



Fundación H.A Barceló

Facultad de Medicina

Especialización en Medicina Legal

Relevancia de la virtopsia como método de inspección corporal no invasivo en las Ciencias Forenses

Autor: Dr. Roberto Ángel Gallo

Nombre del Director de la Carrera: Dr. Foyo, Roberto

Nombre Directora del TIF: Dra. Facal, Sonia

Año 2023

Resumen

Introducción: la autopsia virtual o virtopsia ha adquirido importancia dentro del campo médico-legal por su carácter de interdisciplinariedad y sus aplicaciones en el ámbito judicial y forense

Objetivo: determinar a través de una revisión sistemática, tipo metaanálisis, cualitativa, descriptiva, documental y actualizada del tema la relevancia de la virtopsia como método de inspección corporal no invasivo en las Ciencias Forenses

Metodología: se seleccionaron 12 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, considerando las siguientes variables de investigación propuestas: sus aportes como apoyo a la autopsia convencional, sus principales aplicaciones dentro del ámbito médico-legal en la actualidad y su elección como procedimiento único durante la pandemia COVID-19

Resultados: los resultados se obtuvieron a partir del análisis de las variables indicadas, se analizaron los artículos seleccionados y se correlacionaron con artículos y publicaciones existentes en la literatura, fundamentando dichos resultados con el marco teórico elaborado para tal fin.

Conclusión: se admite la importancia de la virtopsia como procedimiento complementario a la autopsia convencional sin embargo ninguno de los autores que sirvieron de antecedente para la presente revisión considera la virtopsia y los estudios imagenológicos que la acompañan un sustituto del procedimiento convencional

Palabras claves: autopsia convencional, virtopsia, imagenología, campo forense

Abstract

Introduction: the virtual autopsy or virtopsy has acquired importance within the medical-legal field due to its interdisciplinary nature and its applications in the judicial and forensic fields.

Objective: to determine, through a systematic, meta-analysis, qualitative, descriptive, documentary and updated review of the subject, the relevance of virtopsy as a non-invasive body inspection method in Forensic Sciences.

Methodology: 12 articles were selected that met the inclusion and exclusion criteria, considering the following proposed research variables: their contributions as support for conventional autopsy, their main applications within the medical-legal field today, and their choice as a procedure. unique during the COVID-19 pandemic

Results: the results were obtained from the analysis of the indicated variables, the selected articles were analyzed and correlated with existing articles and publications in the literature, substantiating these results with the theoretical framework developed for this purpose.

Conclusion: the importance of virtopsy as a complementary procedure to conventional autopsy is admitted, however, none of the authors who served as background for this review considers virtopsy and the imaging studies that accompany it a substitute for the conventional procedure.

Keywords: conventional autopsy, virtopsy, imaging, forensic field

Índice

Resumen.....	1
1. Introducción.....	4
2. Metodología.....	6
2.1 Estrategia de búsqueda.....	6
2.2 Tipo de Estudio.....	6
2.3 Variables de investigación.....	8
2.4 Recolección y análisis de datos.....	8
3. Resultados.....	9
3.1 Causa de Muerte. Autopsia convencional y medico-legal.....	9
3.2 La autopsia minimamente invasiva. Ventajas y desventajas.....	13
3.3 Autopsia virtual o virtopsia.....	15
3.3.1 Virtopsia: Técnicas de imagen aplicadas a las ciencias Forenses.....	19
3.3.1.1 Radioscopias. Antecedentes.....	19
3.3.1.2 Tomografía computada (TAC) y Resonancia Magnetica Nuclear (RMN).....	20
3.3.1.3 Ultimos Avances: la radiomica aplicada a la virtopsia.....	29
3.4 Almacenamiento de información: Ficheros DICOM.....	31
3.5 Principales utilizaciones de la virtopsia en el campo forense.....	33
3.5.1 Aplicación de la Virtopsia en identificacion y causa de muerte. Identificación del sexo del cadáver.....	35
3.5.2 Aplicación de la Virtopsia en el análisis de heridas de arma blanca y armas de fuego.....	40
3.5.3 Aplicación de la virtopsia en casos de asfixia: ahogamiento, estrangulación y ahorcamiento.....	48
3.5.4 Otras aplicaciones de la virtopsia.....	53
3.5.5 Aplicación de la virtopsia en el contexto de la pandemia Covid-2019.....	57
4. Conclusión.....	60
5. Bibliografía.....	62

Índice de tablas y figuras

Tabla Nº 1: Antecedentes de investigación

Tabla Nº 2: Tipos de reconstrucciones postprocesado de Tomografía computada multicorte (TCMC)

Tabla Nº 3 Clasificación etiopatogénica de Patitó de bloqueos respiratorios

Figura Nº 1 y 2: Mesa de Virtopsia

Figura Nº 3: Radiología forense: Radioscopia (Proyectil en calota)

Figura Nº 4 Tomografía Computada post mortem (TCPM) Reconstrucción 3D

Figura Nº 5: Tomografía Computada post mortem (TCPM)

Figura Nº 6: Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de cabeza y cuello

Figura Nº 7: Fotogrametría

Figura Nº 8: Tomografía computada multicorte (TCMC)

Figura Nº 9: TCPM evolución del cerebro en días sucesivos-

Figura Nº 10: Ficheros de Información DICOM

Figura Nº 11: TCPM para identificación de fecha de muerte

Figura Nº 12: Aplicación de la Virtopsia en herida por proyectiles

Figura Nº 13: Aplicación de la Virtopsia en heridas de arma de fuego

Figura Nº 14: TC torácica presentando arma blanca a nivel del 5° espacio intercostal.

Figura Nº 15: Signo de la burbuja de Gas positivo

Figura Nº 16: TCPM Fractura en hebilla

Figura Nº 17 TCPM Hemotórax y Hemopericardio

Relevancia de la virtopsia como método de inspección corporal no invasivo en las Ciencias Forenses

1. Introducción

En una era en la que las técnicas no invasivas y mínimamente invasivas anuncian innovaciones médicas y tecnología de las ciencias de la salud, las ciencias forenses no han sido la excepción; la virtopsia, más comúnmente llamada autopsia virtual en el ámbito médico - legal, ha revolucionado el campo forense permitiendo, a través de la Tomografía Computada (TC) y la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), obtener imágenes tridimensionales del interior del cuerpo, procedimiento que, en conjunto con la radiología convencional (radioscopia), las ecografías postmortem (ecopsias) y la endoscopía cadavérica (endopsia), permiten detectar detalles ocultos en cuanto a características morfológicas y modalidades de lesión con conservación de la integridad anatómica, por ejemplo, la trayectoria de lesiones por arma blanca o armas de fuego o antecedentes de violencia y maltrato, investigaciones que convierten al mencionado procedimiento en una herramienta de utilidad para la resolución de casos legales, sin obviar su aplicación en el respeto de algunos fundamentos culturales y religiosos post-mortem y la necesidad de la integridad corporal ante procesos judiciales abiertos que posibiliten análisis posteriores. Es un enfoque de documentación complementaria, una especialidad emergente, ya que al ser una técnica no invasiva facilita el proceso médico legal y ayuda en la impartición de justicia. (Joseph et al., 2017)

Además de la obtención de imágenes reales y tridimensionales del interior corporal, la creciente tendencia a la digitalización de la información médica, especialmente en lo que se refiere al diagnóstico por imágenes, permite al procedimiento el almacenamiento digital de información en los denominados ficheros DICOM (siglas de *Digital Imaging and Communications in Medicine*), protocolo estándar para la protección de datos e información sobre los que se pueden realizar procedimientos de análisis de imagen si fuera necesario en la esfera judicial: morfometría, reconstrucciones tridimensionales, visualizaciones interactivas, tareas realizadas en forma no destructiva y sin alteraciones a nivel corporal (Inteligencia, 2021)

Durante la última década la imagenología ha protagonizado los mayores avances en Medicina, y esta revolución tecnológica en todos los campos también han impactado en la medicina forense, principalmente por la evolución de técnicas como la

Tomografía Computada o la Resonancia Magnética Nuclear ya mencionadas, que proporcionan cada vez más datos reales y tridimensionales tanto de la superficie como de las estructuras internas corporales. La autopsia virtual, comúnmente llamada virtopsia permite, a través de esas imágenes y otras técnicas aplicadas en conjunto, obtener hallazgos claves en propósitos forenses y su aplicación, sea de manera complementaria al procedimiento tradicional o como decisión única para casos que así lo requieren, permite profundizar con confiabilidad y objetividad los signos asociados a la causa de la muerte. La importancia de su aporte médico-legal radica en su carácter de interdisciplinariedad, ya que integra la medicina forense, la biomecánica, la física, la radiología y procesamiento de imágenes, la patología, utilizadas dentro de las investigaciones judiciales ante casos de muerte accidental u homicidios, la conservación de integridad del cadáver sin destruir pruebas forenses relevantes para la resolución de casos penales, el archivo digital de información en protocolos estandarizados, la reconstrucción en diferentes dimensiones y el empleo del mencionado procedimiento como elección única por cuestiones religiosas o en situaciones de alto riesgo, como casos de contaminación bioquímica o la situación infecto-contagiosa como en el contexto de la última pandemia a nivel mundial.(García Robelto, & Betín Izasa, 2019)

Ante la relevancia que ha adquirido la virtopsia dentro del campo médico-legal, el tema de investigación seleccionado para la realización del trabajo integrador final se ha basado en una revisión sistemática, cualitativa, descriptiva, documental y actualizada del tema como herramienta tecnológica de importancia y su utilización, analizando cada uno de los antecedentes seleccionados, sus aportes en evidencia clínica y legal y su utilización en la agilización de procedimientos penales, investigación que se abordó a partir de la selección, recolección y análisis riguroso de los antecedentes de investigación fundamentados por datos teóricos actualizados obtenidos de la bibliografía existente que puedan profundizar y aportar nuevos datos de su aplicación en el ámbito médico-legal.

2. Metodología

2.1 Estrategia de búsqueda

Los criterios de búsqueda de antecedentes y conceptos teóricos que enmarcaron la elaboración del presente Trabajo Integrador Final respetó la revisión on line de fuentes de información primaria en buscadores científicos como SCOPUS, PUBMED, MEDLINE, EMBASE, COCHRANE, utilizando palabras claves como: autopsia virtual, imagenología, tomografía computada post mortem, autopsia mínimamente invasiva y sus análogos en idioma inglés. También se realizó una selección de fuentes de información secundaria como artículos, publicaciones de tesis, trabajos de maestrías, revisiones sistemáticas y metaanálisis en los buscadores mencionados y en revistas científicas de relevancia médica (The Lancet, England Journal of Medicine, Revista Científica de Medicina Legal y Forense). No se aplicaron filtros para delimitar la temporalidad de la investigación dada la cronología de datos, aunque se dio prioridad a estudios, investigaciones y antecedentes de la última década.

2.2 Tipo de estudio

Se llevó a cabo un estudio descriptivo, observacional, tipo revisión sistemática. La definición de la población se realizó a partir de la recolección de información on line desde todas las fuentes primarias y secundarias de información en coincidencia con el tema central, las palabras claves y los filtros propuestos; se identificaron 19 artículos, pero de acuerdo a los criterios de selección impuestos, siete fueron excluidos; la muestra final quedó conformada por trece artículos para su análisis que respetaron los siguientes criterios de inclusión:

- Artículos y bibliografía en general publicados en idioma inglés y español
- Artículos y bibliografía que respetaron la temporalidad impuesta
- Bibliografía general y referencias bibliográficas relevantes para la profundización y actualización del marco conceptual

Se tuvieron como criterios de exclusión artículos que no cumplían la temporalidad impuesta (cuatro artículos), artículos publicados en otro idioma (dos artículos), artículo sin referencia de autores ni lugar de publicación (un artículo), artículos y bibliografía publicados en revistas sin aprobación científica.

A continuación, se detallan los artículos seleccionados y brevemente los fundamentos teóricos que apoyaron su análisis (Tabla N° 1)

Tabla N° 1 Antecedentes de investigación

Autores y año de publicación	Título	Fundamentación teórica
Palhares, Ferreira et al (2019)	Performance of the minimally invasive autopsy tool for cause of death determination in adult deaths from the Brazilian Amazon: an observational study (Desempeño de la herramienta de autopsia mínimamente invasiva para la determinación de la causa de muerte en muertes de adultos en la Amazonía brasileña: un estudio observacional)	Causa de muerte. Autopsia mínimamente invasiva: ventajas y desventajas.
Cárdenas Moreno, C (2021)	La Virtopsia y su Importancia en la Búsqueda de la Verdad	Virtopsia como avance en la medicina forense. Evolución histórica. Herramienta de apoyo a la autopsia convencional. Ventajas y desventajas
García Robelto, Betín Isaza, y Gil-Villa, (2020)	Virtopsia. Su pertinencia como herramienta de apoyo judicial en Colombia	
Ebert, Franckenberg et al, (2021)	Título: A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigations (Una revisión de las técnicas de visualización de datos de tomografía computarizada post mortem para investigaciones forenses de casos de muerte)	Imagenología aplicada a las Ciencias forenses: Radioscopia, Ecopsia, Endoscopia cadavérica. Tomografía Computada y Resonancia magnética en la virtopsia Importancia de la digitalización de información. Archivos DICOM Últimos avances: utilización de la radiómica en las ciencias forenses
Ahmad MU, Sharif KA, Qayyum H, et al, (2019)	Assessing the use of magnetic resonance imaging virtopsy as an alternative to autopsy: a systematic review and meta-analysis (Evaluación del uso de virtopsia por resonancia magnética como alternativa a la autopsia: revisión sistemática y metanálisis)	
Zyoud, Rashid, (2020)	Decoding death by unknown causes using post mortem image-guided virtopsy: A review of recent literature and the Malaysian experience (Descifrando la muerte por causas desconocidas utilizando la virtopsia guiada por imágenes post mortem: una revisión de la literatura reciente y la experiencia de Malasia)	
Gisbert Monzon & Aruquipa Cabezas, 2020	Radiografía de interés forense	
De Giorgio, Ciasca, Fecondo, et al 2022	Post mortem computed tomography meets radiomics: a case series on fractal analysis of post mortem changes in the brain (La tomografía computarizada post mortem se encuentra con la radiómica: una serie de casos sobre el análisis fractal de los cambios post mortem en el cerebro)	
Ebert, Seckiner, et al, 2021	An algorithm for automatically generating gas, bone and foreign body visualizations from postmortem computed tomography data (Un algoritmo para generar automáticamente visualizaciones de gases, huesos y cuerpos extraños a partir de datos de tomografía computarizada post mortem)	Principales aplicaciones de la virtopsia en el campo forense: Visualización de gases y cuerpos extraños Progresos en el ahogamiento Análisis heridas de arma blanca y por armas de fuego. Trayectoria balística
Aquila, Sicilia et al, 2019	Role of post-mortem multi-slice computed tomography in the evaluation of single gunshot injuries Papel de la tomografía computarizada multicorte post-mortem en la evaluación de lesiones por arma de fuego únicas	
Jian, Liu, Chen, 2019	Research Progress in Virtopsy of Drowning Progreso de la investigación de la virtopsia en el ahogamiento)	
Kanchan, Saraf et al, 2020	The advantages of virtopsy during the Covid-19 pandemic (Las ventajas de la virtopsia durante la pandemia de Covid-19)	Manejo de la Virtopsia durante la pandemia Covid 19
Coolen et al (2020)	Early postmortem brain MRI findings in COVID-19 non-survivors (Hallazgos tempranos de resonancia magnética cerebral post mortem en no sobrevivientes de COVID-19)	

2.3 Variables de investigación

Teniendo en cuenta los objetivos planteados acerca de determinar la relevancia del proceso de virtopsia como apoyo a la autopsia convencional, sus diferentes aplicaciones en el ámbito médico-legal y sus aportes en cuanto a identificación, información de alteraciones en espacios anatómicos de difícil acceso por la observación convencional y manejo exitoso de los datos proporcionados en el campo judicial, las variables de estudio consideradas para la presente revisión fueron los aportes de la autopsia virtual como apoyo a la autopsia convencional, sus principales aplicaciones dentro del ámbito médico-legal en la actualidad y su elección como procedimiento único durante la pandemia COVID-19

2.4 Recolección y análisis de datos

La recolección de datos se realizó a partir del análisis y profundización de los artículos seleccionados como muestra final apoyados en su fundamentación teórica y sus criterios de validación científica. El análisis de resultados fue elaborado a partir de un análisis comparativo de las conclusiones arribadas de acuerdo a su importancia para el campo investigativo con el fin último de proveer una herramienta práctica para la toma de decisiones forenses, por lo que la presentación de los resultados es crucial para determinar su utilidad. El análisis metodológico realizado, los resultados obtenidos y los aportes de las conclusiones finales, apoyados con la elaboración del marco teórico actualizado fundamentaron los objetivos de la presente investigación.

