitidos de manera espontánea por sustancias radiactivas

Los rayos x fueron descubiertos por Wilhem Conrad Röntgen, investigador de la universidad de würzburg, en noviembre de 1895. Se comprobó que se generaban por el impacto de los rayos catódicos sobre un blanco de cualquier material, aunque sustancias pesadas de alto punto de fusión, como el tungsteno, resultaron ser las más convenientes. En diciembre de ese año, Roentgen anuncio su descubrimiento y como final de su demostración tomo la radiografía de una mano del profesor de anatomía, Albert Von Kölliker, quien de modo espontáneo bautizo a las nuevas radiaciones como "rayos x".1

La radiografía simple es empleada tanto en sujetos vivos, por peritaciones legales; cadáveres y restos óseos (exhumaciones), como en otras estructuras anatómicas que requieran ser evaluadas por diferentes causas, adquiriendo así imágenes radiológicas que puedan aportar y arrojar hallazgos de interés criminalístico, para la ayuda en el esclarecimiento de hechos criminales que impliquen proyectiles, cuerpos extraños, fracturas y elementos de identificación como la edad ósea.

Así mismo, presentan un valor legal que guarda íntima relación con su correcta identificación.

Para que las mismas tengan un valor medicolegal deben poseer una identificación indeleble, ya sea con números y letras plomadas o con identificadores de placas conocidos como printer. En ambos casos la leyenda identificatoria se coloca antes de la exposición a los rayos X.

Los equipos actualmente utilizados de radiología digital, tomografía computada y resonancia magnética permiten imprimir de forma indeleble los datos del paciente al tener printer incorporado.

Las radiografías identificadas con marcador o etiquetas autoadhesivas, no reúnen las condiciones óptimas de seguridad ya que pueden ser adulteradas.

Se recomienda que en la identificación conste: fecha, apellido y nombre, institución y número que porta el cadáver desde su ingreso a la morgue.

Los estudios radiológicos deben registrarse en libros foliados donde consten las placas e incidencias obtenidas, fecha, numero de autopsia, nombre completo, médico que realiza la autopsia y demás datos de interés legal.²

Identificación radiológica y antropológica

La radiología resulta de gran utilidad para la identificación anatómica, dado que es un método simple, económico y rápido que se basa en las características antropológicas del individuo. Además, las estructuras óseas se preservan en el tiempo.

Podemos a través de ellas determinar:

a) <u>Determinación de la especie</u>. Con frecuencia se suelen recibir restos aislados de huesos o fragmentos hallados, por lo que frente a esto se debe establecer si los restos son humanos o pertenecen a un animal. En caso de ser humanos se debe establecer la posibilidad de que se trate de más de un individuo, intentar descubrir el sexo, estimar la edad y por último lograr la identificación del individuo, si ello es posible.

Para realizar la identificación radiológica resulta imprescindible contar con placas premortem, aportadas generalmente por las familias a los efectos de compararlas con las post mortem. Este análisis comparativo permite establecer criterios de inclusión o exclusión.

Cualquier área del esqueleto puede ser útil para la identificación, pero existen huesos o estructuras de especial interés.

En el cráneo son de enorme utilidad los senos frontales. Estas cavidades con distinto grado y forma de neumatización resultan de vital importancia ya que no existen dos personas con senos frontales idénticos (figura 1).

Por otra parte, la forma y características de la silla turca, la región mastoidea y los canales vasculares del cráneo también pueden ser consideradas para identificación.

La radiología odontológica provee datos valiosos en el momento de la identificación, como son cantidad y tipo de arreglos dentarios, ausencia de piezas y/o tratamientos realizados (figura 2).

El estudio de la columna vertebral, comenzando por la cervical, donde incluyen en parte a las mandíbulas, puede en ocasiones ser de gran ayuda cuando no se cuenta con las placas radiográficas odontológicas (figura 3).

El estudio del resto de la columna vertebral, especialmente la forma, tamaño y disposicion de los osteofitos, apofisis transversas, espinosas y calcificaciones, brinda buenos resultados siempre que existan elementos comparativos.

El patron trabecular del calcaneo, huesos iliaco, manos, pies y torax tambien resultan importantes para la identificacion.

En ocasiones una unica peculiaridad esqueletica, malformación o secuelas fracturarias, quirúrgicas, prótesis o patología ósea preexistente pueden ser suficientes para el reconocimiento (figuras 4 y 5); en otros casos, cuando no existe detalle de relevancia, a mayor numero de detalles óseos coincidentes, menor la probabilidad de llegar a conclusiones equivocadas y mayor certeza en la individualización. Citando a Reverte Coma (médico antropólogo, investigador y escritor español), la presencia de 10 a 12 puntos de coincidencia en la zona que se analiza da la seguridad de una correcta identificación.

B) <u>Calculo estimativo de la edad ósea</u>: Se recurre para ello al análisis de los centros de osificación esquelética.

La aparición de dichos centros de osificación y las fusiones entre los cuerpos primarios (diáfisis) con sus correspondientes centros secundarios (epífisis) permite estimar la edad del individuo desde la vida fetal (alrededor de las 15 semanas de gestación si se utilizan técnicas de alta resolución) hasta qe se complete la madurez esquelética (fusión de todos los centros).

Las tablas de Greulich y Pyle son utiles para establecer la edad entre los recien nacidos y los individuos de 18 a 20 años por la aparición de los centros de osificación de la mano y muñeca diferenciando entre hombre y mujer (figura 6). Posteriormente pueden analizarse los núcleos de Risser en las crestas iliacas, hasta los 22-23 años (figura 7), y el ultimo en cerrar corresponde al extremo proximal de las claviculas en los individuos de 25 a 30 años. En todos los casos deberan considerarse variaciones individuales.

Otro indicador de edad en radiografías es la mineralización de los cartilagos costales a nivel de los petos esternocostales correspondientes al esternón, extremos distales de las costillas y de las clavículas. Esta osificación se encuentra a los 25-30 años de edad cercana al borde del esternón (grado I, leve), volviendose moderada entre los 40-50 años (grado II-III) y densa o severa despues de los 55-60 años (grado IV).

- C) <u>Determinación del sexo:</u> Puede realizarse en la mayoría de los adultos, mediante análisis de los caracteres óseos, utilizando el craneo, maxilar inferior, pelvis y patrón de osificación costal. Se debe tener en cuenta que las diferencias sexuales no son notorias hasta la madurez.
- -Cráneo: el masculino es de mayor tamaño y tipo meso o dolicocefalico, con rasgos mas pronunciados, frontal mas inclinado; la glabela, apofisis mastoides y la protuberancia occipital son robustas y prominentes. Las orbitas son mas cuadradas y angulosas. El maxilar inferior y sus condilos son de mayor tamaño, de aspecto cuadrado, y el angulo mandibular mas recto. En cambio, el cráneo femenino, es de menor tamaño del tipo meso o braquicefalico, frontal vertical: la glabela, mastoides y la protuberancia occipital son mas graciles y poco definidas. Las orbitas son mas redondas. El maxilar inferior es mas pequeño, el gonion sutil y el angulo mandibular es obtuso (+ 125°).
- -Pelvis. La masculina posee el ala ilíaca mas vertical y alta. El angulo subpubiano es agudo. Los agujeros obturadores son redondeados. La pelvis es estrecha y en forma de corazón. La sinfisis púbica es mas alta.

En la pelvis femenina el ala iliaca es mas horizontal y ancha y el ángulo subpubiano es recto u obtuso. Los agujeros obturadores son mas angostos y de aspecto triangular; la pelvis es ovalada y ancha con sínfisis pubiana baja. Asi mismo en dicho sexo solo puede verse el profundo surco preauricular del ilíaco y la osteítis condensante del iliaco. El primero de estos se observa en mujeres que han parido y esta influenciado por los embarazos, actividad física y carga genética. El segundo, corresponde a un área de esclerosis generalmente bilateral relacionada al embarazo y parto.

-Osificación de cartilagos costales: Varía y se incrementa con la edad del individuo. El patrón típico masculino es periférico e involucra solo el reborde costal inferior o el inferior y el superior. En cambio, el femenino, es central y en ocasiones presenta el aspecto de pinza de cangrejo. Asi mismo existe un patrón típico en mujeres ancianas que presentan osificaciones redondeadas múltiples centrales.³

Tanatoradiología

- <u>Cadaveres carbonizados</u>: con el objeto de detectar proyectiles, lesiones, facilitar la identificación del individuo mediante placas obtenidas de las arcadas dentales y elementos radioopacos como cadenas y pulseras.
- Cadaveres ahorcados: sera necesario tomar placas del hueso hioides en los cuerpos ahorcados y estrangulados. El hueso hioides posee forma de herradura y esta compuesto por el cuerpo, las astas mayores y las menores. La sincondrosis entre las astas suelen osificarse con la edad (figura 8). La técnica y posición del hueso debe ser adecuada de forma que se vea desplegado. Se debe colocar el block laringotraqueal con las papilas linguales hacia abajo. Luego, palpar el hueso hiodes y por debajo de él colocar un pequeño trozo de tergopor para elevar el sector. Hacer foco en el hueso. Angular el tubo a 25-30°. En los ahorcados pueden hallarse fracturas de las astas mayores, generalmente unilaterales y tambien puede fracturarse el cartílago tiroides.

• Lesiones por armas de fuego. Permite determinar:

- -Número de proyectiles: la cantidad debe relacionarse con los orificios de entrada y salida, no obstante, puede ocurrir que más de un proyectil penetre por un único orificio de entrada. También puede fragmentarse al chocar con distintas estructuras (figura 9)
- -Localización del proyectil: las placas deben incluir toda el área analizada y abarcar las partes blandas de todo el cuerpo
- -Trayectoria y dirección del disparo: los fragmentos metálicos y esquirlas pueden indicar la trayectoria probable
- -Proyectiles de diferentes calibres: el cálculo exacto no puede aseverarse por este método, ya que el tamaño de la imagen que se observa en la placa está influenciado por factores como magnificación, borrosidad, etc
- -Tipo de arma utilizada: en la mayoría de los casos no puede determinarse por este método a excepción de armas de proyectiles únicos o múltiples

Constataciones en detenidos

En individuos detenidos es frecuente constatar lesiones traumáticas (fracturas), infecciones pulmonares e ingestión de cuerpos extraños como mangos de cubiertos, hojas de afeitar o contrabando de estupefacientes. Estos suelen encontrarse en tracto gastrointestinal, recto y vagina.

Las mulas o transportistas de drogas suelen envolver la misma en profilácticos, globos o guantes quirúrgicos. En las placas de abdomen deben buscarse imágenes ovales o redondeadas de densidad variable, frecuentemente aumentada y rodeadas de un delgado halo radiolúcido por el aire residual del empaquetado (figura 10). Así mismo, los empaquetados más sofisticados, en los que se utiliza papel aluminio o látex y eliminando el aire residual, son más difíciles de detectar por radiología convencional ya que suelen pasan inadvertidos. Los casos poco claros deben ser estudiados por tomografía axial computada con contraste oral.⁴

Maltrato infantil

Es importante destacar ciertos elementos que nos deben hacer sospechar frente a un niño que puede estar siendo abusado como: discordancia entre la magnitud de la lesión y el relato, ignorancia acerca de cómo se lesionó, demoras en la consulta, detección de otras lesiones en el examen (quemaduras) o en distintos estados evolutivos y fracturas de fémur en niños que no deambulan.

Las localizaciones que nos deben llamar la atención suelen ser: arcos costales posteriores, acromion-escapula, esternón, apófisis espinosas, manos y pies en lactantes y fémur. En caso del cadáver, las radiografías deben ser tomadas siempre antes de la autopsia.

En cuanto a las lesiones, tienen alta especificidad:

 Fracturas metafisarias: en esquina y en asa de balde, se producen por tracción, estiramiento, sacudidas o retorcimiento de miembros que producen microfractura planar transmetafisaria a nivel de la esponjosa primaria. Frecuente en lactantes (figura 11)

- Formación de hueso subperiostico: provocado por despegamiento y elevación del periostio en la zona de la diáfisis. Esta lesión produce un sangrado que con el correr de los días se ira osificando (figura 12)
- Fracturas de arcos costales posteriores: cercanas a la articulación costovertebral. La compresión del tórax tomado con el pulgar por delante y los dedos por la espalda, al ser sacudido producen disrupción de la cortical y periostio de la costilla (figura 13). Esto se produce en lactantes y niños pequeños. En cambio en los mayores, son más frecuentes los golpes, patadas o puntapiés que pueden ser a nivel lateral, posterior o anterior. Así mismo pueden producir también lesiones en órganos y vísceras huecas
- Fracturas de cráneo: Junto a las lesiones del SNC, son las causas más frecuentes de muerte en niños maltratados. Suelen ser complejas, deprimidas, múltiples, bilaterales, con diástasis o de localización occipital. Los hematomas subdurales y las hemorragias retinianas son las lesiones más frecuentes.⁵

ECOGRAFIA:

Procedimiento en el que se usan ondas de sonido de alta energía (ultrasonidos) para observar los tejidos y órganos del interior del cuerpo. Las ondas de sonido crean ecos que forman imágenes de los tejidos y órganos en una pantalla de computadora. Puede utilizarse en el ámbito legal para la constatación de lesiones, como heridas de armas blancas, desgarros, laceraciones, sangrados, presencia de cuerpos extraños, entre otros.

En la medicina forense puede ser utilizada como técnica no invasiva en cadáveres y tomas de muestras mediante punción, donde toma el nombre de ecopsia (figura 14). Los resultados que se obtienen concuerdan en más del 80 % con los de la autopsia clásica, aparte de suministrar información adicional.⁶

Se utilizan sondas de baja frecuencia (3.5 Mhz) para la mayoría de los órganos y sondas multifrecuencia (5,6,7.5 Mhz) para visualizar órganos superficiales y partes blandas. El cadáver se dispone en decúbito supino excepto para la punción cerebral desde el agujero magno que se coloca en decúbito prono. En primer lugar, se coloca la sonda en el apéndice xifoides inclinándolo hacia el tórax para comprobar la muerte al faltar los latidos y los movimientos respiratorios. Desde esa misma zona se visualizan las

cavidades pleurales, pericárdica y peritoneal para comprobar si hay derrames. A continuación, se dispone el transductor de manera longitudinal en el epigastrio para visualizar el páncreas, el lóbulo hepático derecho, vesícula biliar y estómago. Posteriormente, se mueve desde la zona subxifoidea por el reborde costal derecho para ver el hígado, conducto cístico y vesícula biliar. Para observar los riñones, glándulas suprarrenales y bazo se coloca la sonda en los últimos espacios intercostales en la línea axilar posterior de cada lado y para el estudio del tubo digestivo se sitúa sobre el área del ciego y se hace un recorrido longitudinal siguiendo el colon. Desde la región suprapúbica se visualizarán vejiga, útero y ovarios, próstata y el recto y en el área paraesternal izquierda se ven los grandes vasos saliendo del corazón. En esta misma zona, en los espacios intercostales 2º, 3º y 4º se visualiza el corazón. Los pulmones se ven con la sonda colocada de forma transversal, longitudinal y oblicua, en los espacios intercostales, en zona paraesternal, líneas medio clavicular y axilar anterior y posterior. En cara anterior y lateral del cuello y cambiando la sonda a una de alta frecuencia, observamos la glándula tiroides, y arterias carótidas y venas yugulares. Para visualizar el sistema nervioso central se realiza una craneotomía mínima (neofontanela) o se accede por el agujero magno (figura 15). Esta última vía es muy interesante para enfermedades altamente contagiosas o cuando no se puede abrir el cráneo.

Paralelamente al barrido, se realiza la aspiración de los líquidos de las cavidades con agujas espinales acopladas a jeringas y la punción de los órganos y lesiones con aguja tru-cut de 14G. Primero se aspiran los líquidos para evitar su contaminación. Posteriormente, se envían las muestras recogidas a los laboratorios de microbiología y citología para su análisis. Por último, cabe destacar una indicación especial de este tipo de autopsia: el estudio del encéfalo de los mortinatos, ya que es un órgano muy vulnerable y fácilmente puede ser deformado si se extrae en una autopsia convencional. Se procede a analizar las muestras tomadas por el patólogo, que serán enviadas al laboratorio y sala de autopsia para elaborar el informe correspondiente.

Como ventajas de dicho procedimiento se encuentra que no es necesario abrir ampliamente el cadáver, por lo que es mejor aceptada por los familiares, siendo además, rápida y de bajo costo. Se diferencia de la ecografía en vida en que no hay circulación sanguínea en el cadáver lo que como desventaja genera alteraciones que cambian la ecoestructura de los órganos. En todos los casos se toma material para estudio histológico.

TOMOGRAFIA COMPUTADA (en adelante se utilizará el acrónimo: TC)

Técnica que utiliza la combinación de Rayos X y sistemas informáticos para conseguir una serie de imágenes transversales de una estructura, que ofrecen información de anatomía en tres dimensiones. Gracias a ello es posible estudiar con precisión, detalles de las vísceras, huesos, tejido muscular, graso, entre otras estructuras.

Primeras etapas

La TC fue desarrollada en 1972 por Godfrey Hounsfield y Allan Cormack como un medio de reproducir imágenes transversales (axiales) del cuerpo humano a través de múltiples conjuntos de detectores que pueden generar imágenes de múltiples 'cortes' en una rotación. Fruto de esta contribución, ambos compartieron en 1979 el Premio Nobel de Medicina.

La primera aplicación documentada en el ámbito forense se llevó a cabo en el año 1977 al analizar el patrón de la lesión provocada por arma de fuego en un cráneo. Debido a que en aquel tiempo, las limitaciones técnicas no permitían la reconstrucción en tres dimensiones (3D) del estudio y que la calidad y resolución eran pobres; son pocos los casos reportados del uso cotidiano de esta tecnología en el ámbito médico legal.

Mediante el uso de computadoras más potentes y sofisticadas que mejoran el procesamiento y reconstrucción de la imagen, permitiendo obtener imágenes rápidas de todo el cuerpo con una adquisición en tres dimensiones (3D) casi perfecta y consiguiendo que la resolución en el plano longitudinal "z", sea casi tan buena como en los planos axiales "x" e "y", se ha avanzado tecnológicamente para lograr una imagen isotrópica, que permite la manipulación de las imágenes y la revisión en cualquier plano deseado (reconstrucción multiplanar o MPR).⁷

El equipo de TC está constituido por un gantry o cuerpo vertical, que presenta un orificio central, el cual contiene un tubo de Rayos X que gira alrededor del paciente y una mesa o camilla de exploración, donde se coloca la estructura a estudiar. El gantry emite radiaciones que pasan a través del organismo u objeto, las cuales son modificadas según el coeficiente de absorción de los diferentes tejidos. Estas radiaciones modificadas son captadas en el lado opuesto por unos detectores de estado sólido o gaseoso. La ionización producida por los Rayos X en las moléculas del detector se

convierte en señales eléctricas que son transmitidas a un computador, donde se transforma en imágenes digitalizadas a la interfaz del operador.

Cabe mencionar que la técnica puede detectar y representar cuerpos extraños, fracturas, gas, acumulaciones de fluidos y calcificaciones en grandes vasos. Así mismo, su uso a través de la angiografía post mortem permite la detección de rupturas u oclusiones de vasos sanguíneos con menor calibre. Adicionalmente, dicha técnica, requiere pocos minutos para su realización y esta característica permitirá que, un gran número de cadáveres puedan ser analizados. Sin embargo, tiene limitaciones con respecto a la evaluación de tejidos blandos y órganos internos, dado que las densidades de los tejidos ante un daño o patología pueden presentar cambios tan pequeños que no pueden ser detectados por la técnica (ejemplo: para el caso de una hemorragia subaracnoidea, no se podría conocer si la causa fue por aneurisma o por malformación arteriovenosa).

La principal ventaja de un análisis por TC previo a la autopsia es que proporciona información adicional a la autopsia tradicional. Esta puede ser resumida y divida en las siguientes tres ventajas:

- 1. Detección y demostración de fracturas: análogo a la radiología clínica, el diagnóstico de una fractura se puede realizar en las imágenes de corte transversal. La forma y el patrón de una fractura son extremadamente importantes en medicina legal y forense, ya que pueden dar pistas sobre el origen de un trauma. En cuanto a una reconstrucción en 3D, esta puede ser muy útil para saber de qué lado se produjo el impacto para ocasionar la fractura. También es posible obtener información adicional sobre el instrumento que causó la lesión. Una gran ventaja de los modelos en 3D es que dan un buen panorama de las lesiones óseas y las muestra de una forma fácil de entender. Esto puede facilitar la colaboración entre médicos forenses, legistas, la policía y la justicia. Adicionalmente, fracturas pequeñas que pueden ser pasadas por alto en la autopsia, como las fracturas transversales o costales de la columna vertebral, pueden ser fácilmente detectadas
- 2. Detección de cuerpos extraños: el metal es fácilmente detectado y localizado en un cuerpo, porque este posee una mayor absorción de rayos X en comparación con el hueso y el tejido blando. En medicina legal y forense, este hecho es útil por múltiples razones. En los casos de disparos, una evaluación por TC puede mostrar los proyectiles que quedan en el cuerpo. Para la reconstrucción de homicidios y suicidios, una localización exacta de las balas, es de gran ayuda. Sin embargo,

algunas veces estos hallazgos son difíciles de encontrar con una autopsia tradicional, especialmente si la bala se ha desintegrado en el interior del cuerpo. Otros cuerpos extraños, tales como implantes médicos, también se pueden detectar fácilmente. A menudo, estos objetos son de gran interés, por ejemplo, para evaluar la correcta colocación de este tipo de implantes dentro del cuerpo en denuncias por mala práctica. Por otra parte, además de los asuntos ya mencionados, la localización y detección de implantes se utiliza para identificar un cuerpo. Los datos de la exploración pueden ser comparados con radiografías ante-mortem de la persona fallecida. Los implantes médicos más utilizados son los implantes dentales, las cuales pueden ser comparadas con los datos del odontólogo de la persona fallecida (figura 16)

3. Detección de aire: en la autopsia tradicional, la búsqueda de una embolia por aire o un neumotórax es bastante difícil. En este último caso, se tiene que hacer una "ventana pleural", removiendo la piel y apartando los músculos intercostales del tórax. Si los pulmones pasan a estar al nivel de las costillas, un neumotórax puede ser descartado. El procedimiento para confirmar una embolia aérea es aún más complicado. Después de abrir el pericardio, el espacio pericárdico debe ser llenado de agua, cubriendo por completo el corazón. El ventrículo derecho es perforado con un bisturí y hundido dentro de la herida. Si esta acción produce burbujas ascendentes de aire, se confirma la sospecha de embolia por aire. Con el uso de TC post-mortem, el gas puede ser detectado fácilmente, ya que este no absorbe los rayos X. Por lo tanto, un neumotórax puede ser localizado fácilmente, un embolismo aéreo puede ser detectado y hasta cuantificado.

Técnicas de postprocesado morfológico de las imágenes

Cuando realizamos una TC obtenemos una serie de datos brutos, con los cuales se realiza:

En primer lugar, una reconstrucción primaria en el mismo plano que en el que se han adquirido las imágenes (usualmente el axial), con un grosor predeterminado; son las que usamos para la interpretación inicial del estudio.

Posteriormente se realiza una reconstrucción secundaria de cortes más finos, que nos permite efectuar un análisis volumétrico. Es este elemento de imágenes con el que el radiólogo realiza reformateos (reconstrucciones), en otros planos del espacio distintos,

renderizaciones volumétricas o cualquier otro postprocesado que deseemos. Entre las que se destacan:

- 1. Reconstrucción multiplanar (MPR): No es una reconstrucción tridimensional en su estricto, sino una deformación geométrica del volumen de datos, generando imágenes en distintos planos. La reconstrucción multiplanar nos permite obtener imágenes con una orientación diferente a la original con la que se adquirieron los datos (axial) y a partir de estos obtener imágenes con orientación sagital, coronal, oblicua, curva o de trayecto libre (figura 17)
- 2. Reconstrucción volumétrica 3D: Las imágenes en 3 dimensiones (3D), se generan mediante una variedad de algoritmos matemáticos, que requieren el manejo de un gran volumen de información, en una serie de operaciones que incluyen la adquisición, el reensamblaje y la edición de los mismos.

Existen varias técnicas de reconstrucción tridimensional:

- a) Proyección de Intensidad Media, Medium Intensity Projection (AIP): Las imágenes AIP representan el promedio de los valores de atenuación. Con la AIP se obtienen imágenes con una apariencia similar a los tradicionales cortes axiales con baja resolución de contraste. Esto puede ser útil para la caracterización de las estructuras internas de un órgano sólido o las paredes de estructuras huecas como vasos sanguíneos o intestino (figura 18)
- b) Proyección de Máxima Intensidad, Maximum intensity projection (MIP): Las imágenes MIP muestran sólo los valores de atenuación más altos. Son especialmente útiles para crear imágenes angiográficas, urográficas y pulmonares (figura 18)
- c) Proyección de Mínima Intensidad, Minimun intensity Projection (MinIP): Las imágenes MinIP muestran sólo los valores de menor atenuación. Esta técnica puede ser útil para valorar la vía aérea, zonas de atrapamiento aéreo y en la detección de enfermedad de las vías aéreas pequeñas (figura 18)
- d) Reconstrucciones de Sombreado de Superficie, Shadow Surface Rendering (SSD): Se fundamentan en la representación tridimensional de las superficies dentro de un volumen de datos determinado (figura 19)
- e) Representación de Volumen, Volume Rendering (VR): Es una técnica de reconstrucción tridimensional que consiste en: la asignación de valores de opacidad de 0% a 100%; la reproducción de un tipo específico de tejido

- (hueso, tejidos blandos, vasos, aire o grasa) y el sombreado de escala de grises y color (figura 20)
- f) Segmentación de volumen: herramientas de corte: La segmentación permite, con sus herramientas de corte, que algunas porciones de la imagen puedan ser selectivamente incluidas o excluidas. Este proceso requiere el reconocimiento del tejido, así como la delineación de límites espaciales entre los tejidos. Se puede realizar de forma automática o manual (figura 21)

La combinación de estas técnicas genera valor diagnóstico ya que presentan una reconstrucción tridimensional de la anatomía y hacen más entendibles las informaciones radiológicas por parte de los médicos forenses a otros profesionales del ámbito judicial como jueces y fiscales.⁸

Contexto médico multidisciplinario

En este contexto médico multidisciplinar, resulta frecuente que el médico-forense o legista sea llamado al concurso de la investigación de las lesiones cuando la lesión ya ha sido tratada (cerrada-suturada o incluso intervenida), por lo que la apreciación de las características de aquella como son la morfología, colorimetría y demás, resulta distorsionada o simplemente imposible de realizar y con ello difícilmente se pueda valorar trayectorias, distancias; en general los parámetros necesarios para poder dar una determinada credibilidad a una u otra versión sobre lo sucedido.

El uso de 3D-CT en el área forense-legal ofrece grandes beneficios como la posibilidad de ilustrar detalles de lesiones óseas, trayectos de lesiones o identificación de cuerpos extraños (proyectiles o esquirlas). Esto permite la demostración gráfica de estos hallazgos, incluso para aquellas personas que trabajan en el ámbito legal, pero que no cuentan con conocimientos médicos, como policías, abogados o jueces. Dicho método se convierte en otro elemento a tener en cuenta demostrando la importancia tanto de corroborar una dinámica lesiva como de saber trasmitirla al tribunal y en su caso a un jurado.

RESONANCIA MAGNETICA

La resonancia magnética (en adelante se utilizará el acrónimo: RM), trabaja basada en las propiedades mecánico-cuánticas de los núcleos atómicos. Para llevar a cabo su función, hace uso de un juego de poderosos electroimanes, creando campos magnéticos al circular la corriente por las bobinas de los mismos; estos campos estimulan los átomos de hidrógeno, que, una vez excitados, vuelven a su posición de equilibrio, produciendo una señal que es recibida por los transductores, luego transformada a una señal eléctrica y posteriormente convertida en la imagen física de la estructura a estudiar.

De la imagen resultante se desprenden múltiples posibilidades de edición, pudiendo emplear secuencias para suprimir, recortar, aumentar o resaltar imágenes. Por ejemplo, utilizar los contrastes para retirar (de la imagen) el tejido graso y aumentar la intensidad del tejido conectivo para observar en una secuencia especializada, la articulación de la rodilla, o suprimir la señal del agua para aumentar la señal de tejido y observar el parénquima cerebral; la gran ventaja de la RM es que cada secuencia tiene tanto un fin determinado como una estructura, para así observar desde diferentes vistas de esquema la estructura, concluyendo en el diagnóstico más acertado.⁹

Esta técnica puede representar lesiones de tejidos blandos y patologías claramente. Por otra parte, su uso no se limita, puede ser usada para examinar víctimas vivas de actos violentos, dado que es un método no ionizante. No obstante, sus prestaciones no se masifican principalmente debido a sus altos costos, la necesidad de escáneres de alto campo para autopsia perinatal, el tiempo prolongado entre exámenes, la imposibilidad de mostrar en forma directa el calcio en el tejido óseo, así como un considerable riesgo de incidentes si no se cumplen las normas de seguridad en el área de imagenología (ejemplo: Efecto misil, introducción inadvertida de pacientes con contraindicaciones, quemaduras).

Estos modernos métodos de imagen (CT y RM) proporcionan datos reales y tridimensionales de la superficie y las estructuras internas corporales. Esta información se almacena en ficheros DICOM (un protocolo estándar en adquisición de imagen radiológica).

En realidad el acrónimo DICOM no se refiere a una definición de un fichero gráfico. El término contiene las iníciales de: "Digital Imaging and Communications in Medicine", y

especifica una serie de protocolos y formatos gráficos para el intercambio de imágenes, datos e información asociada para aplicaciones médicas.