3. Resultados

3.1 Causa de muerte. Autopsia convencional y autopsia Médico legal. Generalidades y protocolos.

La palabra “autopsia”, que deriva del griego “αυτοψια” significa etimológicamente “ver por uno mismo”, aunque el vocabulario común define el proceso como el examen anatómico de un cadáver mediante el cual se pueden analizar de forma minuciosa órganos y estructuras internas después de una disección para determinar la causa de muerte o el carácter de cambios patológicos. Recopilando información de la bibliografía existente, ya desde el año 2004 Trezza, Lossetti y Patitó hacían referencia a la existencia de dos clases relevantes de autopsias: la autopsia anatomoclínica convencional que, se realiza en el ámbito asistencial para determinar la causa de la muerte y su correlación con los diagnósticos clínicos la cual posee un innegable valor en el ámbito de la enseñanza de la clínica médica, y la Autopsia médico-legal, judicial o forense, realizada por un médico oficialmente designado por disposición del órgano investigador de acuerdo a los códigos procesales y penales del territorio en cuestión, con el fin de establecer la causa, mecanismo y manera de la muerte, trátase de un adulto, de un niño, de un recién nacido, de un feto o de restos humanos.(Trezza, et al 2004). Por su parte, en el año 2006, Teijeira y colaboradores también se referían a ella en sus dos acepciones, clínicamente, con la finalidad determinar la causa de la muerte, establecer la correspondiente correlación clínico-patológica, determinar la efectividad de un tratamiento, estudiar el curso y la extensión de un proceso y su posible modificación tras los tratamientos indicados y servir de apoyo para la formación del personal sanitario, y legalmente, que difiere de la mencionada ya que sus principales divergencias se centran en el tipo de examen requerido, los estudios complementarios necesarios, la importancia de la recogida y preservación de indicios y la necesidad de establecer una adecuada cadena de custodia de las muestras con el objeto de esclarecer un hecho judicial. (Teijeira et al., 2006). Por tanto, unificando ambas acepciones se puede decir que es la evaluación completa de la muerte de un individuo y de todas las circunstancias que la rodean incluyendo lo que se ha llamado el último examen físico, el cual incluye los eventos que llevaron a la muerte, la recolección y documentación de elementos traza encontrados sobre, cerca o alrededor del cadáver, la fotografía de las lesiones, el examen físico detallado externo e interno, con los exámenes de laboratorio y toxicológicos pertinentes, el examen

microscópico de tejido y fluidos corporales y, por último, un reporte oral y escrito que detalle los hallazgos pertinentes, los negativos y las conclusiones incluyendo la causa y manera de muerte. En la actualidad Ivan & Enrique (2022) la definen como un procedimiento técnico-científico utilizado para la investigación de la causa de muerte y demás elementos útiles en una investigación judicial. (Iván & Enrique, 2022)

La autopsia convencional permite la obtención de información mediante la observación, la intervención, el análisis externo del cadáver y la viscerotomía, que es la recolección de órganos y toma de muestras de cualquier componente anatómico contenido en las cavidades del cuerpo humano; su objetivo principal es establecer la correlación entre la historia clínica y los hallazgos de autopsia. Por su parte, y desde la definición general de la Medicina Legal, como una especialidad médica que ayuda a las Autoridades Judiciales a administrar justicia, la autopsia Médico Legal, también denominada judicial o forense, puede definirse como *“el examen que realizan médicos oficialmente designados por disposición de un magistrado, a fin de establecer la causa y mecanismo de muerte en adulto, adolescente, niño recién nacido, feto o de restos humanos con el fin de recolectar pruebas, establecer diagnósticos e interpretar hallazgos médicos que ayuden a esclarecerle a los jueces, fiscales, defensores, abogados litigantes y por supuesto a las partes involucradas, cualquier tipo de proceso judicial, en primer lugar, ante la existencia o no de un delito que perseguir; y en segundo lugar, de haberlo, aportar todo lo que esté al alcance del especialista, desde la interpretación elemental del lenguaje técnico hasta diagnósticos basados en pruebas histopatológicas, neuropatológicas o moleculares, que permitan establecer con claridad los objetivos iniciales del procedimiento: causa, manera, identificación e intervalo post mórtem”* (Trezza, Fernando et al., 2004)

Es importante, antes de comenzar con el tema seleccionado para este análisis, y siendo uno de los objetivos de la autopsia médico legal establecer las causas y mecanismo de muerte, resaltar brevemente el concepto de muerte o defunción, desde el punto de vista clínico y fisiopatológico la cual es definida universalmente como la muerte encefálica en todos los casos, aunque haya sido precedida de episodios terminales cardiopulmonares u otro. La Muerte Encefálica (ME) se define como *“la pérdida irreversible, por causa conocida de las funciones de todas las estructuras neurológicas intracraneales, tanto de hemisferios cerebrales como de tronco*

encefálico”. La causa básica de defunción, término utilizado en consenso a partir de la Conferencia para la Sexta Revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades, para la elaboración de estadísticas por causa de muerte, es la enfermedad o lesión que inició la cadena de acontecimientos patológicos que condujeron directamente a la muerte, o las circunstancias del accidente o violencia que produjo la lesión fatal y es el concepto utilizado para la firma de todo certificado de defunción, indicando la afección que condujo a la muerte, con el establecimiento de causa y origen de la misma, sea indirecta o inmediata, por enfermedad o afección, antecedente, interviniente o intermedia, es decir que haya ocurrido entre la causa directa de la muerte y la causa básica de la defunción y como complicación de esta última, siendo a la vez desencadenante de la causa directa o inmediata, o contribuyente, es decir que en razón de sus características colabora en el deceso, pero que no está relacionada con la cadena de acontecimientos (OPS/OMS, 2016, DEIS, 2018)

Si bien el tema central de la presente revisión sistemática es la autopsia virtual, es menester, en primera instancia, profundizar la técnica convencional utilizada para la realización de la autopsia Médico-legal a fin de analizar posteriormente las ventajas y desventajas que presenta la autopsia virtual o virtopsia frente a la técnica detallada a continuación.

La técnica de autopsia médico legal empleada en la Morgue Judicial de la Nación de la República Argentina, de acuerdo a Trezza et al (2004) y conforme a los protocolos propuestos por el Dr. Piacentino, citados por Cohen (2017), que ha permitido introducir mejoras en la técnica, innovaciones y modificaciones según patologías, todas ellas con el fin de intentar obtener conclusiones más precisas, consiste, en primera instancia, con el examen externo del cadáver, la fotografía y análisis “in situ” de vestimenta, adornos y todo elemento que pueda constituir un soporte para materiales biológicos (esperma, líquido amniótico, saliva, sangre, orina, meconio, etc), que se analizan en laboratorios especializados, para luego preservarse en bolsas de papel convenientemente identificadas y ponerlas a disposición del magistrado interviniente. Luego del análisis de la vestimenta y elementos adicionales, se procede a la obtención de imágenes fotográficas del cadáver en general y de las lesiones presentes, la obtención de placas radiográficas y toma de muestras biológicas y toxicológicas y la realización de cualquier maniobra necesaria para el análisis forense antes que pueda contaminarse cualquier muestra obtenida. A continuación, se lava el

cadáver y se consignan todos los datos antropométricos, descripción de la dentadura, señas particulares, condiciones patológicas previas, hábitos personales y edad aparente, hora aproximada de la muerte. Se consigna además el resultado del examen traumatológico, con la descripción de tallada de cada una de las lesiones observables, en orden topográfico, consignando sitio, características morfológicas, y, en caso de herida punzocortante o por proyectil de arma de fuego, procedimiento que se analizara en el transcurso de la presente investigación, la descripción de la lesión se profundiza al realizarse el análisis interno. (Trezza, Fernando et al., 2004) (Cohen, 2017)

El examen interno comienza con la apertura del cadáver del cuello al tronco, respetando las fases y tiempos y finaliza con la apertura del cráneo. La apertura cadavérica adoptada y aconsejada de manera forense por la Morgue Judicial de la Nación es la incisión mentopubiana de Virchow, torneando la región umbilical por la izquierda, replegando ambos lados para la disección de partes blandas de costillas y regiones laterales y la cavidad peritoneal; luego se secciona el peto esternocostal, sobre la línea claviclar desde ambos rebordes costales; al levantarse el peto, quedan expuestos los órganos del tórax y abdomen, y a partir de ese instante se procede a realizar la inspección de acuerdo a las fases o tiempos, cervical, torácico, abdominal y pelviano. En cada una de estas fases, además del examen del contenido se debe realizar el examen del continente, es decir la descripción detallada de cualquier alteración constatada en la estructura ósea. Finalmente se realiza el examen del cráneo y su contenido a partir de la evisceración del sistema nervioso central, la extracción y estudio del encéfalo, el examen del canal radicular y su contenido. La descripción de la evisceración realizada debe incluir los exámenes complementarios correspondientes: estudio histopatológico de material necesario siguiendo los protocolos para evitar el daño de la muestra, estudios bioquímicos siguiendo la regla general de conservación refrigerada de las muestras de fluidos y que incluye la determinación de grupo sanguíneo y factor RH, detección de HIV y cualquier otra patología infecciosa (hepatitis B y C, Chagas y citomegalovirus), investigación de monóxido de carbono, estudio del humor vítreo, investigación de presencia o no de plancton y de material biológico o inorgánico en uñas, hisopados nasal, bucal, vaginal y anal para investigación de drogas y/o fluidos corporales, estudio comparativo de cabello y vello pubiano y análisis de derrame cavitario; estudios toxicológicos, radiológicos, odontológicos, genético y entomológico de haberse encontrado fauna

cadavérica. El informe escrito de todos los pasos mencionados es considerado informe pericial y se debe remitir al magistrado interviniente (Trezza et al., 2004, Cohen 2017).

3.2 La autopsia mínimamente invasiva. Ventajas y desventajas. Análisis.

La evolución histórica del procedimiento de la autopsia convencional explicado anteriormente se complementa con otros procedimientos menos invasivos como alternativa para la resolución de casos específicos, como son la autopsia mínimamente invasiva y la autopsia virtual o virtopsia, considerada como la implementación de una serie de punciones con agujas finas de biopsia con el objetivo de obtener muestras de tejido y fluidos corporales de un cadáver dentro de las primeras horas después de la muerte, que luego se envían para una investigación histopatológica y microbiológica exhaustiva de la causa de muerte subyacente; de acuerdo al análisis de los autores Palahres, Ferreira y cols, la autopsia mínimamente invasiva, aunque no suplanta el procedimiento tradicional, ha demostrado ser un sustituto satisfactorio de la autopsia diagnóstica completa para la determinación de causa de muerte en países de bajos y medianos ingresos (Palhares et al., 2019)

Dentro de las técnicas mínimamente invasivas, la ecopsia y la endopsia, o endoscopia cadavérica se han transformado, con el avance de los años y la evolución de las técnicas de imagen, como alternativas o técnicas de apoyo al procedimiento tradicional. La Ecopsia comenzó a utilizarse a partir del año 1992 y consiste en el estudio anatomopatológico de las muestras sólidas, líquidas y de cultivos microbiológicos obtenidas por aguja con la ayuda de la visualización ecográfica de los órganos; las muestras sólidas son las más frecuentes y en ellas la mayoría de las veces se fundamenta el diagnóstico de la ecopsia. Proceden entre otros, del hígado, riñón, bazo, páncreas, tubo digestivo corazón, pulmones, cerebro, músculo, próstata, mama, testículo, tiroides, suprarrenales, ganglios linfáticos y vasos sanguíneos; las muestras líquidas de las cavidades anatómicas, los quistes y los órganos huecos y los cultivos microbiológicos por punción del área elegida (Fariña, Juliana et al., 2005)

Por su parte la endoscopia es una técnica diagnóstica y terapéutica basada en la introducción de un cámara o lente dentro de un tubo o endoscopio a través de un orificio natural, en el caso por ejemplo de esofagoscopias y duodenoscopias o una incisión quirúrgica, en el caso de la utilización de la laparoscopia como modalidad de abordaje de la cavidad abdominal. En el caso de endoscopia cadavérica o endopsia,

además de ser un procedimiento diagnóstico mínimamente invasivo, también puede realizar maniobras a cavidades de difícil acceso con la capacidad de ofrecer una gran visualización de los diferentes accidentes anatómicos sin necesidad de reseca r tejido circundante y obteniendo imágenes de reales del interior del cuerpo y la posibilidad de su almacenaje virtual. (Domínguez & Israel, 2013)

Uno de los antecedentes seleccionados, Palahres, Ferreira y cols, utilizaron este tipo de técnicas en un estudio observacional de causa de muerte obtenidos por la autopsia convencional y compararon los resultados con los obtenidos por la autopsia mínimamente invasiva en 61 muertes ocurridas en un hospital de referencia de enfermedades infecciosas en Manaus, Amazonia brasileña, además de señalar las discrepancias entre ambos procedimientos. Los resultados obtenidos mostraron una concordancia del 95% con la autopsia convencional y se observó una coincidencia perfecta o casi perfecta en el diagnóstico específico entre la autopsia mínimamente invasiva y la autopsia convencional pero elevadas discrepancias en los análisis clínico patológicos por lo que se concluye que, si bien la autopsia mínimamente invasiva muestra un desempeño sustancial para la identificación de causa de muerte, el elevado porcentaje en las mencionadas discrepancias justifican la necesidad de estudios post mortem para su empleo como sustituto de la autopsia convencional, aunque es viable en entornos de bajos recursos. (Palhares et al., 2019).