Sobre estos ficheros pueden realizarse muchos procedimientos de análisis de imagen, tales como visualización interactiva, morfometría y reconstrucciones tridimensionales. Estas tareas son realizadas de una manera no invasiva y no destructiva, pudiéndose almacenar los resultados para documentación del caso (figura 22).¹⁰

En el Instituto de Radiología Diagnóstica del Hospital Universitario de Berna, la RM de las personas fallecidas se lleva a cabo en un sistema de 1,5 T (Signa v5.8, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, EE.UU.). Para ello, los cuerpos son envueltos en dos bolsas para cadáveres, antes del examen. Se proceden a escanear cabeza, tórax y abdomen, y, según el caso, otras zonas del cuerpo (por ejemplo, extremidades lesionadas). Con la ponderación de contrastes diferentes se adquieren las imágenes coronal, sagital y axial (T1 spin-eco y T2-ponderados rápido spin-echo secuencias con y sin saturación de grasa, turbo secuencias de recuperación de la inversión y las secuencias de eco de gradiente). Cuando se esperan encontrar hallazgos cardíacos, se adquieren imágenes de los ejes corto, horizontal y vertical del corazón. El rango de los tiempos de adquisición es de 1,5 a 3,5 h. Similar a la RM clínica, la medicina forense también está utilizando esta herramienta para detectar hallazgos patológicos de los tejidos blandos, como grasa subcutánea y de los órganos internos. Del mismo modo, mediante el uso de RM con TC se pueden detectar hemorragias fatales e hipotermia. Una aplicación especial de la RM es la estrangulación fatal en ahorcados. Esta técnica se usa como una herramienta adicional para el examen externo de víctimas que sobrevivieron a la estrangulación, debido a que ésta no es invasiva y a que el examen no requiere exposición a radiación (figura 23).

FOTOGRAMETRIA DIGITAL Y ESCANEO DE SUPERFICIE EN 3D

Además de las técnicas radiológicas para la documentación de los resultados internos en el proyecto Virtopsia (véase más adelante, en apartado "Virtopsia"), la fotogrametría digital y el escaneo de superficie en 3D, se utilizan para la documentación de los hallazgos externos y de lesiones infligidas por instrumentos. Para este método, se usa el sistema GOM TRITOP/ ATOS III (GOM, Braunschweig, Alemania), el cual reproduce la geometría de un objeto en 3D, con alta resolución. La digitalización de un objeto consiste en dos pasos. En primer lugar, la fotogrametría se realiza para predefinir puntos discretos del objeto. Por lo tanto, se aplican al objeto objetivos de referencia y

marcadores de código, así como las escalas codificadas. A continuación, se toman varias imágenes desde diferentes puntos de vista. Las fotos se transfieren a la computadora y el software TRITOP calcula las coordenadas 3D de los puntos de referencia. Durante el escaneo de superficie en 3D, que constituye el segundo paso del proceso de digitalización, las exploraciones sencillas de estos puntos de referencia se combinan, de forma automática, a partir de diferentes puntos de vista alrededor del objeto, generando un conjunto completo de datos en 3D. El escáner de superficie ATOS III consta de una unidad de proyección central y dos cámaras digitales montadas al lado del proyector. Un patrón de franjas es proyectado sobre la superficie del objeto, el cual es registrado por dos cámaras CCD (por sus siglas en inglés charge-coupled device). El sensor está conectado a una computadora de gama alta. Todas las imágenes capturadas son inmediatamente transferidas. Basado en el principio de triangulación, el software de escaneo ATOS calcula coordenadas 3D de hasta 4 millones de puntos de superficie por medición. Los resultados de estos métodos de digitalización son modelos en 3D a color, basados en datos reales, de la superficie de un cuerpo, un accidente vehicular o un arma. Los modelos muestran hasta las más mínimas lesiones o defectos. Combinados con los datos radiológicos, estos modelos son empleados para reconstrucciones de accidentes y homicidios. Por ejemplo, la reconstrucción basada en datos reales puede ser usada para comparar una herida de bala con una pistola, la cual se encontró en la escena del crimen. El modelo 3D de la presunta arma puede ser combinado con el modelo de la lesión. La morfología de la lesión puede ser comparada con la figura de la pistola. Esto puede probar que la pistola es el objeto causante del daño y también revela la posición exacta de la pistola en el momento del disparo (figura 24). Esta situación es importante, especialmente, en casos donde se sospecha un suicidio. En accidentes de tránsito, las reconstrucciones de la evolución de un accidente, especialmente la situación de impacto, se puede realizar mediante la comparación de las lesiones de la persona y los defectos de los vehículos, mediante el uso de los datos 3D de superficie (figura 25). Esta herramienta es muy útil para la reconstrucción de accidentes de tránsito complicados, donde una autopsia tradicional difícilmente conduce a una solución del caso.11

Autopsia Virtual/ Virtopsy

Historia

La Virtopsia nació a mediados de los años 90, como un proyecto de investigación del Prof. Richard Dirnhofer (figura 26), Director del Instituto de Medicina Legal de la Universidad de Berna, Suiza; llevado a cabo en estrecha colaboración con el Instituto de Radiología de la Universidad de Berna, dirigido por el profesor Peter Vock y luego Gerhart Schroth.

Durante esos años, se pidió una segunda revisión de un juicio de alto perfil en Suiza y entre otras cosas, la determinación del arma del crimen. En particular, se había pedido a los médicos legales que establecieran, si se trataba que una llave de trinquete/tuercas, podría ser el arma que ha causado dos lesiones específicas, óseas y cutáneas, a la víctima. En este caso, que había sucedido varios años antes, la atribución de la llave de trinquete/tuercas como arma, tenía que basarse en la visualización de las fotografías de las lesiones de la piel. Una porción del cráneo de la víctima con una fractura importante que parecía reproducir su forma todavía se conserva. El problema de establecer una relación entre la forma de una herida en la superficie del cuerpo de la víctima y de un instrumento sospechoso, fue el impulso para un nuevo proyecto de investigación. Para esto se realizaron modelos anatómicos, que reproducen la superficie corporal y una pregunta adicional era entender cómo las imágenes se podrían reproducir en 3D de forma no invasiva.

Discutiendo este caso, el Dr. Walter Bruschweiler, director del Departamento de Biología de la Policía Científica de Zurich y el profesor Dirnhofer, tuvo la idea de utilizar el método de la fotogrametría para demostrar la asignación de la prueba. A continuación, encargaron a Marcel Braun, un oficial de policía técnica, un experto en el campo del método de la fotogrametría, que se utiliza para los relieves de accidentes, para "mover" la técnica fotogramétrica de la macro área de la reconstrucción de accidentes a la micro área de lesión "patrón". Con una transferencia de fondos desde Berna a policía de Zurich, Braun recibió todo el equipamiento necesario para llevar a cabo su tarea.

En los años siguientes, la visualización 3D de las lesiones en el molde y la posible documentación 3D de análisis, que se utiliza para incluir o excluir posibles armas, el

proceso forense se convirtió en el punto de apoyo de los estudios del Instituto de Medicina Legal de Berna y nació una empresa conjunta entre la policía de Zurich, y dicha institución. Se utilizaron cámaras inicialmente normales, para la documentación fotogramétrica, películas y proyectores especiales con esgrafiado, todos desarrollados por Braun. Los primeros ensayos se realizaron de cabezas de cerdo y las lesiones se documentaron utilizando técnicas y reconstrucciones manualmente. Los métodos probados, fueron llevados al servicio forense.

El Instituto de Medicina Legal de equipo de Berna dirigido por profesor Dirnhofer, investigando el caso de una herida de bala en la cabeza, tenía la oportunidad de comparar las imágenes de tomografía computarizada con los hallazgos descubiertos en la autopsia. Los investigadores vieron que toda la evidencia recogida en el examen postmortem, también podría ser encontrado a través de las imágenes radiológicas como la introversión de márgenes en el orificio de entrada de la bala, la aparición en forma de embudo del proyectil, el cruce a través del hueso, el canal que crea la bala a través del cerebro, los fragmentos de hueso, el aire y el orificio de salida con la extroversión de los márgenes y el diámetro más grande. Sorprendido por la cantidad de datos obtenidos por la TC, comenzaron a pensar en la restauración de una idea que nació con la obtención de imágenes post mortem.¹²

Inicialmente, dichos proyectos de investigación sobre virtopsia fue visto por muchos como una traición, a las actividades tradicionales y clásicas de la medicina forense (inspección externa y / o autopsia), pero en realidad las investigaciones radiológicas, incluyendo TC y RM, representan la evolución de la centenaria tradición de la técnica de la autopsia, la introducción de nuevas ideas y elementos adicionales en el campo de la investigación legal y forense.

La Virtopsia no sólo es el punto de encuentro entre dos disciplinas médicas, para el diagnóstico radiológico y la medicina forense, sino también la evolución y tal vez una revolución en la medicina.

La autopsia virtual, es en el campo de la medicina la oportunidad de interacción entre el radiodiagnóstico más estrictamente clínico, TC, RM y medicina forense, que consisten esencialmente en las investigaciones de radiográfica básica, autopsia y las investigaciones histológicas.¹³.

Recientemente, se ha acuñado el término "virtopsia" para denominar el conjunto de procedimientos por imágenes digitales con finalidad forense, que pueden realizarse sobre ficheros obtenidos mediante radiología digital. Tales técnicas tienen aplicaciones en Patología y también en Clínica Forense. Se utilizan equipos y métodos de alta tecnología como resonancia magnética, tomografía axial computarizada y radiología, donde el médico puede visualizar los hallazgos en imágenes digitalizadas y/o realizar una reconstrucción exhaustiva de lo ocurrido en el cuerpo de la víctima.

Las aplicaciones de esta visualización en el campo forense, tanto en el vivo como en el cadáver, son inusitadas. Por ello, de la misma manera que un patólogo forense precisa conocer las técnicas macro y microscópicas de examen, la virtopsia requiere del prosector virtual que posea un profundo conocimiento de los recursos informáticos que posibilitan este tratamiento de la imagen digital.

La virtopsia debe ser considerada no sólo como un procedimiento post-mortem (complementando, pero no sustituyendo a la autopsia tradicional), sino como un modo de examinar partes corporales de una manera interactiva en el fallecido (Figura 27). Actualmente las necropsias virtuales o virtopsias son la herramienta digital con la que la medicina forense, de países desarrollados, comienza a analizar los cadáveres. La importancia para la comunidad Médico Legal reside en que los estudios de imágenes digitales responden de forma muy válida a dos fundamentos generales muy importantes en la práctica de la medicina forense: desde un punto de vista científico, proporciona una mejor comprensión de los hechos, y desde una visión didáctica permite exponer claramente de cara al tribunal lo que realmente ocurrió.

Las ciencias forenses en algunos países han evolucionado mediante la implementación tecnológica de métodos avanzados para la realización de autopsias: uno de ellos es la autopsia virtual, un procedimiento no invasivo en el cual se muestran imágenes en tres dimensiones mediante un escaneo general del cuerpo (figura 28 A, B y C). También se han ido incorporando nuevas técnicas que permiten la utilización de imágenes de alta resolución, las cuales generan un conjunto de datos almacenados (ficheros) que permiten la reconstrucción 3D, 4D y 5D del cuerpo en examen, y permiten la ejecución de diferentes tipos de análisis y procesamiento de imágenes y observación corporal de un individuo de una manera indirecta pero precisa e interactiva (figura 29). Esta innovación tecnológica se presenta como un instrumento de importante utilidad para el

área forense, debido a la capacidad de realizar un escaneo de toda la superficie del cuerpo, para propiciar la pronta detección de la causa de muerte y agilizar el proceso legal referente al caso de estudio.

La autopsia no sólo consiste en describir hallazgos como cambios anatómicos o patológicos, sino también en transmitir los resultados mediante un fundamento científico de un trabajo en equipo, que contribuya a esclarecer las posibles causas de las muertes súbitas o de los homicidios; es poder entregar herramientas que soporten las responsabilidades legales a partir de los aportes y experticias de un profesional.

¿La autopsia clásica está obsoleta o la seguimos considerando una actividad central médica? La autopsia clásica no es una práctica obsoleta sino una herramienta fundamental y el modelo conceptual de la investigación de las causas de muerte. La estrategia consiste en articular los estudios tradicionales con los innovadores.

Creemos que el languidecer de la autopsia de hospital, responde a que el estudio *postmortem* es considerado, erróneamente, un procedimiento anticuado y obsoleto. Se atribuye a la resistencia de los administradores por el alto costo del método, a la práctica de la medicina defensiva por el temor de los médicos a los juicios de mala práctica, a la exposición de su prestigio ante los hallazgos de necropsia, y al exceso de confianza en la nueva tecnología para diagnóstico.

Prosperan, sin embargo, las autopsias forenses.

Con lo anterior en mente, es bueno resaltar los beneficios para la investigación en los estudios forenses de la RM, entre ellos, se cuenta con una mejor definición en la imagen, capacidad de reducir o intensificar la señal de cualquier tipo de tejido, posibilidad de realizar reconstrucciones en 3D para realizar esquemas completos de cualquier región del cuerpo, entre otros.

Por su parte, la TC proporciona distintos grados de libertad para la imagen, facilitando establecer una correlación directa con los datos radiológicos ya adquiridos, siendo útil cuando el individuo en estudio presenta artefactos en su cuerpo. Como la RM, el uso de la TC post mortem, puede detectar o presumir trauma fatal en el diagnóstico de la causa de muerte después de accidentes u otros de conclusiones fatales.

Bajo esta lógica podemos deducir que la necropsia virtual o virtopsia es un procedimiento multidisciplinario por el uso de los procedimientos médicos mencionados.

Por lo anterior, la creación de la virtopsia se ha dimensionado como una técnica de nueva generación, mínimamente invasiva e independiente del experto forense que, habitualmente, emite conclusiones después de un examen post mórtem a través de una técnica convencional.

La virtopsia, al igual que la autopsia convencional, tiene un enfoque multidisciplinario que integra la medicina forense, la patología, la radiología, el procesamiento de imágenes, la física y la biomecánica. La virtopsia posee cuatro estrategias de análisis: 1) escaneo de superficie tridimensional (3D)/ fotogrametría de diseño asistida por computadora; 2) tomografía computarizada multicorte (TCMC); 3) imagen por resonancia magnética (RM), y 4) espectroscopía de resonancia magnética.

A continuación, se define cada una de las estrategias:

- 1. Escaneo de superficie tridimensional (3D)/ fotogrametría de diseño asistida por computadora: Es un método basado en realizar mediciones usando fotografías; se toman varias fotografías diferentes desde diversos ángulos y se analizan mediante el software TRITOP/ ATOS II (GOM, Braunschweing, Alemania) (Dirnhofer et al., 2006). Este software utiliza imágenes de alta velocidad y sensores remotos para construir una imagen integral en 3D de las características de la superficie del cadáver (figuras 30 y 31)
- Tomografía computarizada multicorte (TCMC): Exhibe la arquitectura del tejido duro en múltiples secciones, y permite identificar cualquier cambio en él (Figura 32)
- Imagen por resonancia magnética (RM): Muestra las condiciones del tejido blando y conduce a la identificación de cambios en él. La TC y la RM conjuntamente permiten la diferenciación de las estructuras adyacentes (Figura 33)
- Espectroscopía de resonancia magnética. Proporciona una imagen o información bioquímica del cuerpo. Emplea metabolitos en el cerebro que emergen de la descomposición post mórtem y que permiten estimar el momento preciso del deceso (Figura 34)

Como técnicas complementarias se presentan:

 Tomografía microcomputarizada: Los casos especiales requieren modificaciones de las técnicas mencionadas anteriormente. Así, el Instituto de Física Médica de Erlangen, Alemania, desarrolló un escáner para obtener imágenes de 3D con una resolución isotrópica que oscila entre 10 y 100 μm; este escáner es sensible para examinar muestras de diámetros que varían de 4 a 40 mm

- Microscopía de resonancia magnética: Permite obtener imágenes anatómicas in vivo de los globos oculares, los cuales son embebidos en parafina, se cortan en secciones de 6 µm, y se realizan tinciones con hematoxilina y eosina. Con el avance de la robótica, propenderá por el diseño de virtobots, máquinas que permitirán combinar la adquisición de datos provenientes de las cuatro estrategias de análisis empleadas en la virtopsia
- La Tomografía Computarizada Multidetector (TCMD), y su nueva modalidad la DSCT (de las siglas en inglés, Dual Dource Computed Tomography), es la herramienta usada con mayor frecuencia en todo el mundo en el estudio de las lesiones y de las causas de muerte de un individuo. Por lo tanto, la identificación de hematomas ocultos, el estudio del impacto de armas de fuego y blancas y la respectiva trayectoria de la lesión, pueden ser de suma utilidad en el esclarecimiento de un caso. Además, las mediciones morfométricas de las lesiones son exactas y permiten una exhaustiva documentación del caso, que se puede someter a exámenes tantas veces como sea posible.

Ahora bien, para realizar una virtopsia se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- Inicialmente, se prepara el cuerpo para el estudio, el cual será analizado por medio de adquisiciones digitales como la tomografía computarizada, resonancia magnética, escáneres de superficie, fotografía, entre otros elementos digitales, de manera conjunta, mediante un equipo que las integra, o de manera individual
- 2. Identificar las estructuras anatómicas, separando las imágenes digitales y áreas de interés en ficheros DICOM, etiquetándolas para identificar el tejido o el área del cuerpo que se va a analizar, como sistema nervioso central, sistema respiratorio, cardiovascular, cavidad abdominopélvica; piel, tejidos subcutáneos, músculos, politraumatismos y heridas por proyectil de arma de fuego
- 3. Si se desea realizar morfometría o registro, se procede a asignar puntos a cada uno de ellos, con el fin de ubicar exactamente las estructuras anatómicas, esto

- es, mediante fotogrametría, que es una técnica que se utiliza para determinar las propiedades geométricas de los objetos y su situación espacial a partir de imágenes, haciendo corresponder los puntos en la tomografía computarizada o la resonancia magnética y los que se obtienen del escáner de superficie
- 4. Después de obtener las imágenes, el escáner permite hacer exploración de superficie y reconstrucciones multiplanares en 3D, con cambios colorimétricos y/o bioquímicos de las estructuras, a decisión de quien analiza el estudio. El procesamiento posterior de las imágenes puede proporcionar una visualización útil para presentar como prueba en un juicio. También se cuenta con un brazo robótico incorporado que permite al operador guiarse por las imágenes adquiridas del cadáver y obtener muestras post mórtem de órganos y tejidos. Las muestras de tejido se pueden utilizar para citología, histología química y análisis microbiológicos posteriores. Las muestras para examinar pueden tener tamaños con diámetros entre 4 40 mm. Se emplea un software que permite procesar y modificar las imágenes obtenidas, es decir, las imágenes pueden ser giradas, realzadas, amplificadas, medidas y convertidas en un modelo tridimensional, el cual, a su vez, también puede ser manipulado mediante ampliaciones y rotaciones posteriores para ser observado desde diferentes ángulos o perspectivas.¹⁴

Es útil el empleo de herramientas radiológicas en casos traumáticos, como fracturas óseas, lesiones no accidentales en niños y lesiones por arma de fuego. También es importante en muertes por ahorcamiento, estrangulamiento y ahogamiento, tanto en un cuerpo putrefacto como carbonizado. Por su parte, la resonancia magnética y tomografía computarizada (RM-CT) es el método de elección para investigar casos de muerte traumática, cuerpos descompuestos y carbonizados; es útil para determinar si una lesión ha sido causada o es accidental. Los datos obtenidos mediante esta metodología incluyen, por ejemplo, ubicación, tipo y configuración de una fractura, y a través de ellos se puede determinar el punto de impacto y su dirección, así como la forma del objeto con el que se causó la lesión. De otro lado, en diferentes tipos de desastres masivos por causas naturales, accidentes o como resultado de acciones terroristas, se requiere el procesamiento y la identificación de un número elevado de víctimas; de esta manera, la disponibilidad de MR-CT, sala de informes y sistemas de enfriamiento, en esas circunstancias, se considera un gold estándar en víctimas masivas.

Ficheros DICOM:

Un fichero DICOM puede verse como un lote de imágenes que son descritas y ordenadas por un fichero de índice, denominado DICOMDIR. Los segmentos que componen la pila son cada uno de los cortes que el TC o la RM han producido. Usualmente, hay tantas listas (pilas) como áreas de cortes paralelos entre sí. Ello posibilita que, mediante software apropiado, puedan reconstruirse regiones corporales en tres dimensiones.

Cada fichero DICOM consta de una cabecera, en la que figuran datos del paciente junto con otros de la adquisición (tipo de técnica de imagen, calibración, etc.), y de datos de imagen (información en dos dimensiones o en tres dimensiones). ¹⁵

El protocolo DICOM contiene, pues, diferentes elementos que, en una gran mayoría, son imágenes con información asociada, ambos encapsulados en ficheros susceptibles de ser sometidos a intercambio y lectura por estaciones DICOM (ordenadores) con software apropiado.

El protocolo DICOM fue desarrollado originalmente por la "National Electrical Manufacturers Association (NEMA)" y el "American College of Radiology" para imágenes TC y RM. ¹⁶

Actualmente está controlado por el "DICOM Standards Comité". El sistema DICOM usa TCP/IP (el estándar de Internet) como protocolo de transporte.

Se trata de un formato en expansión, que no se limita al campo del análisis de imagen. Así, por ejemplo, se han comunicado experiencias de integración de estos ficheros con programas de exposición de imágenes e información médica al objeto de poder emplearlos eficazmente en presentaciones médicas.

La mayoría de los sistemas de imagen obtienen ficheros DICOM, pero existen equipos que generan formatos concretos. Para tales ficheros de imagen propietarios existen herramientas de conversión a DICOM.

Veamos ahora las principales técnicas de API (análisis y proceso de imagen), que se realizan sobre estos ficheros.

-Software de API:

Son programas de ordenador que permiten efectuar los procedimientos de API.

Existen en el mercado múltiples aplicaciones comerciales que pueden realizar tareas de visualización DICOM y API. Sin embargo, su costo no se encuentra al alcance de todos los centros, lo que no impide que podamos emplear otros procedimientos.

Afortunadamente, abundan los programas que, además de leer ficheros DICOM haciendo posible su visualización, incorporan rutinas de API, permitiendo algunos de ellos generar o leer modelos tridimensionales. Unos son "freeware o shareware" y otros comerciales. Algunos visores DICOM de dominio público, tienen, incluso, capacidad cliente-servidor.

Muchos equipos de CT y RM disponen de software propio capaz de realizar estas tareas, incluso mediante reconstrucciones tridimensionales. Sin embargo, las tareas de API deben ser realizadas más en el lado del cliente (usuario) que del servidor (radiología) pues aquél es el que conoce para qué pretende emplearlas.

-Técnicas de proceso:

Se trata de operaciones de índole manipulativo, destinadas a modificar alguna de las características de la imagen con diferente finalidad, que puede ir desde la mejora de su calidad, hasta el realce de detalles poco visibles o la detección de elementos apenas visibles u ocultos al ojo humano. Estos procesos pueden incluir:

- Magnificación
- Filtrado
- Detección de bordes
- Manipulación de paletas
- Sustracción de fondos y de imágenes
- · Reconstrucción (2-d, 3-d)
- · Interacción de píxeles (división, multiplicación, suma, resta, etc.)
- Manipulación matemática de píxeles (mediante operaciones aritméticas o funciones)
- Segmentación
- Otros

Técnicas de análisis:

Se trata de operaciones de índole mensurativo efectuadas sobre una imagen, y de cuyos resultados pretendemos obtener información acerca de algunas de las características del objeto u objetos a que corresponde dicha imagen.

Aquí priman los cálculos como elemento principal de lo analizado. No se utilizan funciones para manipular la imagen (esto sería más bien un proceso) sino que se

pretende obtener datos numéricos del objeto al que pertenece la imagen a través del análisis de ésta.

Pudiendo, así, medir su tamaño, su forma, su perímetro, el número de objetos determinados, su densidad óptica, su color, la distancia entre objetos o formas, ángulos, trayectorias, etc. Las técnicas podrán, así, incluir la:

- Morfometría
- Densitometría
- Reconstrucciones tridimensionales
- · Otros procesos (contaje, colorimetría, etc.)

En la virtopsia pueden emplearse cualquiera de estas técnicas, tanto de análisis como de proceso. La ventaja es que podemos hacerlo interactivamente y sin alterar el modelo, que quedará siempre a nuestra disposición para continuar el análisis interactivo.

Algunos han llamado visualización interactiva de imagen a la posibilidad de examinar los ficheros obtenidos por las técnicas de radiología digital, mediante una interactuación en tiempo real con las imágenes obtenidas. Esto es, en realidad, una combinación de las técnicas de proceso y de análisis de imagen pues podemos girarla, realzarla, magnificarla, medirla, convertirla en un modelo tridimensional, que, a su vez, puede ser manipulado. Lo que permite dicha visualización interactiva es aplicar toda la potencia de los recursos de API al estudio de un fichero que contiene información del cuerpo, y efectuarlo en tiempo real.

Técnicas 3D:

Se han aplicado a múltiples campos en Medicina y Biología. Entre ellas distinguimos principalmente dos tipos:

A) Reconstrucciones:

Las reconstrucciones tridimensionales son unas de las técnicas que producen resultados más espectaculares dentro del análisis de imagen vinculado a la autopsia. Su empleo como elemento capaz de proporcionar información sobre las lesiones y también como patrón reconstructivo del suceso, ha sido recientemente enfatizado. Los ficheros de imagen contienen a su vez, información acerca de la estructura molecular y mineral del espécimen con lo que podrían, en un futuro, a través de la reconstrucción adquirirse incluso las propiedades físico-químicas del objeto (resistencia, elasticidad, coeficiente de

rozamiento, peso, deformabilidad, etc.). Ello es de gran importancia en reconstrucción 3D pues si sabemos, por ejemplo cuales son las características físicas de una cabeza conoceremos, por ejemplo que fuerza hay que aplicar para romper el hueso en ese caso, lo que sería enormemente útil desde el punto de vista médico-legal. También es posible, conocidas tales características, reconstruir en animación, por ejemplo un puñetazo que dio con el sujeto en el suelo o cualquier otro tipo de suceso con una gran fidelidad y resolver problemas tales como el modo de producción de unas lesiones craneales. (Figura 35)

B) Dramatizaciones:

Son recreaciones animadas más o menos fidedignas de un suceso a partir de los elementos de índole científica que puedan obtenerse del hecho. Es deseable que los datos se aproximen con la mayor exactitud a elementos cuantificables obtenidos del suceso. Es decir, que tantos más elementos de dicha índole tengamos menos podremos hablar de dramatización y más de reconstrucción. Pese a ello la dramatización resulta extraordinariamente útil en el contraste de varias hipótesis en un caso. En ocasiones esta simulación puede bastar para rechazar alguna de ellas, sin que se confirme, lógicamente ninguna, lo que siempre es mejor que nada. En ocasiones los testigos a los que se les presentan pueden proporcionar sobre la pantalla datos fiables en cuanto a cuál de ellas es la más cercana a la realidad.¹⁷

Identificación. Superposiciones:

Las superoposiciones fueron usadas por primera vez en 1935 para identificar restos esqueléticos. Inicialmente la técnica incluía la superposición de una transparencia del cráneo sobre una fotografía ante-mortem del sujeto que ha sido reescalada al tamaño correcto y tomada desde los mismos ángulos fotográficos que aquélla. Los dos principales problemas de estas técnicas cuando partimos de fotografías y radiografías son:

- 1.- El factor de magnificación. Las dos imágenes (ante y postmortem) no han sido realizadas a igual distancia ni con análogo zoom. Es necesario, por tanto, reescalar una fotografía al tamaño de la otra
- Paralaje. La imagen del cráneo debe ser tomada en el mismo ángulo que lo fue la fotografía original.

Para solventar el primero de estos problemas se han usado numerosos procedimientos. Se han empleado los objetos que se sitúan en el mismo plano de la fotografía (objetos personales como la corbata, las gafas, etc.) pueden utilizarse para reescalar la imagen del cráneo hasta las dimensiones de la fotografía ante-mortem. Esto tiene el inconveniente de que si el objeto utilizado no se halla en el mismo plano que la cara no podría ser empleado para el reescalado pues la distancia no sería la misma.

El empleo de imagen digital procedente de técnicas radiológicas permite la corrección del paralaje pues podemos girar el modelo tridimensional o multiplanar en el sentido apropiado y superponerlo con la imagen problema. También es posible la realización de morfometrias comparativas entre los datos de la técnica de imagen y la iconografía previa del sujeto.

La TC y la RM permiten visualizar el rostro del sujeto en un modelo tridimensional, lo que podría aplicarse en el futuro a la realización de esculturas forenses virtuales a efectos identificativos.