Esta última afirmación es coincidente con la revisión realizada por Jaramillo Reinoso, quien afirma que la autopsia mínimamente invasiva fue diseñada específicamente para sitios de bajos recursos y como alternativa a la autopsia convencional, en un procedimiento de toma de muestras seguido por estudios microbiológicos e histopatológicos que pueden ser realizados rápidamente por técnicos capacitados cerca del lugar donde ocurre la muerte y goza de mayor aceptación, por parte de los familiares del fallecido, que el protocolo tradicional de autopsia (Reinoso, 2021). Al respecto, esta última referencia también es resaltada por Wagenveld y cols, en su proyecto de autopsia mínimamente invasiva presentado en la Radiological Society of North America (RSNA), acerca de su utilización como alternativa de apoyo a la autopsia convencional dejando el cuerpo intacto. De acuerdo a las revisiones y estudios de la bibliografía existente desarrollados con el objeto de caracterizar la autopsia mínimamente invasiva como examen postmortem, sus ventajas y condiciones actuales, desde el enfoque de las ciencias forenses, el estudio seleccionado como

antecedente confirma que la autopsia mínimamente invasiva es una herramienta válida, comparable a la metodología tradicional, en particular para las enfermedades infecciosas, y que puede considerarse en casos específicos y de forma fiable una alternativa a la autopsia diagnóstica (Reinoso, 2021)

3.3 La autopsia virtual o virtopsia como avance en la medicina forense. Herramienta de apoyo a la autopsia convencional.

Desde mediados del siglo XIX, cuando Virchow introdujo la microscopía en la patología clásica que ayudó a los inicios y avances de la patología moderna, la metodología de base para la realización de la autopsia no había cambiado sustancialmente: la evisceración, disección, pasos y protocolos llevados a cabo, aún hoy se asemejan a los de aquella época, lo que ha estimulado la búsqueda constante de nuevas técnicas para efectuar estos procedimientos. Dada la evolución y revolución tecnológica en el campo de las denominadas técnicas de imagen, la realización de autopsias convencionales a nivel hospitalario ha ido declinando para dar paso a la implementación de métodos avanzados para la realización de autopsias; la autopsia virtual nace como un procedimiento no invasivo, que incluye el examen minucioso de un cadáver a partir de un escaneo corporal general que puede mostrar el cuerpo en tres dimensiones por medio de técnicas de imagen y almacenar esa información en un protocolo estándar en formato de archivos digitales DICOM, que facilita todo tipo de análisis y procesamiento de imágenes (Badam et al., 2017)

Sin embargo se puede remontar sus inicios con la paleorradiología, utilizada al poco de tiempo de descubrimiento de los rayos X por Roentgen para el estudio de momias egipcias, tanto animales como humanas; con la evolución de la radiología se han ido perfeccionando estas técnicas de cuerpos momificados alrededor del mundo con el desarrollo de la Tomografía computada y la Resonancia Magnética, aumentando la precisión y detalle de los estudios. Fue en Berna, Suiza, donde comienza a aplicarse estos estudios en cadáveres humanos. En el año 2000, Dirnhofer, director del Instituto de Medicina Legal y Forense de la Universidad de Berna, acuña el término “virtopsia” para este procedimiento y profundiza su utilización como herramienta adicional a la autopsia convencional para propiciar la detección de causa de muerte y agilizar cualquier proceso legal existente. (García Robelto, et al., 2019) (Dirnhofer et al., 2006)

El concepto empleado, es una conjunción de la palabra “autopsia, y la palabra “virtual”, esta última aparecida a mediados del siglo XIX como sinónimo de virtud, fuerza y excelencia, que se convirtió en una expresión de cualidades potenciales no expresadas, y representa lo hipotéticamente posible y admisible. El término en su conjunto, virtopsia, es un primer intento de eliminar la subjetividad de marcos interpretativos anatómicos y patológicos y depende del operador proporcionar un atributo objetividad. El término virtual en la palabra «virtopsia» implica no solamente un mundo virtual forense, que liquida la realidad, sino que define un mejor potencial de análisis y la aplicación de técnicas de imagen para hallazgos forenses enriqueciendo su carácter de objetividad. (Dirnhofer et al., 2006)

Unificando definiciones y conceptos, se puede considerar más que como una técnica en sí misma, como un conjunto de técnicas diagnósticas cuya base principal es la imagenología y definirla de manera general como *“el conjunto de procedimientos de análisis de los órganos o de un órgano específico mediante técnicas de imágenes que permiten demostrar alteraciones anatómicas en forma tridimensional sin necesidad de la disección cadavérica, con finalidad forense y cuya información puede almacenarse en ficheros digitales”*. Al respecto, los diferentes autores seleccionados coinciden en la importancia del proceso como apoyo a la autopsia convencional y su aporte como avance en la medicina forense, señalando su relevancia en el análisis de causa de muerte y el estudio de lesiones a través de la identificación de hematomas ocultos, objetos extraños, impacto, trayectoria de lesiones por armas de fuego o armas blanca, alojamiento de proyectiles, antecedente de maltrato infantil o violencia de género lo que convierte a la virtopsia en una herramienta de suma importancia para el esclarecimiento de casos judiciales. Es importante aclarar que es un proceso multidisciplinario que puede recaer sobre un cadáver o una persona viva revelando modelos tridimensionales sin ningún tipo de alteración corporal. En la actualidad el procedimiento es utilizado en Patología, Tanatología y Traumatología Forense para valoración de daño corporal, en histopatología para análisis citogenéticos, en criminalística para el revelado de huellas y antropología forense para la estimación de la edad de restos óseos o análisis craneal a efectos identificativos. (Garcia Robelto, et al., 2019) (Joseph et al., 2017)

Para dar una idea práctica, la mesa utilizada para la realización de disecciones virtuales proporciona una visualización de tamaño natural de la anatomía de todo el

cuerpo, con detalles exactos del cadáver, que permite una visualización realista de la anatomía humana en tres dimensiones y el giro o cambio completo de la vista, la realización de cortes en la superficie corporal, quitar tejidos blandos o extirpar órganos con solo deslizar el dedo por la pantalla y deshacer y rehacer cualquier movimiento de disección realizado las veces que se crea necesario. Además puede obtener información de cualquier escáner de TC, resonancia magnética (MRI) y ultrasonido, inclusive, permite el montaje de imágenes fotográficas adicionales para el aprovechamiento de información adicional. La mesa consta de un hardware de ejecución que muestra el cadáver virtual en una pantalla de cristal líquido (LCD) de alto contraste con una resolución de 3.960 x 1.080. Se utilizan sensores ópticos táctiles interactivos para la manipulación de imágenes, que pueden ser utilizados con un dedo o un lápiz electrónico para tal fin (Imagen N° 1 y 2, Anatomage, 2020)

Figuras N° 1 y 2 Mesa de autopsia Virtual



Fuente: Anatomage, 2020

Esta descripción no invasiva apoya la idea de la autora García Robelto, quien hace hincapié en su importancia como método no invasivo sobre todo en aquellos casos judiciales en que se requiera un análisis posterior para confirmación de datos recopilados, que sería inviable después de una autopsia convencional y en caso de situaciones culturales y religiosas que no aceptan los procedimientos asociados a esta

última; la base de la virtopsia es el escaneo corporal en tres dimensiones utilizando diferentes técnicas imagenológicas, como la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y la Tomografía Axial Computada (TAC), principales herramientas que se detallarán y profundizarán en el transcurso de la presente investigación (García Robelto, et al., 2019) . Este concepto también es compartido por los autores Domínguez e Israel quien señala la importancia del procedimiento no invasivo para la detección de causa de muerte, para la rápida entrega del cuerpo a los familiares y la sustitución de la autopsia convencional por la virtopsia como procedimiento único ante prohibiciones religiosas.(Domínguez & Israel, 2013)

La realización de la virtopsia virtual consta de diversos pasos, que, como en la autopsia convencional, deben tenerse en cuenta para su aplicación: en primera instancia, así como se procede en una virtopsia convencional, se debe preparar el cadáver para el estudio, preparación que involucra la adquisición de imágenes digitales de toda la superficie corporal o de aquella sección específica de estudio mediante tomografía computarizada, resonancia magnética, escáneres de superficie, fotografía, entre otros elementos digitales de manera conjunta e integrada o de manera individual; luego se procede a la identificación de estructuras anatómicas, separando las imágenes digitales y áreas de interés en archivos DICOM etiquetándolas para identificar el tejido o el área del cuerpo que se va a analizar, politraumatismos, hematomas o heridas de cualquier orden; si por alguna decisión o investigación forense es necesario realizar morfometría o registro de algún órgano en particular, se procede a asignar puntos a cada uno de ellos, con el fin de ubicar exactamente las estructuras anatómicas (proceso denominado fotogrametría, haciendo corresponder los puntos en la tomografía computarizada o la resonancia magnética y los que se obtienen del escáner de superficie para su estudio y evaluación. Después de obtener las imágenes, el escáner permite hacer exploración de superficie y reconstrucciones multiplanares en 3D sobre la mesa especialmente adaptada para tal fin, pudiéndose realizar cualquier tipo de cambios colorimétricos y/o bioquímicos de las estructuras, a decisión de la investigación a realizar y de quien analiza el estudio. (Najar-Céspedes & Fuentes-Martínez, 2017)

Los antecedentes seleccionados dan cuenta de las ventajas y desventajas de la virtopsia como procedimiento adicional a la autopsia convencional; las ventajas se han ido desarrollando a lo largo de esta revisión: el dejar el cuerpo intacto y la posibilidad

de volver examinar el cadáver y la escena del crimen incluso décadas después, después del entierro del cadáver y la liberación de la escena del crimen por el almacenaje de información ; en cuanto a las desventajas, algunos autores reconocen que la autopsia virtual distorsiona datos sobre los colores del cuerpo, no realiza discriminación de tejidos blandos, se dificulta la visualización de la circulación y la detección de hemorragias y no proporciona información sobre la histoquímica, problemáticas que se han ido resolviendo con los avances de reconstrucción en volumen 3D, la detección de tejidos blandos y anomalías de órganos analizarse por Resonancia Magnética, la utilización de la angiografía post mortem para visualización de la circulación (Pomara et al., 2009)

3.3.1 Virtopsia: Técnicas de imagen aplicada a las Ciencias forenses

3.3.1.1 Radiología (Radioscopia). Antecedentes

Es una realidad que la autopsia virtual o virtopsia fue al principio rechazada y considerada por muchos como una traición a la autopsia convencional, pero con el paso del tiempo, la aplicación de la radiología o radioscopias, en primera instancia, el empleo de procedimientos alternativos como la radiografía convencional, las ecopsias, endopsia, y más tarde, el auge de las técnicas por imágenes, como la Tomografía Computada y la Resonancia Magnética, con la posibilidad del almacenaje de información, no solo fue encuentro entre ambas disciplinas sino también ha representado la evolución y revolución de la medicina forense. (Thali et al., 2003)

Comenzado por la radiología, el descubrimiento de los rayos X en 1895 por Wilhem Conrad Röntgen y su especificidad, practicidad y aplicación, fue el primer paso para el desarrollo de las primeras técnicas de radiodiagnóstico médico que posibilitaron la visualización del interior del cuerpo, y su aplicación múltiple y variada en el campo de la Medicina. Las técnicas radiográficas comenzó a aplicarse también en el campo de la medicina forense, utilizando las radiaciones ionizantes o Rx con fines criminalísticos asistiendo de manera auxiliar a las técnicas convencionales y otras ciencias intervinientes: odontología, anatomía patológica, medicina legal o lesionología y a la antropología forense (Thali et al., 2003)

En ese sentido, Gamboa & Arley, señalan al uso de la radiología convencional en la medicina forense como una herramienta no invasiva que aporta grandes características al dictamen forense, jurídico y legal, los estudios radiológicos son

usados tanto en cadáveres y restos óseos (exhumaciones), como en otras estructuras que requieran ser evaluadas, obteniendo así márgenes radiológicas que pueden aportar hallazgos de interés criminalístico y cuya utilización específica se profundizará en el avance de la presente revisión, sin embargo se puede afirmar que su ámbito de aplicación abarca desde las autopsias, la evaluación de fracturas en caso de maltrato (infantil, de género y geriátrico), accidentes, heridas por armas de fuego, aporte a la identificación con respecto a imágenes previas (senos paranasales, prótesis, tratamientos dentales, ortodoncias, etc.) colaborar a determinar sexo en cadáveres esqueletizados, estimación de la edad, y en caso de “embaladores o mulas” encontrar drogas escondidas en las cavidades corporales para su tráfico, etc.

Gisbert Monzón & Aruquipa Cabezas exponen la importancia de la radiología en la investigación criminal y como se ha constituido en Latinoamérica como prueba científica válida a la hora de aprobar o desaprobado *“la existencia de lesiones, así como establecer su ubicación, cantidad y otras características que se relacionan con la tipificación de lesión reciente o antigua, ante-mortem o post-mortem, sus alcances van a la búsqueda de datos identificatorios y la determinación de elementos extraños o prótesis en cadáveres complejos y restos óseos, sus 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”*. (Monzón & Cabezas, 2020). Por su parte, Tawfiq Zyoud et al, en su artículo de revisión, también coinciden en afirmar al enfoque de imágenes radiológicas como uno de los métodos utilizados para complementar los hallazgos de la autopsia y lograr un diagnóstico post-mortem más preciso aunque respaldan la evolución de las técnicas y el papel de la tomografía computarizada post mortem (PMCT), la tomografía computarizada por emisión de positrones (PMCTA) y la Resonancia Magnética Nuclear por los beneficios crecientes en el diagnóstico de muerte traumática, fracturas, lesiones tisulares, así como la evaluación de altura o peso del cuerpo para la identificación del cadáver (Tawfiq Zyoud et al., 2020).