Las aplicaciones de la virtopsia son importantes en algunas áreas forenses como patología y antropología forense, tanatología, accidentología vial, entre otras, al determinar el tiempo de muerte, la identificación de individuos y la exposición a agentes tóxicos, así, se convierte en una alternativa o prueba pericial adicional en algunos casos forenses (Badam et al., 2017). La reconstrucción 3D permite la producción de resultados más específicos y esperados dentro de un análisis de una imagen digitalizada, es capaz de reconstruir cualquier tipo de lesión y, por ende, del suceso ocurrido asociado al caso (figura 36). Además de generarse un modelo tridimensional, éste puede ser sometido a visualizaciones interactivas, es decir, se pueden procesar virtualmente estas imágenes y someterlas para la determinación de cálculos de volúmenes, trayectorias, ángulos o cualquier otro objeto con evidencia de interés. También se utiliza en las reconstrucciones animadas de los diferentes sucesos a partir de los elementos materiales probatorios y evidencias físicas de índole científica que puedan obtenerse del hecho. De esta manera, podría facilitarse la obtención de resultados y conclusiones que favorezcan la aceptación o rechazo de las posibles hipótesis planteadas en el caso. Por lo anterior, con la virtopsia se pueden reconstruir regiones corporales, realizar una visualización de los ficheros para examinar datos obtenidos por las técnicas de radiología digital en tiempo real de las imágenes, siendo esto, una combinación de las técnicas de proceso y de análisis de imagen, que permite girar, realzar, medir, convertir una imagen en un modelo tridimensional para el desarrollo de una mejor inspección del cuerpo.18

Indicaciones de la virtopsia:

En general incluyen:

- Casos en los que la autopsia no es estrictamente necesaria (la dinámica de la muerte ya es suficientemente clara)
- Los casos en los que la autopsia no ha sido fácil (carbonizados, gran trauma, niños, el acceso en áreas anatómicas difíciles)
- -Casos en los que no se requiera la autopsia

Ventajas de virtopsia:

- -Mini-invasivo (evita la destrucción y desfiguración del cuerpo)
- -Estrés psicológico para los miembros de la familia
- -Velocidad de ejecución
- -Bajo costo
- -Permite una autopsia mejor dirigida
- -Permite una mejor conservación de los resultados del examen post-mortem (revalorizado en cualquier momento, incluso después de muchos años)
- -Se permite un flujo más fácil de la información (segunda opinión de especialistas en todo el mundo)
- -Edición de imágenes 3D
- -En un tribunal, se pueden mostrar fácilmente las imágenes clave y hay una mejor comprensión de los detalles importantes, gracias a las reconstrucciones 3D de postprocesamiento

En un proceso legal, el método por el cual se prueban los hechos es crucial. La transmisión de imágenes en la pantalla en la corte permite una mejor comprensión y valoración de la prueba en cuestión, se puede mostrar todo el cuerpo y, por ejemplo, los escenarios alternativos propuestos por la acusación se pueden probar o refutar por estas nuevas tecnologías. Puede obtener rápidamente una segunda opinión de los expertos, y también consultar expertos internacionales, que liberan su experiencia telemática, dada la facilidad del flujo de información. Si en el curso de la investigación, nuevos detalles salen a la luz, se puede incorporar conservando imágenes de todo el cuerpo y no sólo imágenes fotográficas de los aspectos considerados inicialmente como detalles importantes.

Por tanto, podemos suponer que la virtopsia, no sólo mejora el conocimiento científico, sino que también tiene importancia legal, social, cultural, con beneficios que van mucho más allá de la mejora de diagnóstico.¹⁹

Diferencias de imágenes entre el ante-mortem y post-mortem

En el pasado, nadie sabía el aspecto radiológico (no patológico, normal) de los órganos internos en cadáveres, con descomposición, la formación de gas, livideces y el cambio en la temperatura del cuerpo. A través de los años se han realizado muchos estudios, para distinguir lo que era un hallazgo normal en el cuerpo, por lo que no lo era.

La diferencia entre la formación de imágenes en la vida y de formación de imágenes postmortem es a menudo no reconocido, como, por ejemplo, en la detección de hemorragia craneal; la falta de medio de contraste hace que sea difícil para la detección de una laceración aórtica, aunque esta falta, puede ser compensada a través de un análisis combinado como con tomografía computada y resonancia juntos.

Muchos hallazgos radiológicos postmortem son perfectamente normales, como por ejemplo la presencia de gases de putrefacción o burbujas internas livor mortis, anteriormente desconocidos ante los ojos del radiólogo. Otros aspectos tales como el edema cerebral, hiperdensidad intrahepática sinusal y gas, son bien conocidos por dichos profesionales, pero pueden tener significado totalmente diferente después de la muerte. Las livideces son visibles no sólo externamente sino también internamente, en la TC de tórax, donde se puede observar patrón de vidrio deslustrado en los lóbulos inferiores (figura 37). La pared aórtica es a menudo hiperdensa debido a contracción de esta y la pérdida luminal de presión (figura 38). Las burbujas de gas post-mortem son muy comunes debido a la embolia gaseosa masiva como resultado de un trauma abierto, de respiración artificial, por la descomposición inicial o putrefacción (figura 39). Es difícil, por ejemplo, el diagnóstico de muerte por accidente cerebrovascular en TC post mortem cuando el paciente muere inmediatamente, ya que el tejido cerebral no tiene el tiempo para desarrollar los signos clásicos de un derrame cerebral, por lo que no se puede diferenciar las señales que aparecen regularmente en cadáver. Sin embargo, incluso la histología, es capaz de detectar un accidente cerebrovascular hiperagudo o un infarto agudo de miocardio.²⁰

En comparación con las imágenes clínicas en la vida, en una formación de imágenes post-mortem un gran problema es la falta de medio de contraste por vía intravenosa después de un paro circulatorio, por lo que el análisis de las lesiones del parénquima y

vasculares es mucho más difícil, menos sensible y específico. Por otro lado, el defecto de la falta de medio de contraste se compensa, en parte, por la excelente calidad de las imágenes, la ausencia de movimientos cardiacos y respiratorios. Una gran ventaja es la ausencia de datos de los artefactos de movimiento, por los actos respiratorios, la peristalsis intestinal, y los latidos, así como el problema de la anulación de la exposición a los rayos x, sin limitación obvia.

La formación de imágenes en la vida y post mortem, por lo tanto, difieren ampliamente entre ellas. En la imagen post mortem hay que tener en cuenta que todos esos cambios normales, que se producen después de la muerte, son señales que no deben ser confundidas con signos patológicos para documentar.

Para poder nombrar los distintos hallazgos imagenológicos en el período post-mortem, debemos dividir los signos en dos tipos:

Signos de muerte no específica:

- -Pérdida de la diferenciación córtico-medular (figura 40)
- -Hiperdensidad de seno sagital y venas cerebrales (figura 41)
- -Livor mortis interna: pulmón con opacidad de vidrio esmerilado (figura 37)
- Burbujas de gas (figura 39)

Signos específicos post mortem:

-Hemorragia intracraneal: No hay prácticamente ninguna diferencia en el diagnóstico por imagen de la hemorragia intracraneal entre los vivos y el cuerpo muerto. La sangre aparece hiperdensa en la TC y aumenta la densidad con el aumento de la coagulación, por lo tanto, es bien detectable como hemorragia epidural, subdural o subaracnoidea en radiología clínica y en imágenes post-mortem (figura 42)

-Heridas cortantes y heridas de bala: Es muy fácil determinar el orificio de entrada y salida de una bala en el cráneo, tanto ante y post mortem. En ambos casos detectamos

fragmentos de hueso a lo largo de la trayectoria, de manera distal a la perforación ósea (figura 43)²¹

–Infarto cerebral: Los signos de infarto se hacen visibles en la TC en las primeras horas sutilmente como borramiento de surcos y cisuras o hiperdensidad de arteria cerebral media. La hiperdensidad de los vasos indica una trombosis arterial, mientras que la región infartada aparece hipodensa, en un momento posterior. En cambio, en resonancia, suelen identificarse antes, mostrando hiperintensidad en secuencia FLAIR y tumefacción de las circunvoluciones (figura 44).

Cuando un paciente muere, inmediatamente después, el tejido cerebral no tiene tiempo para hincharse más de lo que ocurre normalmente en el proceso de la muerte (por cualquier causa). Se puede detectar áreas hipodensas asimétricas, sólo si el paciente ha sobrevivido durante unas pocas horas después del accidente cerebrovascular (figura 45). La RM es más sensible en el diagnóstico de accidente cerebrovascular, al menos en personas vivas.

-Estrangulamiento y asfixia: la tomografía es de gran ayuda en la detección de hemorragia cutánea, subcutánea, en visualizar el músculo (a menudo implica el esternocleidomastoideo), lesiones y deformación de los cartílagos laríngeos, edema linfático y hemorragia. Además, dicho método tiene una sensibilidad más alta, en la detección de la fractura del hueso hioides, en comparación con la autopsia clásica (figura 46)

—Hipo e hiperdensidad de la pared aórtica: Muchas tomografías post-mortem muestran una hipodensidad de la pared aórtica y se habla de "desaparición", debido a la contracción de la pared, pérdida de presión intraluminal y la sedimentación de la sangre fuera de la luz aórtica. La hiperdensidad más localizada en la pared aórtica, puede ser causada por la aterosclerosis, hallazgo muy común, que también ayuda a localizar la aorta después de la ruptura en el mediastino (figura 38)

 Aorta Desaparecida: En los casos donde los vasos sangran de manera que producen una hemorragia masiva, suelen encogerse de tamaño. Este fenómeno es más evidente en los grandes vasos, tales como la aorta, y también en las arterias pulmonares, la vena cava, las cámaras del corazón. En menor medida, este signo es visible incluso en las muertes no causadas por hemorragia y se debe a la pérdida de acción de la bomba cardíaca (figura 47)²²

- Ruptura aórtica: la rotura traumática de la aorta es más detectable con medio de contraste en el ser vivo. En TC post mortem sin medio de contraste, a menudo no es posible verla. Pero si es posible realizar TC y RM juntos, se puede detectar rotura de la aorta con una sensibilidad que oscila entre 75 a 100%
- Traumatismo torácico: El neumotórax, la laceración pulmonar, el neumomediastino, la fractura del esternón, las costillas o las vértebras, son igualmente bien reconocidos tanto en el ser vivo como en el cadáver mediante TC, incluso sin medio de contraste
- Embolia pulmonar: Sin medio de contraste, el diagnóstico de la embolia pulmonar es prácticamente imposible, especialmente en el campo de la radiología forense. En la TC post mortem, podemos encontrar algunos signos indirectos de esta patología, como la dilatación del corazón derecho o cor pulmonar agudo
- Ahogo: Puede detectar líquido o espuma en las vías respiratorias. El 60% de los casos de ahogamiento muestran un patrón de mosaico del parénquima pulmonar en regiones hipoperfundidas o hiperperfundidas, la reabsorción de agua de los pulmones resulta en hipodensidades en sangre, con signos de hemodilución e insuficiencia cardíaca (figura 48). La ingesta de agua salada conduce a edema pulmonar, distensión del estómago y el duodeno.²³
- Trauma abdominal: La sensibilidad y especificidad de las lesiones a los órganos abdominales es compleja, debido a la falta de medio de contraste. En personas vivas la sensibilidad de la TC para ruptura hepática es de 90% después de la administración del medio de contraste, mientras que en el post-mortem sin contraste, es sólo el 50%, en cambio, en combinación con RM, alcanzan una mayor sensibilidad, pero siempre por debajo de 90%. El diagnóstico laceración esplénica también es más difícil²⁴

La angiografía post-mortem

El principal problema resultó ser la ausencia del medio de contraste, que implica una dificultad considerable en el estudio del sistema cardiovascular. Actualmente en Suiza puede llevarse a cabo, si es necesario. Este método ha sido desarrollado para reproducir la acción de la bomba cardiocirculatoria, a través de una máquina corazón-pulmón modificada, que permite una presión de perfusión controlada. Se utiliza un fluido de perfusión que reemplaza la sangre y un medio de contraste compatible con el líquido inyectado. Se colocan soluciones oleosas con el colorante rojo Sudán, que tienen la capacidad de no extenderse fuera de los vasos en el tejido circundante. Las soluciones son etiquetadas con contraste soluble en grasa.

Inicialmente se realizan dos canalizaciones: una en arteria, con el fin de introducir la solución y otra en vena como vía de salida, y luego conectado a la máquina de corazón-pulmón. Por lo tanto, se establece un mecanismo de circulación y poco después, el líquido aceitoso aparece en la cánula venosa junto con el resto del cadáver y pequeños coágulos de sangre.

Después de 2-5 minutos de circulación se inyecta Lipiodol Ultrafluid, y las imágenes se pueden detectar, a través de Rx-tradicional o TC, distanciando la captura de imágenes de unos pocos minutos el uno del otro (figura 49).

Aspecto cultural

Resulta ser una técnica innovadora que se encuentra aún en desarrollo, ya que en los momentos difíciles en que fallece alguna persona, los deudos constantemente manifiestan su oposición a que se realicen los procedimientos tradicionales, en mayor medida en países como el nuestro, donde por factores sociológicos, religiosos y morales llegan a considerarse como una medida innecesaria, agresiva, mutilante e irrespetuosa; aunado a que los argumentos médicos y jurídicos no convencen en esos momentos a las familias.

La práctica de las virtopsias sirve para identificar, a través de un mapa interno del cadáver, los trastornos que lo llevaron a la muerte. Una de sus principales ventajas, visto desde el aspecto cultural y que puede ser de bastante influencia, es que la integridad

del cuerpo de la persona fallecida, se conserva completamente de pies a cabeza sin que sufra modificaciones, lo que constituye un excelente método para la conservación del mismo.

Cabe destacar que para efecto de llevar a cabo este tipo de autopsias se tiene que contar con la tecnología necesaria; sin embargo, llega a estar fuera del alcance del Estado, quien principalmente tiene a su cargo los servicios periciales.

Perspectivas a futuro

La documentación digital se conserva a través de PACS, que son archivos de imágenes y sistema de comunicación, almacenamiento y transmisión de imágenes de diagnóstico digital. Los sistemas más avanzados también permiten el procesamiento de imágenes, y la reconstrucción 3D prolongando asi su disponibilidad.

La necropsia virtual resulta ser una técnica innovadora que se encuentra aún en desarrollo, ya que en los momentos difíciles en que fallece alguna persona, los deudos constantemente manifiestan su oposición a que se realicen los procedimientos tradicionales, donde factores sociológicos, religiosos y morales llegan a considerarse como una medida innecesaria, agresiva, mutilante e irrespetuosa; aunado a que los argumentos médicos y jurídicos no convencen en esos momentos a las familias. Para efecto de llevar a cabo este tipo de autopsias se tiene que contar con la tecnología necesaria; sin embargo, llega a estar fuera del alcance del Estado, quien principalmente tiene a su cargo los servicios periciales, así como sus estadios, aunque la radiológica convencional es de gran relevancia debido a que a través de radiografías se puede llegar a determinar muertes dudosas como en los casos de maltrato infantil, donde se pueden detectar lesiones internas de maltrato que pueden ser repetitivas en el tiempo.

Cabe destacar que no solamente estos estudios han sido llevados a cabo en Europa, también en Estados Unidos por las fuerzas armadas, y en Australia por el Instituto de Patología.

Por otro lado, las ventajas de practicar este procedimiento, por ejemplo, podemos pensar en aquellos casos donde las autopsias de alto riesgo como las que se realizan a personas fallecidas por virus hemorrágicos, como el ébola, o en casos de atentados

mediante la utilización de gases tóxicos, donde el abrir el cadáver pone en riesgo la vida e integridad de las personas que intervienen en ella.

Las técnicas de las necropsias virtuales pueden ser de dos tipos que son de procesos y de análisis: la primera de ellas consiste en la magnificación, filtrado, detección de bordes, manipulación de paletas, sustracción de fondos e imágenes, reconstrucción, interacción de pixeles, entre otras; y la segunda, consiste en conocer datos numéricos del objeto al que pertenece la imagen y se puede incluir la morfometria, densitometría y reconstrucciones tridimensionales. Es necesario conocer qué son estas últimas ciencias coadyuvantes de las virtopsias. La morfometría se puede definir como el análisis cuantitativo de la forma, abarca el tamaño y la forma. La densitometria es la técnica que se usa para medir la densidad de un negativo expuesto a la luz.

Recordamos que este método puede estudiar el cuerpo humano o una región anatómica en tiempo real las veces que sean necesarias, sin la necesidad de seccionar el cuerpo pudiendo detectar detalles ocultos, conocer las propiedades de los tejidos, investigar las modalidades de la lesión en modelos tridimensionales sin ser alterados y, sólo en caso necesario de una necropsia convencional, la obtención de imágenes, con anterioridad, es de gran importancia.

Así mismo podemos establecer que para efecto de poder practicar este tipo de procedimientos conlleva varios factores como contar con la tecnología adecuada y el personal capacitado. Puede ser una alternativa en lugares o países donde impera la crisis de inseguridad, excesivas muertes violentas y desapariciones forzadas, para el exceso de trabajo de las autoridades, así como para el estudio minucioso de este tipo de técnicas para su perfeccionamiento.²⁵

Un aspecto vital de la virtopsia es la estrecha colaboración entre los patólogos forenses y los radiólogos. La aplicación de TC y RM antes de la autopsia, puede aportar grandes ventajas. Estadísticamente la mayoría de casos mediante el uso de estas dos herramientas, la causa de muerte fue detectada antes de la autopsia. En la actualidad, todavía es necesario probar cada hallazgo radiológico, comparándolo con los resultados de la autopsia tradicional —el estándar de oro actual— para evaluar los nuevos métodos imagenológicos. La fotogrametría y el escaneo de superficie en 3D, ya tienen utilidad en la corte, donde han sido aceptadas, en otros países (figura 50). Otras herramientas también han despertado interés en los departamentos de policía y justicia, quienes están

dispuestos a implementar estos nuevos métodos en el manejo de sus casos. Ya es rutinario que se soliciten reconstrucciones en 3D de los datos obtenidos por TC y exámenes de RM de los sobrevivientes de estrangulación. Los grupos de trabajo que utilizan estos métodos no sólo existen en Suiza. Actualmente, otros institutos están trabajando en la aplicación de la RM y la TC en medicina forense. Por ejemplo, la Oficina Médico Forense de las Fuerzas Armadas (Washington DC, Dover, Del), el Instituto de Medicina Forense de Copenhague, Dinamarca y el Instituto de Patología de Victoria en Sydney, Australia, ya han instalado sus propios escáneres TC. En Japón, la Sociedad para Imágenes de Autopsia fue fundada en 2003. Con el desarrollo de técnicas radiológicas, como la matriz de imagen total en resonancia magnética, la cual reduce los tiempos de examen forense por RM, estas herramientas serán cada vez más fáciles de implementar en la rutina diaria de la medicina forense. Herramientas adicionales, como la angiografía post-mortem, también se aplican. 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 postmortem junto con la RM y la TC 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. La gran ventaja de la TC en la identificación de cuerpos es también útil en la identificación de víctimas de catástrofes.

Actualmente, el Instituto de Medicina Forense de Zurich lleva varios años utilizando esta tecnología e incluso incorporando sistemas denominados virtobot, un robot que permite la automatización del proceso, la documentación de superficies en 3D con alta resolución, así como la tomografía computarizada post mórtem guiada.

En nuestro país, específicamente Capital Federal, se efectúan entre tres mil y cuatro mil autopsias forenses por año.

En los casos en los que el cadáver ha fallecido por causa de homicidio, suicidio, accidente, muerte de causa dudosa o en caso de denuncias de mala praxis, la autopsia debe ser ordenada por el juez que interviene en la causa. En el ámbito hospitalario la situación es diferente, ya que se requiere el consentimiento

de un familiar para la realización de la autopsia clínica. Por lo tanto se destaca que esta tecnología que es usada por los médicos forenses para realizar una virtopsia o autopsia virtual, se utiliza en Suiza y está comenzando en la Argentina en la ciudad de Mar del Plata. El Poder Judicial de la Nación cuenta en la sala de autopsias de la Morgue Judicial, con un equipo de rayos X.

Como antecedente, en la tragedia del Boeing 737 de LAPA y el atentado de la AMIA, fueron casos catastróficos en los que los forenses tuvieron dificultades para identificar los cadáveres y restos humanos. En estos casos, la radiología y la tomografía pueden ser herramientas esenciales para la identificación de las víctimas; el cotejo radiológico post mórtem comparado con datos ante mórtem que aportan familiares, resulta fundamental para la identificación de cadáveres. Por ejemplo, el diagnóstico por imágenes no reemplaza la evaluación realizada por el médico patólogo; la autopsia virtual no identifica la estricnina, el cianuro o el alcohol, los cuales sí son detectados por análisis químicos o toxicológicos convencionales. Asi también, la autopsia virtual tiene especial relevancia en aquellos casos de "alto riesgo", como las que se realizan a personas fallecidas por virus hemorrágicos como el ébola o en casos de atentados con gases tóxicos, en donde la intervención del cuerpo puede poner en peligro la vida de los forenses y del equipo de profesionales que interviene en la autopsia.

En conclusión:

En consonancia con los expertos, podemos enunciar que: las técnicas son siempre complementarias y permiten perfeccionar los diagnósticos, pero no podrán sustituir fácilmente al ser humano en la interpretación de los hechos y en la confección del diagnóstico definitivo.

La virtopsia pretende mejorar la eficiencia en la investigación en casos legales y servir de apoyo a la autopsia convencional.

Estas nuevas tecnologías facilitarán la extensión del sistema legal en nuestro país, y se espera que próximamente se puedan implementar como complemento habitual.

<u>Anexos</u>

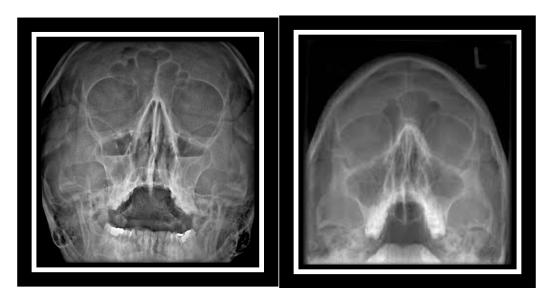


Figura 1: Senos fronales de distintos individuos en proyección de Waters.

Mentonasoplaca.



Figura 2: Rx panoramica odontologica.



Figura 3: Rx columna cervical perfil



Figura 4: Fractura con pseudoartrosis cuello humeral derecho.



Figura 5: Material de osteosistesis a nivel de radio izquierdo.



Figura 6: Rx mano frente para edad osea, correspondiente a 3 meses según escala de Greulich y Pyle.



Figura 7: Radiografía de pelvis. El recorrido de la osificación de la cresta iliaca es de un 25%, que corresponde a un signo de Risser, grado I

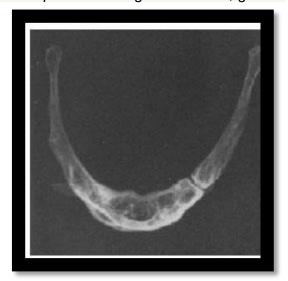


Figura 8: Radiografia hueso hioides con fusion unilateral derecha.



Figura 9: Rx torax frente. Multiples esquirlas de disparo por arma de fuego



Figura 10: Rx abdomen frente que evidencia multiples imágenes radioopacas ovoideas compatibles con paquetes de estupefacientes



Figura 11: Rx frente rodilla fractura en asa de balde.



Figura 12: Rx miembro superior con fractura de humero izquierdo con presencia de gran formación de hueso subperiostico

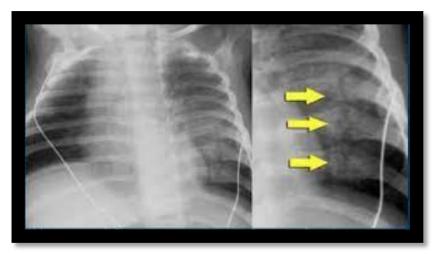


Figura 13: Rx torax frente y magnificación de imagen, donde se observan multiples fracturas costales posteriores

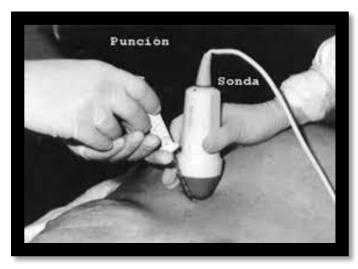


Figura 14: Realización de una ecopsia.



Figura 15: Exploración ecográfica del SNC a través de neofontanela.

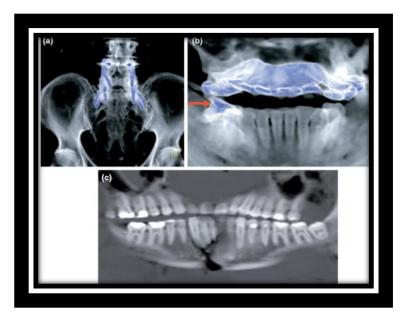


Figura 16: Reconstrucción por TC usada para identificaciones de cuerpos. (a) Reconstrucción en 3D de la espina y la pelvis mostrando un implante metálico para la estabilización dorsal de la espina. Dada su alta densidad, el metal es coloreado de azul. (b) Reconstrucción en 3D del cráneo evidenciando prótesis dentales, las cuales aparecen en azul. También se observan calzas de los molares inferiores. (c) Panorama dental, reconstruido por datos de TC, muestra diferentes calzas, las cuales aparecen iluminadas dado su alta radio-opacidad

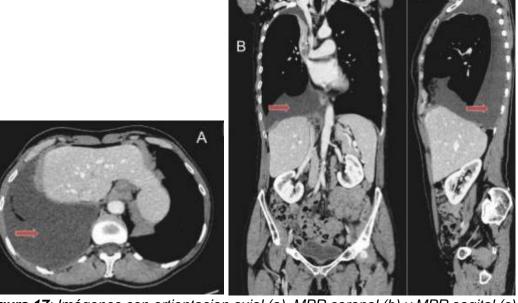


Figura 17: Imágenes con ortientacion axial (a), MPR coronal (b) y MPR sagital (c)

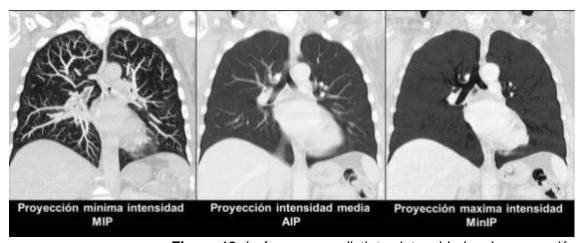


Figura 18: Imágenes con distintas intensidades de proyección



Figura 19: Imágenes con reconstrucción de superficie

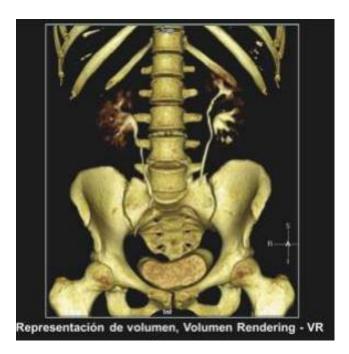


Figura 20: Imagen con representación de volumen

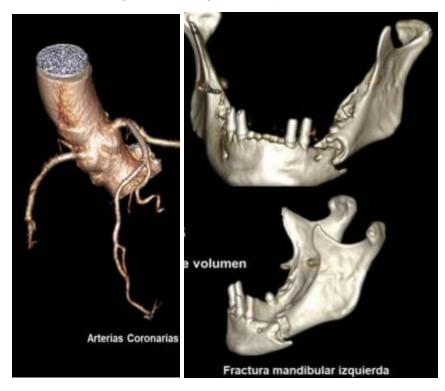


Figura 21: Imágenes con segmentación de volumen

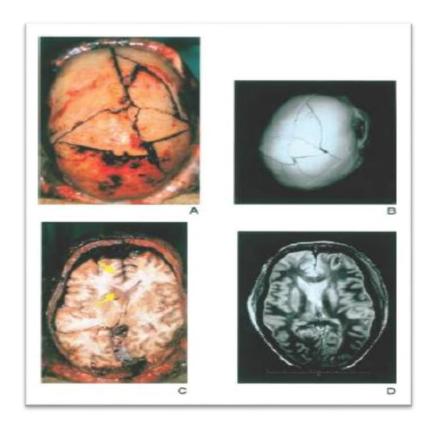


Figura 22: Fractura de la bóveda craneal de paciente de 27 años por caída de un árbol. (a)Imagen de la autopsia, (b) Reconstrucción tridimensional de la tabla ósea, (c) Corte axial de la autopsia, (d) Corte axial en T2 resonancia magnética por imagen.

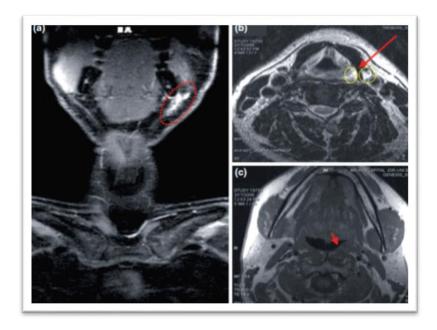


Figura 23: Resonancia magnética de cabeza y cuello de un día después de una víctima sobreviviente a estrangulación. La víctima declaró dificultad al tragar. (a) Esta imagen coronal T2 de cabeza y cuello mostró una hiperintensidad (círculo punteado) sobre la

mandíbula en el lado izquierdo, indicando una hemorragia y edema del musculo cutáneo del cuello y del tejido subcutáneo. (b) Imagen axial T2 a nivel del cartílago tiroideo (flecha). El tejido circundante en ambos lados del asta inferior del cartílago muestra hemorragia y edema (circulo punteado). (c) Imagen axial proton weighted T1 de la cúspide de la base de la cavidad bucal muestra una restricción (flecha) al lado izquierdo de la tráquea.

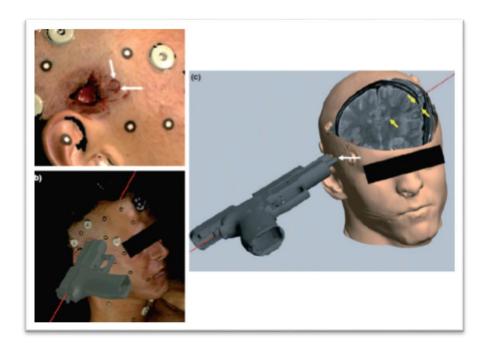


Figura 24: Reconstrucción de una herida por bala en un caso de suicidio mediante el uso de modelos 3D a partir de la fotogrametría y el escaneo por superficie. (a) El modelo coloreado en 3D de la cabeza por fotogrametría muestra una herida de bala en el temporal derecho con un orificio de entrada (flechas blancas). (b) La combinación del modelo del arma sospechosa con el del orificio de entrada permite evaluar la posición exacta del arma. El trayecto del proyectil es mostrado por la línea roja. (c) Fusión de la RM con los datos de superficie. La imagen coronal T2 weighted representa el cerebro (flechas amarillas) en la trayectoria de la bala (línea roja). Desde este punto de vista, se puede observar que la cara del arma se pone exactamente en la marca visible sobre la piel (flecha blanca). La posición del arma es típica de un suicidio.