3.3.1.2 Tomografía Computada y Resonancia magnética en la virtopsia. Generalidades. Análisis de antecedentes.

El uso de herramientas tecnológicas en el diagnóstico clínico médico y los avances producidos a partir de su descubrimiento, ha llevado a la necesidad de planteamientos de su utilización en otros campos, como la medicina forense, cuya aplicación, en

conjunto con la autopsia convencional, ha posibilitado la precisión diagnóstica, el estudio de hallazgos traumatológicos o patológicos, e incluso de reacciones vitales ante-mortem, siendo particularmente útil en aquellos casos de dudosa criminalidad, con imágenes que demuestran con claridad, nitidez y tamaño adecuado cualquier estructura corporal, con menor invasión al objeto de estudio. La relevancia de la utilización de la Tomografía Computada, la Resonancia Magnética postmortem se relacionan con el aporte de datos fidedignos y tridimensionales de la estructura corporal que guían el análisis de muestras biológicas, la posibilidad del archivo de información y la realización de una base de datos sea para verificación de información o futuras investigaciones. (Panda et al., 2015)

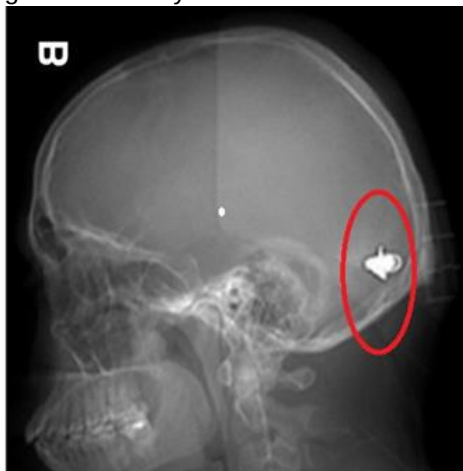
La Tomografía computada fue desarrollada en 1972 por Godfrey Hounsfield y Allan Cormack como un medio de reproducir imágenes transversales (axiales) del cuerpo humano; es una técnica que, a través de la combinación de Rayos X y sistemas informáticos, consigue imágenes transversales de la estructura estudiada ofreciendo información tridimensional de su anatomía, con la ventaja de estudiar con alto grado de precisión detalles de las vísceras, huesos, tejido muscular, graso, entre otras estructuras. El equipo consta de un cuerpo vertical o gantry, el cual contiene el tubo de Rayos X, que presenta un orificio central y que gira alrededor de la camilla de exploración en donde se coloca el cuerpo o estructura a estudiar, a través de la emisión de radiaciones que pasan a través de la mencionada estructura, las cuales son modificadas de acuerdo al coeficiente de absorción de los diferentes tejidos, que son captadas por detectores de estado colocados en el lado opuesto. La ionización producida se convierte en señales eléctricas que son transmitidas al sistema informático, donde se transforman en imágenes digitalizadas a la interfaz del operador (de la Cerda Romero, 2009)

La primera aplicación documentada de TC en el ámbito forense fue en la década del '90, un caso judicial de homicidio en Suiza por una herida de arma de fuego en el cráneo, exigía datos forenses precisos, por lo que se necesitaba un procedimiento que perturbara mínimamente el cráneo de la víctima; para ello se emplearon métodos radiográficos que aportaron datos fidedignos en el juicio legal. No obstante, a partir de ese caso puntual y con la evolución de las técnicas de imagen y la invención de la TC helicoidal, el departamento de Medicina forense de Suiza siguió profundizando estos procedimientos y trazaron un mapa del interior del cadáver utilizando escaneos en tres

dimensiones por medio de la Tomografía Axial Computada primero y la Resonancia Magnética Nuclear después. Es por ello que la mayoría de las contribuciones a la utilización de técnicas de imagen para la realización de autopsias virtuales se vienen desarrollando en Suiza y ha dimensionando la técnica de virtopsia como una técnica de nueva generación. (Dirnhofer et al., 2006) (Palhares et al., 2019)

Siendo Suiza una de los países de avanzada en el uso de la virtopsia, la revisión sistemática seleccionada como antecedente de Ebert et al, profundiza la utilización de la tomografía computarizada post mortem (PMCT), y destaca la importancia de su utilización y las ventajas que ofrece los diferentes tipos de visualizaciones del procedimiento, con la obtención de imágenes 2D y 3D y las aplicaciones específicas de ambas visualizaciones, como las mismas se pueden refinar mediante el uso de técnicas adicionales, como anotaciones o capas y como métodos especializados como la impresión 3D y la realidad virtual y aumentada también son utilizados como apoyo al procedimiento tradicional aunque estos dos últimos requieren de personal especializado en conversión de datos (Jackowski et al., 2011) (Figura N° 5) El conocimiento de estas técnicas es esencial para el manejo exitoso de los datos de la tomografía computada post mortem en casos judiciales o en el ámbito de la antropología forense. (Ebert, Seckiner, et al., 2021) Coincidiendo con las ventajas de su utilización, García Robelto et al, realza la importancia de la tomografía computada como técnica complementaria a la autopsia convencional, y su pertinencia como herramienta de apoyo judicial en Colombia (García Robelto, Angelica et al., 2019)

Figura N° 3: Proyecto en calota



(Fuente.: Duarte D.P. et 2022)

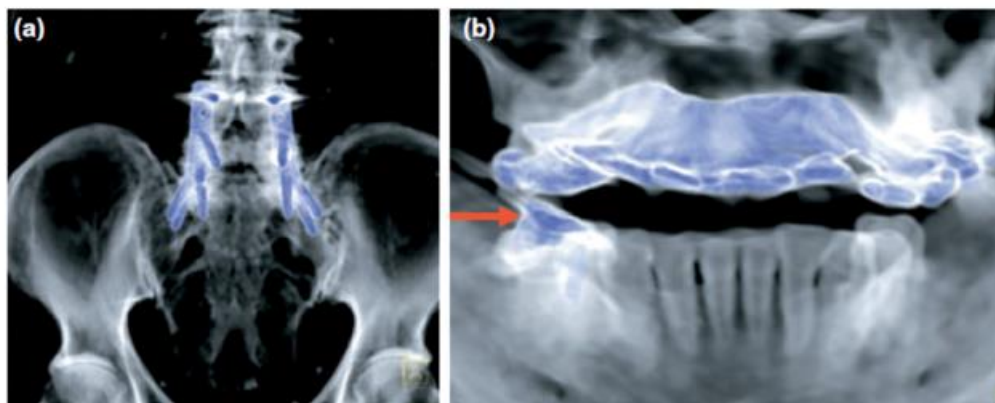
Figura N° 4 Tomografía computada post mortem



Reconstrucción 3D del esqueleto completo de una

Víctima de una caída desde gran altura, (Fuente Bolliger et al 2008)

Figura N° 5: Tomografía computada post mortem



Referencias: a) Reconstrucción en 3D de la espina y la pelvis / b) Reconstrucción en 3D del cráneo evidenciando prótesis dentales Fuente: (Najar Céspedes, 2012)

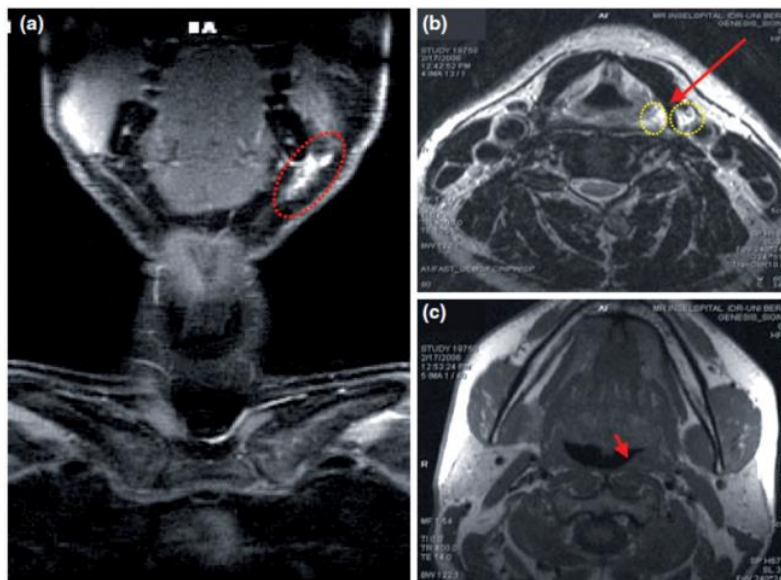
La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) se usa ampliamente en medicina clínica, sin embargo, y a pesar de la evolución en el campo de la imagenología, todavía está infrautilizada en la patología forense, sobre todo en Latinoamérica, aun cuando está comprobada su eficacia como herramienta de diagnóstico en este campo, hecho que puede explicarse por el acceso más restringido a los escáneres de RM, por el costo y la complejidad de la tecnología de este método y el requerimiento de personal especializado para la adaptación de los protocolos de adquisición que deben equilibrar entre el campo de visión y la resolución obtenida, una orientación de corte ideal para las imágenes resultantes y la lectura fiel de los datos obtenidos.

Basada en las propiedades mecánico-cuánticas de los núcleos atómicos, la RMN basa su funcionamiento en electroimanes que crean campos magnéticos al circular la corriente por las bobinas de los mismos, estimulando la excitación de átomos de hidrógeno que 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. Cuando se apaga el campo de radiofrecuencia, los sensores de IRM son capaces de detectar la energía liberada mientras los protones se realinean con el campo magnético. El tiempo que tardan los protones para realinearse con el campo magnético, así como la cantidad de energía liberada, cambian dependiendo del entorno y la naturaleza química de las moléculas. (NIH, 2019)

A la intensidad de señal registrada para cada vóxel se le asigna un valor de escala de grises para visualizar las diferencias de intensidad. Las propiedades bioquímicas y

físicas de los tejidos influyen fuertemente en los tiempos de relajación del giro y, por lo tanto, conducen a un excelente contraste tisular. Las imágenes resultantes tienen múltiples propiedades de edición y se pueden emplear secuencias para supresión, recorte, aumento o resaltado de imágenes; la capacidad de las mismas para proporcionar información anatómica (Figura N° 6) y para resaltar las acumulaciones de líquidos lo convierte en una herramienta de diagnóstico ideal para una amplia gama de patologías que incluyen hematoma subcutáneo, contusión ósea, laceración de órganos, hemorragia interna y colecciones de líquidos, lesión isquémica del corazón, edema cerebral, derrame pericárdico o pleural y edema pulmonar(NIH, 2019)

Figura N° 6: Resonancia de cabeza y cuello en sobreviviente de estrangulación



.Resonancia magnética de cabeza y cuello de un día después de una víctima sobreviviente a estrangulación. El examen externo no mostró hallazgos patológicos. Sin embargo, la víctima declaró dificultad al tragar. (a) Esta imagen transversal coronal T2 de la cabeza y cuello mostró una hiperdensidad (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 transversal T2 a nivel del cartílago tiroideo (flecha). El tejido circundante en ambos lados del asta inferior del cartílago muestra hemorragia y edema (círculo punteado). (c) Imagen transversal T1 de la cúspide de la base de la cavidad bucal muestra una restricción (flecha) al lado izquierdo de la tráquea Referencia: a) Imagen transversal coronal / b)Imagen transversal nivel cartílago tiroideo / c) Imagen transversal cavidad bucal. (Fuente Najjar Céspedes 2012)

Seleccionada como antecedente por la similitud con la temática de esta investigación, la revisión sistemática y metaanálisis realizada por los autores Ahmad, Sharif et al,

evaluaron el uso de la virtopsia por resonancia magnética como alternativa a la autopsia y la posibilidad de usar este procedimiento para establecer la causa de la muerte como una alternativa al tradicional examen post mortem o autopsia. Los autores realizaron su revisión en estudios, sin restricción de idioma, identificados en la bibliografía existente hasta el año 2016 en los mismos buscadores que se seleccionaron para la estrategia de búsqueda de la presente revisión; además realizaron búsquedas adicionales utilizando las bibliografías de artículos y resúmenes. Se incluyeron todos los estudios que informaron el diagnóstico de la causa de la muerte tanto por medio de una resonancia magnética nuclear como de una autopsia tradicional. Los 13 estudios seleccionados por los autores mencionados dieron cuenta de la sensibilidad de la virtopsia por RM y el alto índice de probabilidad diagnóstica tanto en autopsias de adultos como de niños, lo que concluye que la misma ofrece una alternativa viable a la autopsia convencional, datos coincidentes García Robelto en cuanto a la pertinencia del procedimiento como herramienta de apoyo judicial. (Ahmad et al., 2017) (García Robelto, et al., 2019)

Avalando los resultados antes descriptos, un estudio multicéntrico recientemente publicado por Ruegger et al, combina la Resonancia magnética post mortem con biopsia guiada por tomografía computarizada para el estudio postmortem de fetos y lactantes, en el que, después de la toma de imágenes post-mortem usando un escáner de tomografía computarizada y una unidad de resonancia magnética, se realizó un muestreo de tejido guiado por tomografía computarizada. Los resultados de la virtopsia se compararon con la autopsia convencional para determinar la probable causa final de muerte y las principales patologías. El resultado primario fue la proporción de casos en los que se determinó la misma causa de muerte mediante ambos métodos; en cuanto a los casos secundarios Los resultados secundarios demostraron que la virtopsia y la autopsia identificaron la misma causa de muerte en 91 casos (90,1 %, IC del 95 %: 82,7 a 94,5). La sensibilidad y la especificidad de la virtopsia para determinar la causa de la muerte fueron del 96,6 % (IC del 95 %: 90,6 a 98,8), lo que pudo demostrar la alta concordancia del procedimiento de virtopsia con la autopsia convencional para la detección de la causa de muerte y la necesidad de ampliar estudios de la biopsia guiada por tomografía computarizada como valor diagnóstico. (Rüegger et al., 2022)

La evolución de las técnicas de imagen y los avances en el procesamiento de las mismas dieron a las virtopsia diferentes estrategias de análisis: el escaneo de superficie tridimensional (3D) con fotogrametría de diseño asistida por computadora, tomografía computarizada multicorte (TCMC), espectroscopia de resonancia magnética y técnicas complementarias, como la tomografía microcomputarizada y la microscopía de resonancia magnética. Estudiada su evolución por Thali et al y profundizada su técnica en la revisión de García Robelto et al, el escaneo de superficie tridimensional (3D) con fotogrametría de diseño asistida por computadora es una metodología basada en mediciones de fotografía y su análisis por softwares especializados, lo que ha beneficiado el análisis de la autopsia virtual; se fundamenta en la toma de fotografías del cuerpo desde diferentes ángulos, estimando las coordenadas tridimensionales de los puntos de superficie y su análisis mediante un software especializado TRITOP/ ATOS II, que utiliza imágenes de alta velocidad y sensores remotos para construir una imagen integral en 3D de las características de la superficie del cadáver.(Thali et al., 2003) (Garcia Robelto, et al., 2019) Los objetivos ideales para la fotogrametría son elementos texturizados o rugosos y las identificaciones, como puntos de referencia, líneas de contraste y adaptadores, se determinan de forma rápida y precisa, y se muestran en el software, incluidas las coordenadas 3D calculadas. Las funciones básicas del software incluyen capturar puntos de medición y procesarlos para modelar nubes de puntos 3D, así como monitorear la calidad de la imagen (figura N° 7). La técnica se utiliza para determinar las propiedades geométricas de los objetos y su situación espacial a partir de imágenes, (por ejemplo para la búsqueda de proyectiles) haciendo corresponder los puntos en la tomografía computarizada o la resonancia magnética y la nube de puntos que se obtienen del escáner de superficie. (Herrera, Luque, Savio, 2019)

Figura N° 7: Fotogrametría y escaneo por superficie



Nube de puntos sobre digitalización 3D (Fuente: Herrera et al, 2019)

La tomografía computarizada multicorte (TCMC), a diferencia de la convencional que realiza cortes transversales de un espesor determinado obteniendo sólo imágenes axiales, consiste básicamente en una adquisición volumétrica a través de un rastreo continuo con un amplio haz de rayos X con una fila de detectores capaces de adquirir cortes de acuerdo a la cantidad de detectores utilizados. Su evolución ha posibilitado el desarrollo de múltiples conjuntos de detectores que pueden generar imágenes de múltiples 'cortes' en una rotación, reducir el tiempo necesario para escanear una longitud corporal y, mediante uso de computadoras más potentes y sofisticadas, mejorar el procesamiento y reconstrucción de las imágenes, lo que permite la obtención de imágenes tridimensionales en corto tiempo, consiguiendo mayor resolución tanto en los planos longitudinales como axiales (Figura N° 8). (Herrera, Bernard, s. f.)

El procesamiento digital de imágenes lleva asociada una enorme cantidad de conceptos relacionados con hardware, software y también con desarrollos teóricos. En el momento de desarrollar soluciones que requieran de procesamiento digital de imágenes, es difícil en algunos casos determinar cuáles son las técnicas más adecuadas para el problema en particular, e inclusive a veces se desconocen estas. La técnica de post procesado de imágenes, a partir de la obtención de datos consiste en la reconstrucción primaria en el mismo plano que en el que se han adquirido las imágenes, para su interpretación inicial y luego una reconstrucción secundaria de cortes finos que permite el análisis volumétrico, con la posibilidad de realizar reformateos en diferentes planos, renderizaciones y la utilización de diferentes algoritmos para mayor extracción de información de la imagen que sirvan de interés forense. (Víctor & Rigondeaux, 2021)

Figura Nº 8 Tomografía computarizada multicorte (TCMC)



Aire en vía biliar. (Fuente: Sutherland & O'Donnel (2018))

El cuadro siguiente describe las técnicas de postprocesado frecuente en Medicina Forense:

Tabla 2: Tipos de reconstrucciones postprocesado en TCMC

TÉCNICAS DE POSTPROCESADO: Tipos de reconstrucciones		
Multiplanares	MPR <i>Multi Planar Reconstruction</i> Reconstrucción multiplanar	- Eje sagital
		- Eje coronal
		- Oblicuas
		- Curvas
		- Trayecto libre
Volumétricas 3D	AIP - Proyección de Intensidad Media <i>Medium Intensity Projection</i>	
	MIP - Proyección de Máxima Intensidad <i>Maximum intensity projection</i>	
	Mini MIP - Proyección de Mínima Intensidad <i>Minimun intensity Projection</i>	
	SSD - Reconstrucciones de Sombreado de Superficie <i>Shadow Surface Rendering</i>	
	VR - Representación de Volumen <i>Volume Rendering</i>	
	Herramientas de recorte	

La espectroscopia de resonancia magnética es la herramienta de determinación estructural más potente de los químicos orgánicos, mediante esta técnica se puede

analizar los núcleos de H, ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F y ^{31}P , principales componentes de las moléculas orgánicas. Cualquier átomo con Número atómico o Masa atómica impar tiene spin nuclear y se puede analizar mediante un equipo de resonancia magnética nuclear; Los espectrómetros de RMN más comunes tienen 4 partes: un imán con un controlador de campo de alta precisión, así se puede obtener un campo magnético muy preciso, un transmisor de radiofrecuencias (RF), que sea capaz de emitir ondas de una frecuencia muy precisa, un detector que mide la energía absorbida por la muestra y un registrador que imprima los La ERM es un método analítico utilizado en química que permite la identificación y cuantificación de metabolitos en muestras. Esta difiere de las imágenes convencionales de resonancia magnética en que el espectro provee información fisiológica y química en lugar de anatómica datos que surgen del detector con los que se puede medir el desplazamiento químico (Santana Núñez, 2011)

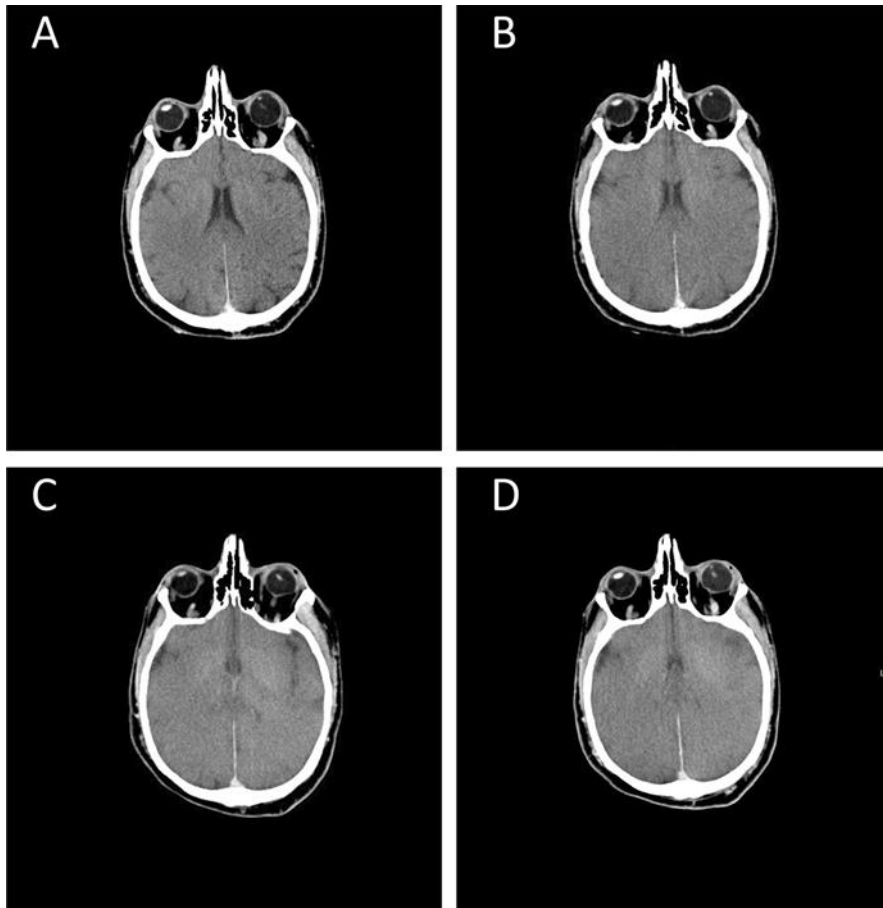
3.3.1.3 Últimos avances: la radiómica al servicio de la virtopsia.

Dentro de los últimos avances tecnológicos, la inteligencia artificial (IA), definida como la rama de las ciencias computacionales que se encarga del diseño y construcción de sistemas capaces de realizar tareas asociadas con la inteligencia humana, se ha desarrollado gracias a una mayor disponibilidad de datos, recursos tecnológicos y financieros, así como avances en las técnicas de aprendizaje computacional, una de sus principales áreas, con gran impacto en muchos ámbitos laborales en países desarrolladas. Dentro de la misma, la radiómica es un campo emergente dentro de la radiología, mediante la cual se extraen características cuantitativas y reproducibles de la imagen basada en el aprovechamiento de la gran cantidad de datos procedentes de la misma para mejorar las herramientas existentes de radiodiagnóstico y crear nuevas herramientas que nos permitan ya no solo diagnosticar, sino realizar seguimientos y tratamientos antes imposibles. Extrae sus datos principalmente de la tomografía computarizada (TC) la resonancia magnética nuclear (RMN) y la tomografía de emisión de positrones (PET), y, en base a esta información y en asociación con otros estudios, ya sean genéticos o anatomopatológicos de las enfermedades a estudio, se busca encontrar las relaciones que presenta la imagen con la base fisiopatológica de la enfermedad (Tomaszewski & Gillies, 2021)

Las aplicaciones iniciales de esta tecnología se han centrado en patologías oncológicas, en principio por su alta incidencia a nivel global, que han requerido y aún

requieren el constante desarrollo de técnicas de tratamiento y seguimiento de la enfermedad; en la actualidad su utilización abarca muchos ámbitos y tienen aplicaciones también en la virtopsia, teniendo en cuenta el estudio de las características de las imágenes médicas imperceptibles al ojo humano mediante la aplicación de algoritmos automatizados, con el objetivo de asociarlos a estados concretos, como puede ser el estudio de determinada lesión, estudios cerebrales y optimizar la hora de muerte a partir de diferentes variaciones temporales; el artículo seleccionado de De Giorgio y colaboradores utiliza la radiómica para el estudio del cerebro y es uno de los más actuales registrados en la bibliografía existente; teniendo en cuenta que estimar el intervalo post-mortem es una tarea fundamental dentro de las ciencias forenses y que el mismo está influenciado por los métodos aplicados y factores ambientales existentes, que modifican la dinámica temporal de los cambios post-mortem, la búsqueda de descriptores cuantitativos y objetivos de los cambios post-mortem es fundamental para la obtención de resultados; siendo la teoría fractal una herramienta útil para la caracterización y el diagnóstico de las imágenes de TC, los autores mencionados aplicaron el análisis fractal en cuatro cadáveres para identificar patrones que podrían ayudar tanto en la determinación del intervalo post mortem como para el estudio del cerebro, estructura de acceso limitado y que representa un órgano muy importante para investigar por ejemplo la aparición de gas en las diversas estructuras del cerebro, y la pérdida de diferenciación entre la sustancia blanca y la gris que se encuentra entre las primeras alteraciones post-mortem. Si bien la utilización de la radiómica y el análisis fractal no permitieron resultados significativos por lo pequeño de la muestra, los resultados obtenidos muestran que el análisis fractal de cortes de cerebro por TC proporciona un conjunto de descriptores cuantitativos capaces de mapear cambios post-mortem a lo largo del tiempo en todo el cerebro, y, combinados los estudios con la radiómica se obtienen resultados mucho más precisos y de mayor confiabilidad, por lo que la profundización de los estudios en radiómica abre puerta a nuevas posibilidades de investigación aplicables a la virtopsia y a estudios futuros (De-Giorgio et al., 2022)

Figura N° 9 (A. día 1, B: día 2, C: día 3 y D: día 4, de fallecido). Se observa pérdida progresiva del volumen ventricular y disminución de los surcos de la sustancia gris



Fuente De- Giorgio et al., 2022

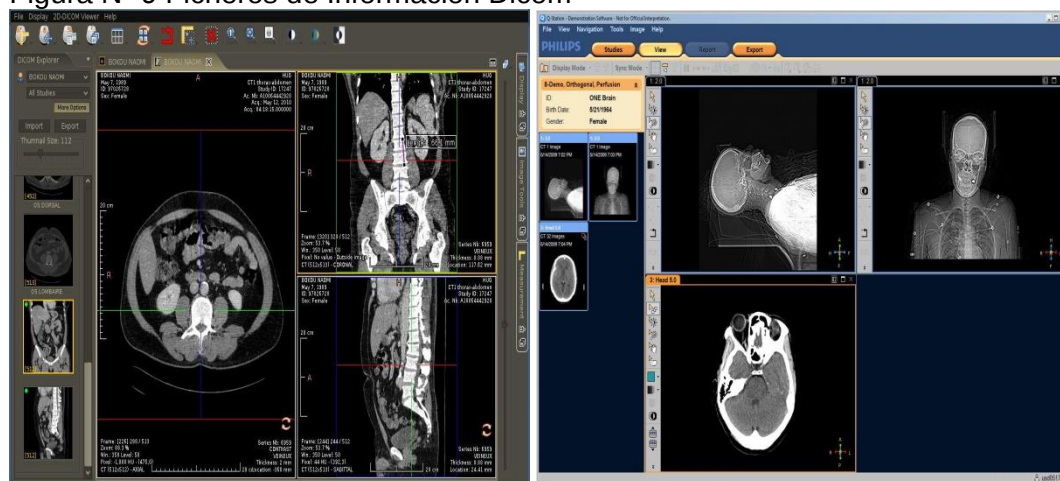
3.4 Almacenamiento de información: Ficheros DICOM

La creciente tendencia hacia la digitalización en todos los ámbitos laborales pero sobre todo en el área de salud especialmente en el diagnóstico por imagen, y la necesidad de comunicaciones médicas, ha puesto de relieve la necesidad de estandarizar los protocolos de comunicación y los formatos de la información en sanidad. Uno de los estándares más exitosos hasta la fecha es DICOM (siglas de *Digital Imaging and Communications in Medicine*), protocolo estándar de comunicación entre sistemas de información y a la vez un formato de almacenamiento de imágenes médicas que aparece como solución a los problemas de interoperabilidad entre tipos de dispositivos. Se trata de un formato en expansión y crecimiento, utilizados en

experiencias de integración con programas de exposición de imágenes e información médica al objeto de poder emplearlos eficazmente en presentaciones médicas y en el almacenamiento de información para utilización en casos forenses (postDICOM, s. f.)

Un fichero DICOM puede verse como un lote de imágenes que son descritas y ordenadas por un fichero de índice, denominado DICOMDIR (Figura N° 9) Los segmentos que componen la pila son cada uno de los cortes que el TC o la RNM han producido. Usualmente, hay tantas listas (pilas) como áreas de cortes paralelos entre sí. Ello posibilita que, mediante software apropiado (software API) puedan reconstruirse regiones corporales en tres dimensiones. Al respecto, y a los efectos de la presente investigación, sin profundizar la complejidad de la técnica, solo se enfoca los dos objetos principales del formato: IOD (*Information Object Definition*), formados por la imagen y su información asociada, que son una representación lógica de objetos del mundo real, y DIMSE (*DICOM Message Service Element*), operaciones que pueden realizarse sobre un objeto. Ambos objetos son esenciales para formar la unidad funcional de los ficheros 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) (Aso et al., 2005)

Figura N° 9 Ficheros de Información Dicom



Fuente: Aso et al, 2005

Por tanto un archivo DICOM contendrá por un lado la información de una o varias imágenes y por otro la información del contexto en el que se ha tomado la imagen. Una imagen DICOM tendrá los datos del paciente (nombre, apellidos, edad...), del

doctor que pide la prueba, del centro médico donde se hace la prueba, del tipo de prueba médica a la que corresponde la imagen, de la máquina, de parámetros de configuración de la máquina y de la posición del paciente en cada adquisición tomada, del número de tomas realizadas, separación milimétrica entre cada imagen y dimensión es de las imágenes. El proceso se constituye por técnicas manipulativas destinadas a la modificación de las características imagenológicas relacionadas con el mejoramiento de la calidad o el realce de detalles poco visibles o la detección de elementos apenas visibles u ocultos al ojo humano, que involucra magnificación, filtrado, detección de bordes, manipulación de paletas, sustracción de fondos y de imágenes, reconstrucciones, interacción de píxeles, manipulación matemática de píxeles, segmentación. Estas técnicas se basan en operaciones sobre la imagen en las que priman los cálculos como elemento principal de análisis al aplicar la morfometría, densitometría y reconstrucciones tridimensionales. En la virtopsia se aplica cualquiera de las técnicas mencionadas, tanto de análisis como de proceso, por ello, de la misma manera que para la autopsia convencional 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 (Aso et al., 2005)

Los antecedentes seleccionados muestran consenso en la ventaja que ofrecen las imágenes DICOM es la seguridad frente a otros sistemas similares. Una de las bases de los archivos DICOM es el protocolo que se utiliza para cifrar el traspaso de datos, este proceso permite proteger la privacidad de las imágenes, así como de cualquier archivo adjunto referente a la salud y a los datos médicos del paciente. 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 y cada vez más utilizado en la virtopsia a nivel global.