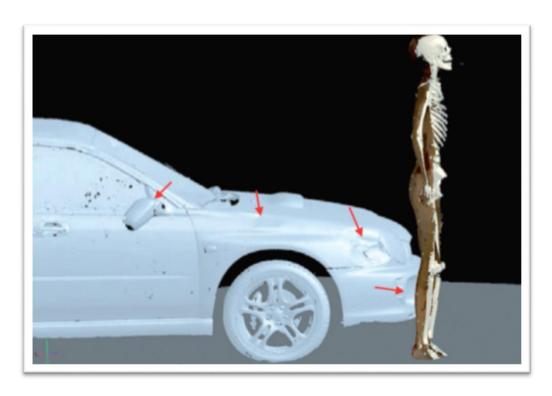


Figura 25: Reconstrucción de un accidente de tránsito en el cual un peatón murió atropellado por un automóvil. Esta imagen muestra la reconstrucción resultante del momento del impacto. Los daños externos del cuerpo y del vehículo fueron obtenidos por escaneo de superficie, y los hallazgos internos por TC y RM. El modelo 3D del esqueleto, generado por TCM, y el modelo 3D de la superficie del cuerpo (visible en la parte posterior de la persona) fueron comparados con los daños del vehículo (flechas)

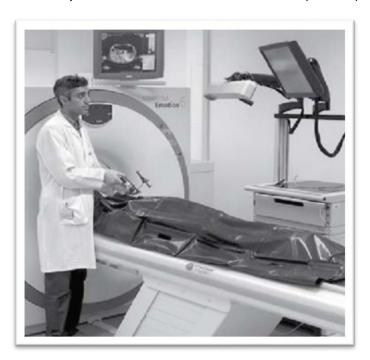


Figura 26
Profesor y patólogo forense Dirnhofer, Richard realizando Virtopsia



Figura 27: Autopsia tradicional y recolección de restos óseos

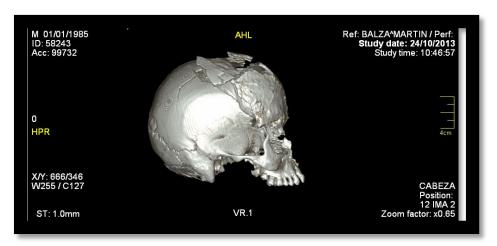


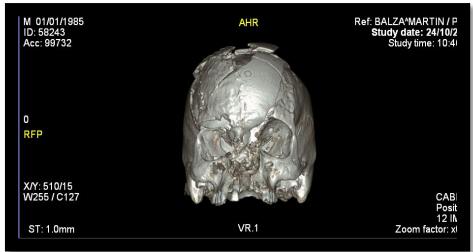
Figura 28 A)





Figuras 28 A, B y C: Virtopsia interactiva





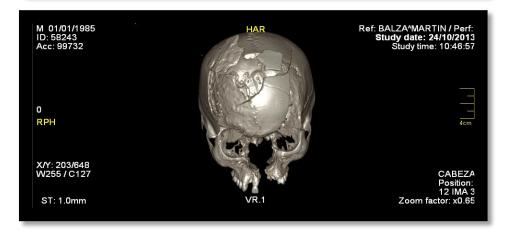


Figura 29: Reconstrucción 3D por TC fractura multifragmentaria de cráneo Cortesia del Dr. Daniel Crescenti. Ex Vice Decano del Cuerpo Medico Forense de la C.S.J.N.

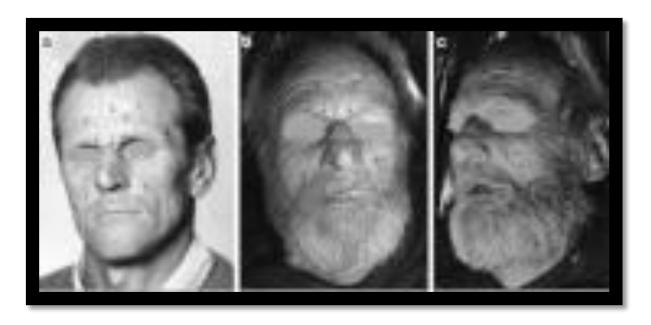
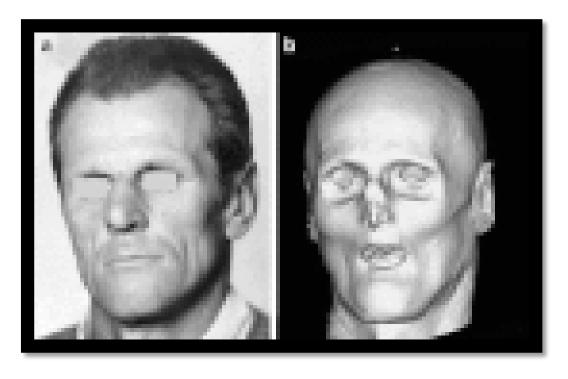


Figura 30: Comparación de documentación fotográfica de una persona desaparecida (a) y un individuo fallecido (b,c) mostrando puntos de concordancia en algunas características



Las características faciales en las imágenes tomográficas (derecha) muestran un alto grado de correlación con los rasgos faciales de la persona desaparecida (izquierda)



Figura 31: Fusión de imágenes (c,d) usando la reconstitución tridimensional por TC del cráneo (a) y una fotografía en vida de la persona desaparecida (b).



Figura 32: Realización de virtopsia bajo TC. Cortesia del Dr. Daniel Crescenti. Ex Vice Decano del Cuerpo Medico Forense de la C.S.J.N.



Figura 33: Paciente fallecido por trauma causado por arrollamiento vehicular. (a) Tomografía computarizada, (b) Resonancia magnética.

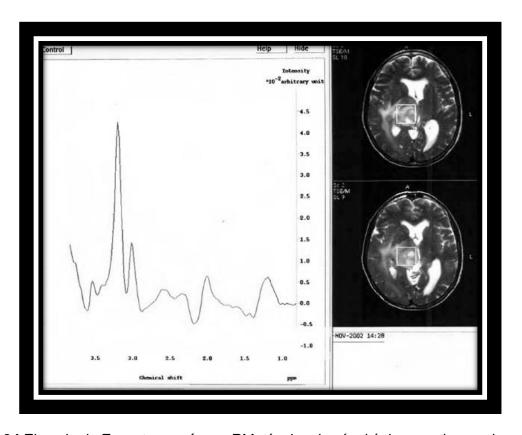


Figura 34:Ejemplo de Espectroscopía por RM: técnica de vóxel único con tiempo de eco de 136 (30 x 30 x 30 mm) en tálamo derecho. Se observa caída del NAA en 2,02 ppm, aumento de la relación Co / Cr. Lípidos en 1,1 ppm. El examen anatomopatológico confirmo glioblastoma

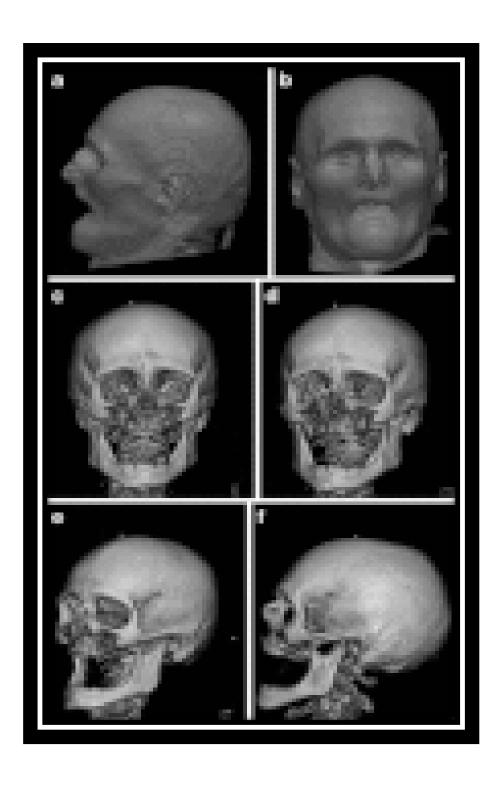


Figura 35: Las imágenes fueron realizadas con un tomógrafo SOMATOM Sensation 64 (Siemens). La reconstrucción 3D de la cabeza(a,b) y el cráneo(c,d,e,f) fueron realizadas usando el software In Space

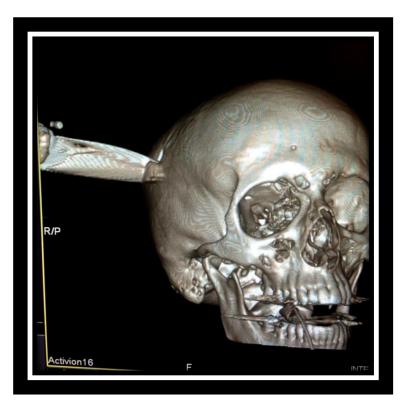




Figura 36: Recontrucción 3D de herida de arma blanca parietal derecha Cortesia del Dr. Daniel Crescenti. Ex Vice Decano del Cuerpo Medico Forense de la C.S.J.N.



Figura 37: Tc tórax de AR. Patrón en vidrio esmerilado periférico

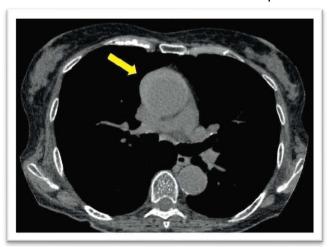


Figura 38: Tc tórax con ventana de abdomen. Flecha amarilla: signo de semiluna hiperdensa en pared aórtica. Hematoma intramural.

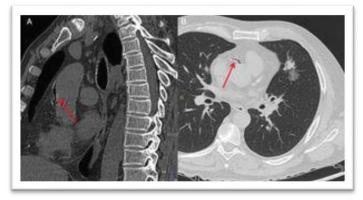


Figura 39:

A) Tomografía computarizada, corte sagital. Presencia de aire en aorta torácica ascendente. B) Tomografía computarizada, corte axial. Presencia de aire en arteria coronaria derecha. Embolias gaseosas.

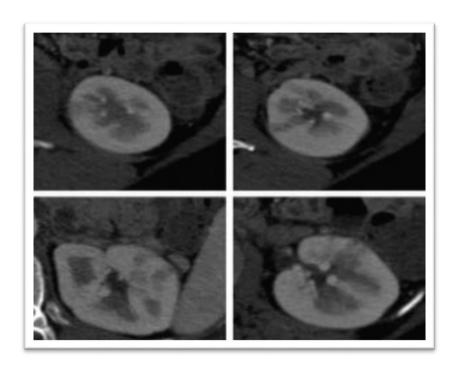


Figura 40: Tomografía computada de cortes axiales. Riñones presentan perdida de la diferenciación cortico-medular.

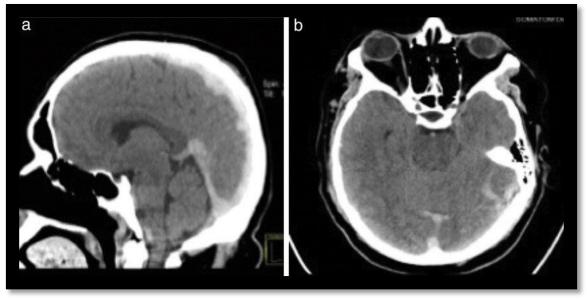


Figura 41:
Tomografía computada.
A) corte sagital que muestra hiperdensidad del seno sagital superior.
B) hiperdensidad de seno recto, transversos y sigmoideos.

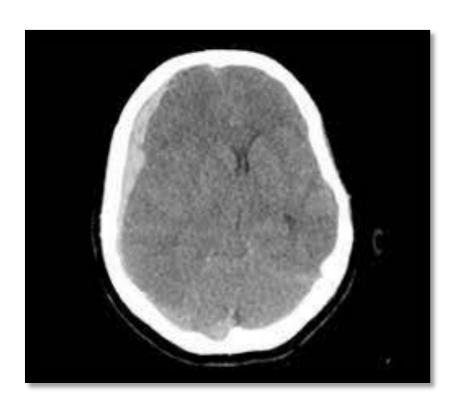


Figura 42: Tomografía computada de cerebro corte axial. Hematoma subdural hiperdenso derecho.

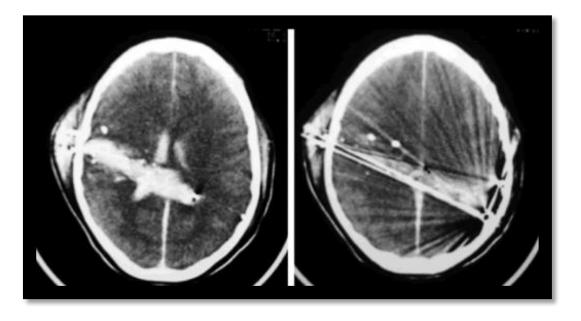


Figura 43:

TAC cerebro sin contraste cortes axiales. Herida de arma de fuego. Izquierda: hematoma intraparenquimatoso a lo largo del trayecto del proyectil, con volcado intraventricular. Orificio de entrada parietal derecho. Derecha: Hematoma intraparenquimatoso bihemisferico, esquirlas metálicas, orificio de entrada parietal derecho, proyectil alojado en la región parietal izquierda, numerosos artefactos.

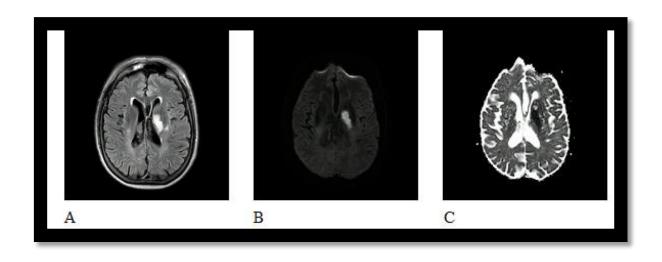


Figura 44: RMN cerebral. A) FLAIR. Lesión hiperintensa gangliobasal izquierda. B) DWI. Lesión hiperintensa con restricción de señal gangliobasal izquierda. C) ADC. Imagen de baja señal en mapa de ADC gangliobasal izquierda

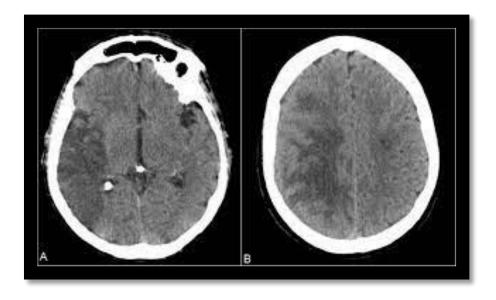


Figura 45:
Tomografía computada de cerebro cortes axiales. Hipodensidad parietal izquierda de aspecto secuelar.