3.5 Principales utilidades de la Virtopsia en el campo forense

Como se ha mencionado a lo largo de esta revisión, la principal aplicación de la virtopsia en el ámbito forense es el estudio de la etiología y la causalidad lesional, con valoraciones precisas en detalles morfológicos, y en los que puede generarse un modelo tridimensional real para poder averiguar el mecanismo de producción; para

ello, y antes de proceder al uso de imágenes para visualización en 2D, 3D o realidad aumentada, es necesario identificar en ellas cada una de las estructuras anatómicas presentes a partir de técnicas de segmentación consistente en asignar a cada voxel (unidad cúbica que compone un objeto tridimensional) de la imagen una etiqueta que lo identifique como perteneciente a un tejido determinado. Dada la complejidad de las imágenes cerebrales, para ellas se utilizan técnicas semiautomáticas en las cuales es el propio clínico el que va guiando al sistema durante las operaciones de segmentación. Hernández, Lara y Peña profundizan en su estudio la adopción de una técnica híbrida basada en el crecimiento de regiones y contornos activos guiados por reconocimiento de patrones en espacios de escala múltiples. Ambas posibilidades técnicas tienen diferentes aplicaciones de acuerdo al lugar y motivo de análisis:

- Sistema nervioso central: descubrimiento de hemorragias intracerebrales, ventriculares, subaracnoideas o embolias gaseosas;
- Aparato respiratorio: descubrimiento de neumotórax a tensión, broncoaspiraciones, hemitórax, pulmón no aireado en muerte intrauterina;
- Aparato cardiovascular: signos de falla cardíaca, infarto, embolia área
- Cavity abdomino-pelvica: liquido en estómago y duodeno en ahogados,
- Piel, tejido subcutáneo y músculos: hematomas, laceraciones, heridas, enfisema
- Politraumatismos fracturas y lesiones de cuello por estrangulamiento, ahorcamiento
- Heridas punzocortantes y heridas por proyectil de arma de fuego, para el análisis de trayectoria, orificio de entrada y salida, túnel, descubrimiento de proyectiles íntegros o fragmentados, residuos de ingreso. (Hernández, Lara, Peña, 2016)

Las principales aplicaciones en el campo forense es la identificación de la fecha de muerte, identificación de edad y sexo, examen toxicológico, politraumatizados por accidentes de tránsito y grandes desastres, búsqueda de gases o elementos extraños, ahorcamiento o estrangulación, armas punzocortantes, ahogamiento.

3.5.1 Aplicación de la Virtopsia en la Identificación del momento y causa de muerte. Identificación del sexo del cadáver

La identificación del momento y causa de muerte tiene relevancia jurídico-social y su determinación es clave en todo proceso criminal o no; requiere de un vasto conocimiento científico, formación y práctica profesional y en más de una ocasión la complejidad de la decisión es de tal magnitud que se puede anticipar que no habría unanimidad entre los profesionales más cualificados a la hora de establecer la causa, el origen y más aun la llamada "manera" o etiología médico-legal de la muerte. Tomando la definición de Shkrum y Ramsay, la causa de muerte se puede definir como *“traumatismo, enfermedad o combinación de ambos responsable de la iniciación de la serie de trastornos fisiopatológicos, breves o prolongados, que terminan con la vida de una persona (silencio eléctrico cardíaco y cerebral). La causa de la muerte es única (inmediata y fundamental) cuando la lesión o enfermedad producen la muerte tan rápidamente que no hay lugar a secuelas o complicaciones. Cuando hay una demora entre el inicio de la enfermedad o lesión y la muerte final, pueden distinguirse una causa inmediata o última (la que produjo la muerte directamente) y otra fundamental, inicial o básica”*.(Shkrum & Ramsay, 2007)

Según la causa la muerte puede ser natural, violenta, o de causa dudosa: Patitó, define la muerte natural como *“aquella causada por procesos biológicos propios de los seres humanos (neoplasias, infecciones, envejecimiento); muerte violenta que alude a “la forma de la muerte y no a la causa y mecanismo. en este sentido, la muerte violenta es debida a homicidio, suicidio o accidente”* y la muerte dudosa *“aquella en la que de los antecedentes obtenidos de los familiares o de la policía y del examen externo, no surge de manera indubitable la causa de la muerte. Tanto en esta circunstancia como en los casos de muertes violentas, es perentoria la intervención policial con la pertinente práctica de la autopsia medicolegal. en la muerte de "causa dudosa", una vez realizada la autopsia se estará en condiciones de determinar si la muerte se produjo por causas naturales o por algún factor violento (traumático o tóxico)”* (Patitó, Jose, 2012).

Se debe agregar aquí el concepto de muerte súbita, de aparición repentina, rápida e inesperada de una parada cardíaca en una persona que aparentemente se encuentra sana y en buen estado, que no siempre es sospechosa de criminalidad: para que lo sea es necesario que se desconozca el diagnóstico, en cuyo caso se transforma en

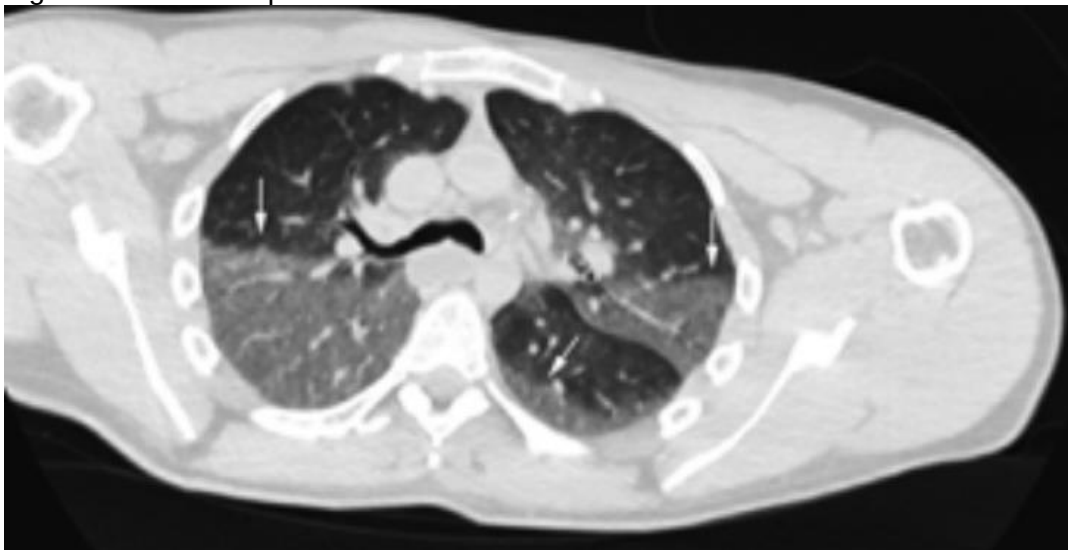
muerte judicial, y será preceptiva la autopsia. La investigación convencional requiere el análisis de los fenómenos cadavéricos y su evolución, es decir, todos aquellos cambios que se suceden en el cuerpo sin vida a partir del momento en que se extinguen los procesos bioquímicos vitales, al verse este sometido a la acción de diversas influencias; diferentes autores dividen este proceso en fenómenos cadavéricos abióticos, que abarca el conjunto de modificaciones que se producen en el cadáver como consecuencia de la acción que sobre este ejercen las condiciones ambientales: enfriamiento cadavérico, deshidratación cadavérica, livideces cadavéricas e hipostasis viscerales; los fenómenos cadavéricos bióticos, expresados por los cambios de naturaleza físico-química que tienen lugar una vez producido el fallecimiento: rigidez cadavérica (que es completa a las 8-12 horas, alcanza su máxima intensidad a las 24 horas e inicia su desaparición a las 36-48 horas), de importancia médico legal para el diagnóstico de la muerte real, de la data de muerte y a través de la cual pueden reconstruirse las circunstancias de muerte, espasmo cadavérico (a fines legales interesa el localizado en la mano en casos de suicidio por arma de fuego en que con frecuencia se encuentra el arma firmemente asida por la víctima, siendo importante para descartar la simulación en caso de homicidio). (Patitó, Jose, 2012)

Ante lo expuesto, se puede inferir que para datar el momento de la muerte es importante conocer la aparición cronológica de cambios post-mortem; los que más interesan a los efectos de datar la muerte sin errores diagnósticos aparecen en las primeras 24-48 hs: aumento de la atenuación en tejidos subcutáneos, pulmones y órganos sólidos con un gradiente anterior-posterior, por lo que es importante conocer la posición del paciente, aparición de livideces reticulares en pulmón a las dos horas de la muerte, las cuales no deben confundirse con patologías pulmonares (aspiraciones, contusiones, procesos infecciosos), efecto hematocrito en los grandes vasos, pérdida de diferenciación sustancia gris y blanca cerebral y disminución de densidad del parénquima e inicio del procesos de descomposición, gas portal o en venas mesentéricas aparece en las primeras 6 – 24 horas tras la muerte (Perez et al., 2021)

Por su parte Sutherland & O'Donnell puntualizan en su estudio la importancia de la aparición y observación de livideces reticulares a partir de las dos horas de la muerte que ayudan a la data de la misma (Figura Nº 10) . Además se debe profundizar en los

cambios post mortem en los cadáveres ya que los mismos pueden transformar las características de la estructura original del mismo en diferentes grados, así como mostrar cambios específicos en las imágenes de tomografía computarizada (TC), a veces con falsos positivos o falsos negativos, lo que influye en la identificación de lesiones, dificultad a tener en cuenta en procesos judicial (Sutherland & O'Donnell, 2018)

Figura N° 10 TCPM para identificación de fecha de muerte



Referencias: Opacidades en vidrio deslustrado en zonas declives de ambos pulmones con bordes muy marcados, característicos de livideces reticulares. (Fuente: Sutherland, T., & O'Donnell en SERAM, 2021)

Tawfiq Zyoud y colaboradores respaldan esta afirmación en su investigación en cuanto a la virtopsia y la utilización de la imagenología post mortem como complemento a la autopsia convencional, en particular el papel de la tomografía computarizada post mortem (PMCT), la angiografía por tomografía computarizada post mortem (PMMR) y la tomografía computarizada por emisión de positrones (PMCTA) que tienen beneficios crecientes en el diagnóstico de muerte. Respecto a la técnica de angiografía post mortem mencionada, desde el año 2012 se intenta protocolizar y consensuar a nivel global la manera más efectiva de realización, pero hasta el momento actual no existen acuerdos ni protocolos estandarizados para su aplicación; por el momento los protocolos descritos consisten en la realización de una TCPM sin contraste inicial seguida de tres fases angiográficas (arterial, venosa y dinámica). Tampoco había acuerdo hasta el año 2019 en cuanto al agente de contraste utilizado, debido a la existencia de un aumento variable de permeabilidad de la pared vascular

individualizada post mortem que impide un agente de contraste hidrosoluble, por su propagación a los tejidos adyacentes causando edema y desvirtuando el análisis; durante ese año se aceptó una propuesta de Lausana, Suiza, para la utilización de una mezcla de aceite de parafina y 6% de Angiofil con características y cualidades equilibradas. La virtopsia utilizando la angio - TCPM y la autopsia tradicional alcanzan resultados similares en determinar la causa de la muerte. La angio TCPM demuestra mayor sensibilidad en la identificación de lesiones esqueléticas y vasculares, mientras que la autopsia tradicional proporciona más información sobre la anatomía y la patología de los órganos (Tawfiq Zyoud et al., 2020)

En cuanto a la identificación del cadáver, el proceso convencional de identificación es elemento esencial de la investigación adecuada de un hecho, y parte fundamental de la autopsia médico-legal y es posiblemente dentro del marco de actuación judicial y policial donde más evidente resulta la necesidad de utilizar métodos de identificación personal fiables y seguros y con cierta rapidez a los efectos de la acción de la Justicia.

Cuando se trata de cadáveres, a las necesidades legales de establecer esa identidad por cuestiones de herencias y sucesiones se suman, además, razones humanitarias y motivos religiosos que inducen a todas las personas a honrar a los familiares fallecidos. Si se trata de cadáveres frescos, con rasgos preservados, y se conoce la identificación del fallecido por información confiable avalada por la autoridad, es suficiente para consignar los datos pertinentes en el protocolo de necropsia y se guarden fotografías, necrodactilia y muestras biológicas para ADN. La verificación de la identidad se hará solamente si la autoridad lo estima conveniente a la luz de las circunstancias propias del hecho; por el contrario, si se tratase de un cadáver no identificado o si se estuviera en presencia de un cuerpo alterado (esqueletizados, calcinados, descompuestos o mutilados-, además de preservar muestras y registros para establecer la identidad (presunta, por información de autoridades y/o familiares) es imprescindible realizar cotejos entre los registros pre y postmortem disponibles (huellas dactilares si se pudiera, características dentales, estudio antropológico, radiografías, estudio de ADN) lo que implica actividades interdisciplinarias complejas (Franco Maz, 2015).

La Dactiloscopia, junto a la Odontología Forense, (especialmente útil para resolver casos de cadáveres calcinados) y las modernas técnicas analíticas actuales, (con las posibilidades que el estudio de ADN ofrece ya en materia de identificación), permiten

afrontar la generalidad de los casos a resolver, y, en la actualidad, el avance de la tecnología en cuanto a imagenología y los estudios de la genética humana, en constante evolución y progreso, han facilitado los estudios identificatorios. La necroidentificación es el resultado de un estudio interdisciplinario (médicos forenses y miembros de los cuerpos de seguridad expertos en identificación, fotografía, dactiloscopia) y su metodología de actuación se deberá ajustar a la individualidad el cuerpo a analizar: el mecanismo de la muerte, la etiología de la misma, el estado de conservación de un cadáver, y otras circunstancias, son factores que influyen en el orden de los pasos a seguir por lo que no se puede guiar el proceso a pautas preestablecidas de antemano. Si no se dispone de datos facilitados por familiares o conocidos, relativos a la persona que se sospecha fallecida y que se trata de identificar, se procederá con el examen externo (reconocimiento directo, descripción física, detalles de tatuajes, cicatrices de heridas previas, descripción de accesorios, necroreseñas dactilares), examen interno (identificación serológica, radiológica y odontológica, prótesis, intervenciones quirúrgicas, órganos extirpados y otras evidencias médicas). Si se tratara de un análisis de restos óseos se suele seguir los mismos principios y objetivos que se aplican en el caso de un cadáver reciente: una manipulación digna de los restos humanos; la identificación de los restos; la determinación de la causa y la forma de la muerte y, utilizando métodos arqueológicos de datación, el tiempo transcurrido desde la muerte; y contribuir a la reconstrucción de las circunstancias en que se produjo la misma (Franco Maz, 2015)

Respecto al examen radiológico, y relacionando la identificación del cadáver con la aplicación del procedimiento de virtopsia, se deberá centrar la atención en aquellos datos anatómicos que permiten la diferenciación entre personas: el estudio de senos frontales o deformaciones radiografiadas post mortem pueden ser de gran ayuda en la identificación así como calcificaciones características, callos de fracturas, fracturas crónicas. Ayuda a la identificación disponer de información desde una base de datos previa, sea de identificación de personas o estudios de salud previos, para poder realizar un estudio comparativo de los hallazgos post mortem con los que se dispone de antes de la muerte. Por este motivo es que los protocolos de desastre o de grandes catástrofes indican el traslado de cadáveres a su lugar de origen (Sutherland & O'Donnell, 2018)

3.5.2 Aplicación de la virtopsia en el análisis de heridas de arma blanca o por armas de fuego

Antes de enfocar la revisión del procedimiento convencional y la aplicación de la virtopsia en el análisis de heridas de arma blanca o armas de fuego es menester la definición de ambos elementos; se entiende por heridas de arma de fuego al conjunto de alteraciones producidas en el organismo por el efecto de los elementos que integran el disparo en las armas de fuego, es decir, instrumentos destinados a lanzar violentamente ciertos proyectiles aprovechando la fuerza expansiva de los gases que se producen en su interior, normalmente por deflagración. Estos proyectiles poseen una gran energía cinética o fuerza remanente por lo que alcanzan largas distancias con gran capacidad de penetración. (Caicedo-Holguín et al., 2022) Por su parte, y teniendo en cuenta la definición mas actualizada de Gisbert Calabuig , se puede referir la herida de arma blanca como aquella producida *“por instrumentos lesivos manejados manualmente que atacan la superficie corporal por un filo, una punta o ambos a la vez”* En estas últimas la herida externa que dejan a su entrada, suele no relacionarse con la gravedad del traumatismo, por lo que el tamaño de la lesión externa puede no ser consecuente con la gravedad de las lesiones internas que producen, en cuanto a las armas de fuego habitualmente, generan el traumatismo a baja velocidad, es decir, los daños causados suelen limitarse al trayecto que siguió el arma, en lugar de causar daño a los tejidos circundantes.(Gisbert Calabuig y villanueva, 2019)

Sánchez y Albarrán indican en su artículo de revisión que el estudio de las heridas por armas de fuego constituye uno de los principales temas dentro de la patología forense, ya que el análisis y valoración de los daños producidos por el proyectil tanto en la persona como en el medio, permitirá extraer conclusiones acerca de lo acaecido y con ello tratar de esclarecer las cuestiones que se planteen sobre los hechos, teniendo en cuenta que cualquier arma de fuego que se precie da salida a proyectiles, a gases inflamables, productos de combustión de la pólvora y a partículas de pólvora más o menos quemadas.(Sanchez y Albarran, 2019)

Estos elementos inscriben sobre la víctima su testimonio y suministran los elementos del problema que se trata de resolver. Las lesiones originadas por armas de fuego que puede evaluarse en la autopsia convencional pueden clasificarse en:

- Heridas por proyectil único: en las cuales el orificio de entrada es único para cada proyectil disparado; de morfología variable, dependiendo de la zona del cuerpo sobre la que percute y la dirección en que lo hace, en general es redondeada u ovalada, la dimensión del orificio depende de la forma que sea el proyectil, de la distancia a la que se ha hecho el disparo y de la fuerza viva que tuviera el proyectil al llegar a la piel, aunque suele ser de menor tamaño que el calibre disparado; sin embargo se debe tener en cuenta que a menor distancia aumenta la dimensión. Gisbert Calabuig indica que los elementos característicos a analizar son el anillo de contusión o Anillo de Fisch (completo o concéntrico, excéntrico y completo, excéntrico incompleto), que informa la realidad del disparo y da certeza al orificio de entrada, el collarete de limpieza (halo de impurezas que arrastra el proyectil), el tatuaje de Chavigny (signos del orificio de entrada que permite la orientación de la distancia a la que fue efectuado el disparo: quemadura, incrustación de granos de pólvora, ahumamiento), análisis de trayectoria (único, múltiple, rectilíneo, desviados por masa ósea). Cabe destacar en cuanto a esto último que el trayecto estará ocupado por un rastro hemorrágico con dilaceración de distinta intensidad de los tejidos que se van atravesando. Con frecuencia el trayecto va aumentando de diámetro debido a que el proyectil arrastra esquirlas de hueso y tejidos y su propia deformación le confiere una mayor facilidad para la pérdida de energía cinética que se transmite en forma de fuerza de empuje a las estructuras por donde progresa. Respecto al orificio de salida, este puede faltar si el proyectil queda “in corpus” o puede haber más de uno, si el proyectil se fragmento por alguna causa. En general suele ser más desflecado que el de entrada, con los bordes de la herida evertidos. En el orificio de salida no existe nunca anillo de limpieza. En cuanto a la cintilla contusiva no suele existir. (Gisbert Calabuig y Villanueva, 2019) (Sánchez y Albarrán, 2019)
- Heridas por proyectiles múltiples (disparo de escopeta): las características de las lesiones encontradas en el cuerpo son diferentes y su estudio médico-legal exige un tratamiento, en parte, diferenciado; una escopeta presenta por lo general uno, dos o tres cañones, que dispara cartuchos con postas o perdigones, por lo que difiere desde el punto de vista balístico de las armas de puño, carabinas y fusiles. Con los perdigones se producen lesiones múltiples, que se caracterizan por afectar áreas según la distancia a la que se produjo el

disparo, dependiendo de la escopeta y del tipo de preparación de la misma; se debe considerar que, a mayor distancia, la dispersión de los proyectiles (perdigones) y de las heridas que produzcan será mayor y su capacidad de penetración menor (Sánchez y Albarrán, 2019) (Gisbert Calabuig y Villanueva, 2019)

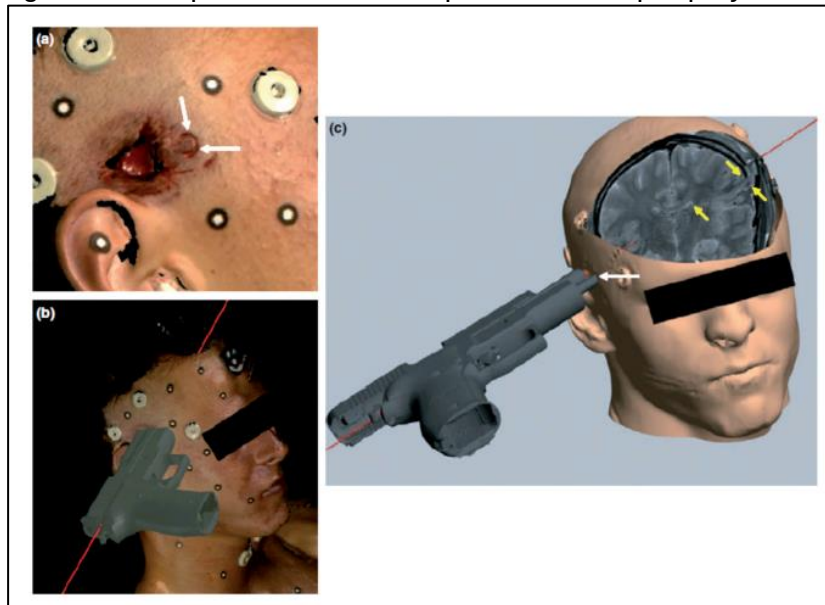
- Lesiones por proyectiles a altas velocidad: la característica de este tipo de proyectiles es que tienden a una gran desestabilización al rozar o chocar con estructuras; la principal particularidad de este tipo de proyectiles es la extraordinaria destrucción que originan en órganos y tejidos a consecuencia de las ondas expansivas de tipo ultrasónico; el orificio de entrada puede ser de dimensiones similares al proyectil, si bien, como consecuencia de la gran energía cinética que contienen, en el momento del impacto sobre la superficie corporal pueden provocar heridas irregulares; la trayectoria se caracteriza por la gran destrucción que deja a su paso tanto en las estructuras que atraviesa como las estructuras adyacentes; en cuanto al orificio de salida, si es que existe, es de dimensiones mucho mayores que el de entrada, debido al arrastre de esquirlas óseas que arrastra cuando choca con un hueso. También a veces si solo atraviesa tejidos blandos el orificio de salida puede ser más pequeño que el de entrada, sobre todo cuando el de entrada es estrellado, lo que puede llevarnos a errores de interpretación.
- Lesiones originadas por los granos de pólvora: se trata de la pólvora que lleva el explosivo y que no se quema que pueden quedar incrustados en la piel alrededor del agujero de entrada y reciben el nombre de tatuaje

Las heridas por arma de fuego varían de acuerdo a la velocidad residual del proyectil independientemente de su forma y calibre, y se clasifican en penetrantes, si hay un orificio de entrada y permanece alojada en el cuerpo o perforantes, si presenta traspaso de órganos y orificio de salida, por lo tanto su estudio requiere identificar orificios y lesiones, la recolección de residuos del disparo, la localización y establecimiento de cantidad de proyectiles presentes, documentación de la trayectoria y ubicar la herida mortal para establecer causa y forma de muerte.

Si se dificultara alguno de estos procedimientos en un caso judicial por la autopsia convencional, la virtopsia y la imagenología complementaria permite el diagnóstico certero aportando información relevante, rápida y precisa del cadáver. Al respecto,

existen heridas causadas por armas que por su morfología, dificultan identificar si corresponden al orificio de entrada o de salida, y el cálculo de la cantidad de proyectiles que deben estar alojados en el cadáver; asimismo la a presencia de múltiples heridas, causadas por un proyectil de arma de fuego que se cruzan en su trayectoria anatómica, puede dificultar la determinación de la trayectoria individual de cada uno de ellos. (Figura N° 11) (Montes Loaiza et al., 2013)

Figura N° 11 Aplicación de la Virtopsia en herida por proyectiles



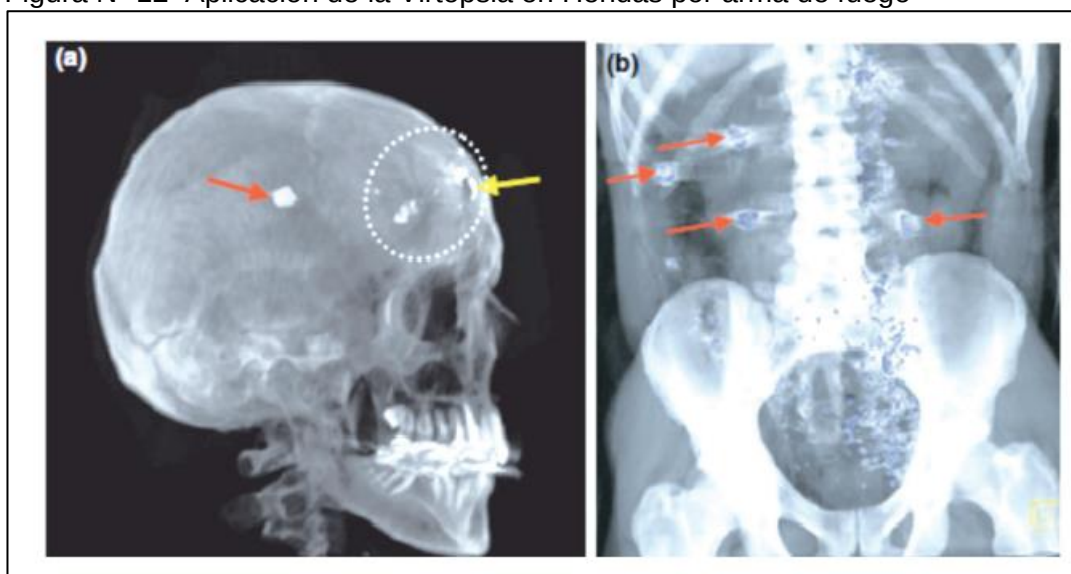
Reconstrucción de una herida por bala en un caso de suicidio a partir de fotogrametría y el escaneo por superficie. (c) Fusión de la RM con los datos de superficie. La imagen coronal T2 weighted representa el cerebro (flechas amarillas) en la trayectoria de la bala (línea roja). (Fuente: Najar Céspedes, 2012)

Najar Céspedes señala la importancia de determinar el calibre del proyectil, al que muchas veces no se puede acceder por metodologías convencionales, hecho sumamente importante en el proceso forense, para poder establecer las posibles armas con que fue disparado, lo cual ayuda en la asociación de un hecho con el arma y con el presunto agresor, en estos casos, la virtopsia y las distintas técnicas de imagen que la fundamentan son de utilidad para la identificación de las lesiones de las estructuras óseas, señalar un posible trayecto anatómico de un proyectil de un arma de fuego y determinar el calibre del mismo, aun cuando este haya sido encontrado y examinado de manera experta por el perito balístico, el análisis puede ser apoyado a través de las técnicas de imágenes que proporciona la virtopsia (Figura N° 12). La misma autora analiza la relevancia del procedimiento en reconstrucciones basadas en

datos reales para la combinación arma-herida y la comparación morfológica de herida con el tipo de arma utilizada (Najar-Céspedes & Fuentes-Martínez, 2017)

En consenso con la autora mencionada, los autores Aquila, Sicilia y colaboradores y Gisbert Monzon & Aruquipa Cabezas apoyan la utilización de las técnicas por imágenes para lesiones por armas de fuego, los primeros dando relevancia especialmente la tomografía computarizada multicorte post mortem a partir de la presentación de tres casos en los que el estudio imagenológico mencionado permitió determinar las heridas de entrada y salida, el tipo de arma utilizada, y encontrar vestigios y fragmentos de metralla relevantes para el proceso forense, y los segundos fundamentando la utilización de imágenes como pruebas fundamentales para la determinación de traumas, constituyéndose en una prueba fehaciente, objetiva y científica a la hora de demostrar la lesión, concluyendo que la virtopsia es un fundamental complemento en la investigación criminal en el ámbito forense y judicial. (Monzón & Cabezas, 2020)

Figura N° 12 Aplicación de la Virtopsia en Heridas por arma de fuego



Referencias: a) Reconstrucción de un cráneo mostrando el proyectil al interior de la cabeza b) Reconstrucción en 3D del abdomen de una víctima por herida de bala. Fuente: Najar Céspedes, 2012)

Dentro de la definición de arma blanca que hemos mencionado al comienzo de este punto de la revisión se deben incluir todos aquellos utensillos de ataque y defensa (típicos -cuchillo, tijeras, aguja lápices o bolígrafos, destornillador, buril, tenedor o instrumentos de fabricación artesanal teniendo un ejemplo típico de fabricación de estos en los centros de reclusión) y fabricados de diferentes materiales. En cuanto a

las heridas pueden clasificarse en heridas por instrumentos cortantes, heridas por instrumentos punzantes o penetrantes y heridas por instrumentos cortopunzantes. Su etiología médico-legal puede ser homicida, suicida o accidental. Desde el punto de vista médico-legal la actuación forense va encaminada al diagnóstico de la lesión por arma blanca y al estudio de las características lesionales para, dentro de lo posible, establecer cuál ha sido el arma empleada, la magnitud de violencia generada por el agresor y qué área del cuerpo fue dañado, por tal razón, la posición de la víctima y de la herida son elementos importantes y en el caso de los homicidios realizar una reconstrucción de los hechos lo más fidedigna posible. Es importante para esto conocer e identificar las características de una herida producida por un arma blanca por su forma, longitud y su trayectoria (Gisbert Calabuig y Villanueva, 2019)

Las heridas por instrumentos cortantes (clasificados por típicos cuando se trata de cuchillos, bisturíes, navajas y hojas de afeitar, o atípicos representados por láminas de metal y trozos de cristal, vidrio o porcelana) también llamadas incisas, resultan cuando cualquier objeto de borde afilado presiona sobre la piel con suficiente intensidad para producir una herida que tiene mayor longitud que profundidad. Las características generales de este tipo de heridas es el predominio de la longitud sobre la profundidad, al contrario de lo que ocurre en las heridas punzantes, los perfiles de corte, tienen forma triangular de base superficial y vértice inferior dirigido a la profundidad, con bordes regulares, limpios y nítidos con retracción mayor o menor según la zona donde asientan. Por lo general afectan fundamentalmente a la cara, cuello y extremidades superiores (antebrazo, muñecas y manos) y se deben considerar muy especialmente entre ellas las heridas de degüello, la sección de vasos y arterias y heridas de defensa. (Ruelas, 2018)