Figura 46: Tomografía computada de cuello corte axial. Fractura de hueso hioides y enfisema subcutáneo

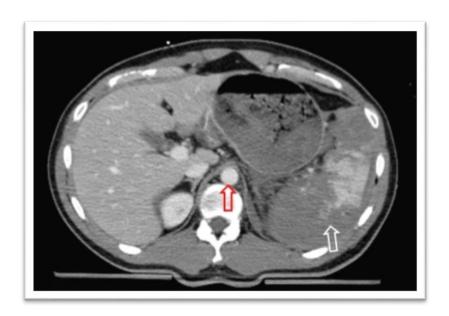


Figura 47:
Tomografía computada abdominal corte axial. Vasoconstricción extrema de la aorta
(flecha roja) asociado a rotura esplénica (flecha blanca).

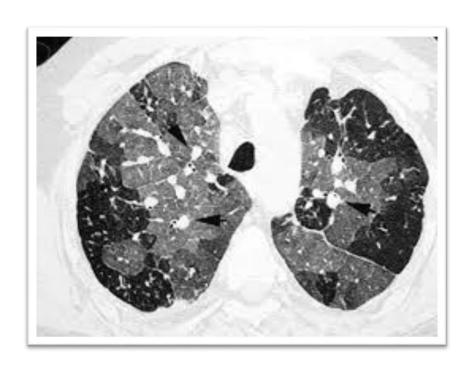


Figura 48: Tomografía computada de tórax, corte axial. Patrón de perfusión en mosaico.

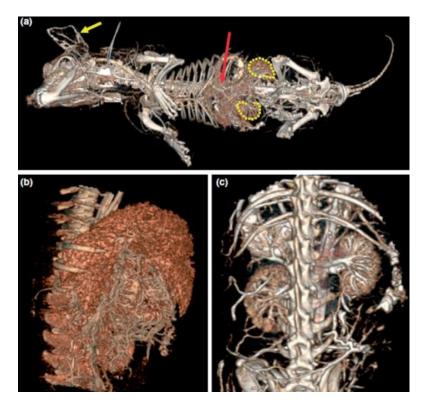


Figura 49: Reconstrucciones en 3D de angiografía dinámica post-mortem de un perro, 3 días después del deceso, usando una perfusión de aceite y liopiodol, como medio de contraste. (a) Tres minutos después de la inyección del

medio de contraste, los vasos periféricos de la cabeza fueron llenados (flecha amarilla: vasos del oído), los riñones son mostrados en fase parenquimatosa (círculos punteados). El hígado ha alcanzado la fase venosa con demostración de las venas (flecha roja). (b) Demostración detallada de la vascularización del hígado y los vasos mesentéricos a partir de la TC, realizada dos minutos después de la aplicación del medio de contraste. (c) Esta vista posterior, muestra la vascularización de los riñones tres minutos después de la inyección del medio de contraste.

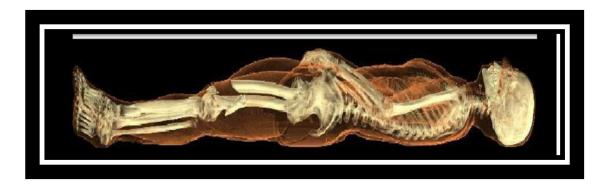




Figura 50:
Reconstrucción 3D por TC corporal total en paciente fallecido por herida de arma
blanca

Cortesia del Dr. Daniel Crescenti. Ex Vice Decano del Cuerpo Medico Forense de la C.S.J.N. Por la presente y en mi carácter de Médico Especialista en Medicina Legal (UBA) me presento a la correspondiente autoridad Universitaria Fundación H.A. Barceló, Facultad de Medicina, y digo que ACEPTO la designación como Tutor del trabajo final integrador de la especialización, titulado "El diagnóstico por imágenes al servicio de la Medicina Legal" de la Dra. Mara Rosa Perez (DNI 36157364).

Dr. Roberto Daniel Perez

Dr. PODETTO DANIEL PLATE

DNI 11097598

MN 52 658.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Noviembre 04 de 2022.

rdperez54@yahoo.com.ar probertodaniel5@gmail.com



COLECCIÓN DE TESIS DIGITALES Y TRABAJOS FINALES DEL IUCS

	AUTORIZACION DEL AUTOR
timad	os Señores:
K	March 1967 identificado con DNI No. 36-18 1,369
166000	MAN MULL Emails WOOD COPPED SMOUL COM autor del trabajo de
	- I d'ann d'ann d'ann d'ann de la
-	como requisito para optar al titulo de
the	vautorizo a la Riblioteca Central del Instituto Uliversitatio de cichicias
11	Eundación H. A. Barceló la publicación de mi trabajo con fines academicos en el Repositorio
stituc	ional en forma gratuita, no exclusiva y por tiempo ilimitado; a través de la visibilidad de su
nteni	do de la siguiente manera:
	Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en la página Web del Repositorio
	Le stitucional de la Facultad de la Riblioteca Central y en las redes de Información del país y del
	exterior con las cuales tenga convenio la institución, a titulo de divulgación gratuita de la
	producción científica generada por la Facultad, a partir de la fecha especificada.
	Permitir a la Biblioteca Central, sin producir cambios en el contenido; la consulta y reproducción
	- 1 venezios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que teligan
	g - Walada and design up con on formato digital desde internet, intranet, etc., y eli gelici ai para
	cualquier formato conocido o por conocer para la seguridad, resguardo y preservación a largo
	plazo de la presente obra.
	Lugar de desarrollo de tesis/trabajo final de investigación: Holocom H. A.
	Lugar de desarrollo de tesis/trabajo filial de investigación.
	DIVINEIT

- obra no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- El titular, como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que el IUCS se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad, sea civil, administrativa o penal (incluido el reclamo por plagio) y que el mismo asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

www.barcelo.edu.ar

f fundacionbarcelo

Fundbarcelo

1 fundbarcelo

Escaneado con CamScanner



La obra se pondrá a disposición del público para que haga de ella un uso justo y respetuoso de los derechos de autor siendo requisito cumplir con las condiciones de la licencia de uso Creative Commons seleccionada a continuación

- Autor, compilador, intérprete, productor o editor (Marque con una X la opción deseada)
- [] CC BY: permite a otros distribuir, adaptar, refundir y crear a partir de tu obra, incluso con fines comerciales siempre y cuando te den crédito por la creación original.
- [] CC BY-SA: permite a otros adaptar, refundir y crear a partir de tu obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando te den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo condiciones idénticas.
- [] CC BY-ND: permite la redistribución, comercial o no comercial, siempre y cuando la obra circule íntegra y sin cambios
- [] CC BY-NC: permite a otros distribuir, adaptar, refundir y crear a partir de tu obra de modo no comercial.
- [] CC BY-NC-SA: permite a otros distribuir, adaptar, refundir y crear a partir de tu obra de modo no comercial, siempre y cuando te den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo condiciones idénticas.
- [] CC BY-NC-ND: permite a otros descargar tus obras y compartirlas con otros siempre y cuando te den crédito, pero no permiten cambiarlas de forma alguna ni usarlas comercialmente.
- El IUCS se compromete a exponer junto a la OBRA la licencia de uso elegida por el titular y su descripción de forma textual o a partir de un enlace web público, y no asumirá responsabilidad alguna por otros usos no autorizados de la OBRA o contrarios a la legislación vigente. El titular podrá solicitar el retiro de la obra de los Repositorios del IUCS por causa debidamente justificada y acreditada por escrito ante los responsables directos de cada repositorio. Asimismo, el IUCS podrá retirar la OBRA en supuestos suficientemente justificados o frente a reclamaciones de terceros

www.barcelo.edu.ar

f fundacionbarcelo

Fundbarcelo

@ fundbarcelo

Escaneado con CamScanner



2. Identificación de la tesis/trabajo final de investigación: Fecha de defensa_ 3. AUTORIZO LA PUBLICACIÓN DE: X a partir de su aprobación a) Texto completo b) NO AUTORIZO su publicación [] NOTA: Las tesis no autorizadas para ser publicadas en TEXTO COMPLETO serán difundidas en el catálogo de la biblioteca (catalogo.barcelo.edu.ar) mediante sus citas bibliográficas completas y disponibles sólo para consulta en sala en su versión completa en la biblioteca. Firma del Director/Tutor
Dr. NOSERIO DI IEL PEREZ
MEDICO LEGISTA
M.N. 52.658 Firma del autor

www.barcelo.edu.ar

f fundacionbarcelo

1 fundbarcelo

Escaneado con CamScanner

Bibliografía

¹ Helix Ivan Barajas Calderon. (Mayo 2022)."La intervención de la radiología e imagenología forense en la lesionología por radiación ionizante y no ionizante". DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2431

- ² Vázquez Fanego Hector Osvaldo(2003). Editorial Astrea. Libro. Investigación médico legal de la muerte. Tanatología forense.
- ³ Montes Loaiza Guillermo Andrés, Otálora Daza Andrés Felipe, Archila Guillermo Andrés (2013). Aplicaciones de la radiología convencional en el campo de la medicina Forense Applications of Conventional Radiology in the Medical Forensic. Revista Colombiana Radiología. DOI: 24(4): 3805-17.
- ⁴ Luis mazas artasona (Agosto 2014).LOS RAYOS X, DETECTORES DE DROGA (Detection of Drug Transport Using X-Ray Modalities)
- ⁵ I. Gómez de Terreros, I. Serrano Urbano y MC. Martínez Martín Profesor Titular y Jefe de Servicio de Pediatría. Hospital Infantil Universitario "Virgen del Rocío". Sevilla (Abril 2006). Servicio de Radiología Pediátrica. Hospital Infantil Universitario "Virgen del Rocío". Sevilla. Imaging diagnosis of non-accidental injury in children
- ⁶ Juliana Fariña Gonzalez *(*2005). La Ecografía en los Estudios Postmortem: ECOPSIA. II Congreso virtual hispanoamericano de Anatomía Patológica
- ⁷ Dedouit F, Telmon N, Costagliola R, Otal P, Florence LL, Joffre F, et al. . (2013) New identification possibilities withpostmortem multislice computed tomography. Int J LegalMed. DOI ;121(6):507-10.
- ⁸ DELVALLE PEREZ D., MORALES SANTOS A., GARCIAMARCOS J. 1 2 3. (Enero 2020). EL USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA AL SERVICIO DE LA MEDICINA FORENSE EN LA INVESTIGACIÓN DE LAS LESIONES. Boletín Galego de Medicina Legal e Forense nº. 26.

⁹. Andrea Paola Najar Cespedes, Esteban de Jesús Fuentes Martínez (2013); Uso de la resonancia magnética y la tomografía computarizada en diagnóstico postmortem. MedUNAB, vol. 20, núm. 2, pp. 190-200. Universidad Autónoma de Bucaramanga. **DOI:** https://doi.org/10.29375/01237047.2324

- ¹⁰ Calabia Del Campo Juan L, De Paz Hernandez Felix J.,Pastor Vazquez Juan F., Juan J. Fuertes, Alija, Rodrigo De Luis Garcia. (2018). Estudio Autopsia Rápida en cadáver mediante Resonancia de 3 T. SERAM.
- ¹¹ Andrea Paola Najar Céspedes (2007). Traducido de Virtopsy®. Radiology in Forensic Medicine. Grabherr, S., Stephan, B. A., Buck, U., Näther, S., Christe, A., Oesterhelweg, L., Ross, S., Dirnhofer, R. and Thali, M. J. Imaging Decisions MRI, 11: 2-9. doi: 10.1111/j.1617-0830.2007.00086.
- Richard Dirnhofer April 2016 https://www.researchgate.net/publication/301258024_Postmortem_Imaging_A_Part_of _Forensic_Medicine DOI:10.1007/978-3-319-28537-5_2 .
- ¹³ Dirnhofer R., Jackowski c., Vock P., et al. (2006). Virtopsia: mínimamente invasiva, guiada Imaging- Virtual Autopsy; Radiographics;
- ¹⁴ J. Aso, JV. Martínez-Quiñones, J. Aso-Vizán, J. Pons, R. Arregui y S. Baena. abril (2005) Virtopsia. Aplicaciones de un nuevo método de inspección corporal no invasiva en ciencias. Cuad. med. forense no.40 Málaga
- Rorden C. (24-10-2005) The DICOM standard.
 http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/cr1/dicom.html
- NEMA. Digital imaging and communications in medicine (DICOM). Tech Rep.
 National Electrical Manufacturers Association,
 (2001). http://medical.nema.org/dicom/2000.html
- ¹⁷ J Aso¹, JV. Martínez-Quiñones¹, J. Aso-Vizán⁴, J. Pons², R. Arregui¹ y S. Baena³ (abril 2005)Cuad. med. forense no.40 Málaga

¹⁸ Michael Thali. University of Zurich. Kathrin Yen. Universität Heidelberg. Wolf Schweitzer. University of Zurich. Peter Vock. Universität Bern. (April 2003)

Thali Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology, virtual autopsy by postmortem MSCT and MRI, a feasibility study 2003 J Forensic Sci DOI: 10.1520/JFS2002166

¹⁹ Giuseppe Lo Re, Antonina Argo, Massimo Midiri, Cristina Cattaneo Burkhard Madea (January 2020) University of Bonn. Strength and Limits of Conventional Forensic Medicine

DOI:10.1007/978-3-319-96737-0_2 In book: Radiology in Forensic Medicine (pp.3-14).

- ²⁰ Sandra Patricia Pazmiño Moscoso. Licenciada en Radiología, Docente, Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central del Ecuador, Ecuador. La virtopsia: adquisición de imágenes post mortem en radiología forense.
- ²¹ Fidel Sosa, Javier González Ramos, Sebastián Vitar, Roberto González, Graciela Zúccaro. (jul./sep. 2008). *Servicio de Neurocirugía del Hospital Nacional de Pediatría "Juan P. Garrahan"*. Rev. argent. neurocir. v.22 n.3 Ciudad Autónoma de Buenos Aires Heridas por arma de fuego en pacientes pediátricos
- Tommaso Lupattelli (Mar 1 2006) The Yin-Yang Signhttps://doi.org/10.1148/radiol.2383031884
- ²³ Tomás Franquet Profesor Asociado de Radiología (2012). Universidad Autónoma de Barcelona Jefe de la Sección de Imagen Torácica. Departamento de Radiología. Hospital de Sant Pau Barcelona, España Diagnóstico por Imagen de las Enfermedades Pulmonares Difusas: Signos y patrones diagnósticos básicos.
- ²⁴ Dedouit F, Savall F, Mokrane FZ, Rousseau H, CrubezyE, Rouge D, et al. Virtual anthropology and forensicidentification using multidetector CT. Br J Radiol.2014;87(1036):20130468
- ²⁵ ASO, J. et al., (abril de 2015) "Virtopsia. Aplicaciones de un nuevo método de inspección corporal no invasiva en ciencias forenses", *Cuadernos de Medicina Forense*, núm. 40, http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062005000200001.