Las heridas punzantes o penetrantes son producidas por instrumentos cilíndricos alargados de punta afilada (alfileres, agujas, flechas, clavos, punzones, floretes y astas de animales) y están caracterizadas porque la profundidad predomina sobre la longitud. Sus características específicas vienen definidas por la existencia de un orificio de entrada en la piel, un trayecto y, eventualmente, un orificio de salida. La muerte en estas heridas está relacionada con la penetración en cavidades o afectación de órganos vitales y producción de una hemorragia interna. Las heridas cortopunzantes asocian las características expuestas para las incisas y punzantes. La parte lesiva de un arma blanca corto-punzante está constituida por una hoja estrecha

terminada en una punta afilada con uno o dos bordes afilados y cortantes; estas heridas por lo general producidas por distintos tipos de cuchillos o navajas, resultan del movimiento del eje axial de la hoja, en toda su longitud, de forma perpendicular sobre la superficie corporal lo que determina una herida incisa que es más profunda que ancha (predominio de la profundidad sobre la longitud). Lo más importante desde el punto de vista de la identificación es el orificio de entrada. Por último, las heridas cortantes y contundentes son producidas por aquellos elementos que actúan por el filo pero están dotados de un gran peso que les proporciona una fuerza y lesividad importantes, afectando tanto a las estructuras blandas como al esqueleto óseo (hachas, cuchillos de carnicero, sables y machetes, hélices) y se presentan con bordes amplios, finos y bien definidos pero rodeados de una delgada línea de contusión debida al grosor de la hoja, con la particularidad de que no respetan las partes óseas por lo que se observa un corte en el hueso subyacente. Debido a su rigidez, en el hueso se dibuja la forma y dimensiones del arma mejor que en la piel y en los tejidos blandos por lo que es posible identificar el arma por el examen de la herida en el hueso, especialmente en el cráneo (Ruelas, 2018)

José Patitó, ya mencionado en esta investigación, explicó hace mucho tiempo las características de cada una de las heridas; tomando sus palabras en cuanto a concepto general, *“... en las heridas punzantes, y por la acción de las fibras elásticas de la piel, el orificio de entrada no reproduce la forma del elemento productor ya que queda reducido a una hendidura de forma oval en la que el diámetro del eje mayor sigue una dirección paralela a las fibras elásticas del sector en que asienta; en las heridas cortantes, los extremos tienen forma angulada, llamados colas o coletas de entrada y de salida. La "coleta de entrada" es corta y relativamente profunda mientras que la "coleta de salida" es de mayor longitud y más superficial que la primera, ya que la fuerza que las determinó es mayor en el momento del ingreso del arma y menor en el momento de la salida”* (Trezza, Fernando et al., 2004)

La autopsia convencional requiere un examen minucioso de la ropa una vez retirada del cadáver sin cortar y dejándola secar para analizar la superficie de corte; el examen corporal la realización de fotografías de las heridas, determinación de positividad de VIH y todos los pasos que requiere el procedimiento además de la identificación del tipo de arma y el diagnóstico diferencial de cada herida con todas las mediciones impuestas por los protocolos forenses, la direccionalidad y trayectoria, profundidad, el

orden de las heridas y el mecanismo de muerte. La importancia del conocimiento y reconocimiento de heridas por arma blanca o elementos corto-punzantes son esenciales para identificar el tipo de elemento que produjo el daño criminal y el área del cuerpo dañada, además de tomarse en cuenta el posible posicionamiento del agresor, el tipo de desgarró en la prenda de vestir y la cantidad de sangre presente en la escena del crimen, además del análisis de la trayectoria que indicará no solo el tipo de herida corporal sino que mano utilizó el agresor para producirla (Benito et al., 2017)

Aplicando lo expuesto al procedimiento de virtopsia en cuanto a visualización y estudios de las heridas de arma blanca, el estudio comparativo de Bolliger y colaboradores, acerca del sondaje de herida por arma blanca en la autopsia convencional y la representación imagenológica del canal de la herida por medio de contraste (sondeo y tomografía computarizada multicorte (MSCT)) pudo comprobar que la MSCT-CM es una posible alternativa a la disección capa por capa en casos de autopsia de heridas por arma blanca y brinda suficiente precisión al análisis de la misma, pero no sucede lo mismo con otro tipo de objetos por lo que se necesita mayores estudios para aumentar la precisión y la evaluación general de la herida (Bolliger et al., 2014)

Figura Nº 13: TC torácica presentando arma blanca a nivel del 5.º espacio intercostal.



Fuente: Garrido Benito, et al, 2017

3.5.3 Aplicación de la virtopsia en casos de asfixia: ahogamiento, estrangulación y ahorcamiento.

La asfixiología forense comprende el análisis y estudio de todos aquellos fenómenos causado por impedimentos para el paso de aire a través de las vías respiratorias, resultando en una alteración bioquímica de sangre, fenómeno que desde el punto de vista legal puede ser causado por un impedimento mecánico causa una circunstancia accidental, violenta y externa en las más variadas o como una perturbación derivada de la privación, completa o incompleta, rápido o lento, externa o interna, de oxígeno. Diferentes autores de la literatura existente clasifican las asfixias como mecánicas, dentro de las cuales se encuentran la sofocación externa e interna, la asfixia traumática, el ahogamiento, la estrangulación normal o por lazo; asfixias químicas, que ocurre por los efectos de alguna sustancia: el aire no puede entrar a los pulmones o este se vicia al mezclarse con vapores, lo que hace que a los pulmones entren tóxicos, o puede ocurrir por desplazamiento del oxígeno por otros químicos o la inhalación de humo o vapores corrosivos afectan de igual modo la entrada del aire o asfixias patológicas que ocurren como consecuencia de algún padecimiento médico, es decir hay cuadros clínicos como las alergias que desencadenan inflamación a nivel de la glotis, lo que obstruye la tráquea y con ello el paso del aire hacia los pulmones (Grandini, 2014) Por su parte, la clasificación etiopatogénica de Trezza, Losetti y Patitó se basa en distinguir los diferentes niveles de bloqueo del sistema respiratorio y se detalla a continuación:

Tabla Nº 3 Clasificación etiopatogénica de bloqueos respiratorios

Por acción mecánica Externa	
A nivel cervical	Ahorcamiento
	Estrangulación: manual, a lazo, otras
A nivel de orificios respiratorios	Sofocación
A nivel tórax-abdomen	Compresión torácica o abdominal
A nivel diafragmático	Crucifixión
	Suspensión reversa
Por ocupación de vías respiratorias	
Por medios sólidos	Cuerpos extraños / Sepultamiento
Por medios líquidos	Sumersión
Por medios gaseosos	Gases inertes
Por ausencia de aire respirable: Confinamiento	

(Fuente: Trezza, Losetti, Patitó, 2004))

Dentro de las asfixias mecánicas, el ahorcamiento es definido por Calabuig como el síndrome patológico, eventualmente terminado con la muerte, producido por la anoxemia e hipercapnia resultantes de la dificultad o supresión de la función respiratoria, es el método más común de suicidio de acuerdo a Bayona Santana, pero el estudio forense considera cuatro modalidades: accidental, homicida, suicidio o tortura y suplicio. En el análisis de lesiones se debe considerar el surco, la dirección, profundidad, continuidad, situación anatómica y aspecto final en el cadáver (Bayona Santana & Villalonga Costa, 2019). Por su parte, en el estrangulamiento, definido por Vargas Alvarado como *“la constricción mortal ejercida en el cuello, mediante lazo, o directamente con las manos, de modo tal que es una fuerza activa de origen externo que produce oclusión de las vías respiratorias y no el peso del cuerpo”*, el estudio de las lesiones externas involucra la visualización de rostro cianótico, el análisis del surco de estrangulación completo a nivel del cartílago cricoides, estigmas ungueales, la equimosis que forma la presión de los dedos y contusiones en el cuerpo que indicarían mecanismo de defensa y lucha con el agresor e indicar si las mismas se realizaron manualmente o con ligaduras precisando los hallazgos anatomopatológicos en cada caso; de manera interna se deberán analizar las hemorragias en el cuello, la fractura del hueso hioides, cianosis, oscurecimiento y fluidez sanguínea (Vargas Alvarado, E, 2013)

En cuanto al proceso de ahogamiento, el mismo se incluye en una variedad de asfixia mecánica desencadenada por la penetración de una materia líquida o semilíquida en las vías respiratorias. Tal materia puede ser el agua (corriente o estancada) o medios distintos de consistencia más o menos fluida y en el cual se deberá distinguir si fue provocado por sumersión completa o incompleta, que solo puede concebirse como accidental si la víctima ha perdido la conciencia o las fuerzas (síncopes, embriaguez, ataques epilépticos, etc.) y cae de bruces en un charco. La asfixia por sumersión constituye el llamado ahogamiento azul de Pajot, en el que se suceden 4 fases: inspiración profunda con aspiración de aire, apnea voluntaria, exceso de dióxido de carbono en sangre que provoca estímulo para movimientos respiratorios, reflejos presentándose fuertes inspiraciones involuntarias y desordenadas y por último el ingreso de cantidades variadas de agua y a veces de aire en pulmones. Por el cual se impide el intercambio gaseoso por obstrucción y ocurren las convulsiones asfícticas del ahogado (Grandini, 2014)

En cuanto a la sofocación, a partir de la nueva Clasificación de asfixia del año 2012, Na y colaboradores ubican este tipo de asfixias dentro de las asfixias mecánicas caracterizada por plena y suficientemente por la existencia de un signo anatomopatológico común, esto es, de unas equimosis de forma y localización especiales: equimosis puntiformes subpleurales, subpericárdicas, subpericraneales y tímicas, mecanismos que habitualmente tienen una etiología criminal; tales equimosis no se encuentran en las otras variedades de asfixia mecánicas (estrangulación, ahorcadura, sumersión), cuando el perito encuentra en una de estas últimas asfixias equimosis del tipo citado, está autorizado para afirmar que han existido violencias criminales de sofocación. Las distintas asfixias por sofocación incluidas dentro de los tipos y etiología médico-legal incluye la sofocación por oclusión directa de los orificios respiratorios, ya sea con las manos (constituye una violencia de etiología exclusivamente criminal, que se ha dado con frecuencia como maniobra infanticida), mediante objetos blandos (homicidio, accidente), la sofocación por oclusión directa de las vías respiratorias, sofocación por compresión externa toracoabdominal, (cuyo diagnóstico médico legal debe valorar el conjunto lesional constituido por huellas traumáticas de la compresión toracoabdominal, cuadro asfíctico general, mascarilla equimótica cervicofacial) confinamiento y sepultamiento (Na et al., 2014)

En el procedimiento médico legal, una vez demostrado que la muerte fue debido a alguno de los tipos de asfixia presentados, se deberá resolver a cuál de las cuatro etimologías pertenece, accidental, suicida, homicida o suplicio, realizar el diagnóstico y evaluación de hallazgos anatomopatológicos (abundante espuma en la laringe, tráquea y bronquios, enfisema agudo de pulmón, con aumento de volumen, sobresalientes y de consistencia algodonosa, congestión visceral generalizada) y realizar el análisis de las modificaciones de los fenómenos cadavéricos en situaciones de asfixia, fenómenos debido a la permanencia del cadáver en el agua (Gisbert Calabuig y Villanueva, 2019)

Si bien la autopsia convencional es el proceso en primera instancia elegido para cualquier estudio forense, en el caso de asfixia por ahogamiento existen ciertos limitantes por lo que el procedimiento de la autopsia virtual se hace relevante en este caso puntual, ya que a través de la imagenología post mortem se puede visualizar el patrón mosaico de parénquima pulmonar, con engrosamiento peribronquial, presencia de engrosamientos septales y opacidades nodulares en vidrio deslustrado (aspiración

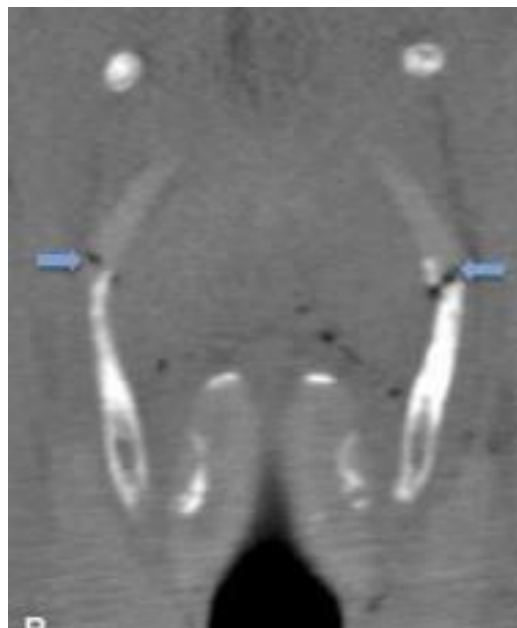
y edema), además de derrame pleural en el 75% de los casos; Jian y colaboradores realizaron una revisión acerca de la aplicación de la virtopsia en muerte dudosa por ahogamiento, explicando la relevancia de la identificación forense para aclarar la causa de muerte y distinguir si la misma fue provocada antes o después de la entrada en el agua, teniendo en cuenta que la práctica para esta identificación se basa en signos integrales como signos cadavéricos, exámenes histopatológicos y pruebas de diatomeas, para la exclusión de otras causas probables de muerte. De acuerdo a la conclusión de esta revisión, la evolución de la virtopsia ha proporcionado nuevos conocimientos para el diagnóstico del ahogamiento (Jian et al., 2019). Al respecto Lore y colaboradores fundamentan esta afirmación con su estudio sobre cuatro cadáveres por ahogamiento a los que sometieron a una tomografía computarizada multicorte post mortem de cuerpo completo para luego proceder a una autopsia tradicional. Los hallazgos mostraron líquido en las vías respiratorias y opacidades parcheadas en vidrio esmerilado en el pulmón en tres de los cadáveres analizados, sin embargo uno no presentaba líquido en el tracto digestivo pero sí fractura del hueso parietal izquierdo con un gran espacio y otras fracturas óseas múltiples (nariz, clavícula, primera costilla y rótula), edema cerebral con hemorragia subaracnoidea e intraventricular, múltiples fracturas óseas (piso de órbita, costillas, sacro y borde acetabular) lo que permitió establecer su deceso por politraumatismos por golpes y no por ahogamiento, demostrando que la virtopsia es una herramienta útil en el diagnóstico, que permite conocer si la víctima estaba viva o muerta cuando entró al agua y si la causa de la muerte es coincidente con el mismo (Lo Re et al., 2015)

Para resolver casos de estrangulación o ahorcamiento se debe considerar que la disección laríngea mediante la autopsia convencional requiere de una técnica especializada adicional, no solo por dificultad de la técnica y la alta práctica necesaria para efectuarla, sino porque pueden pasarse por alto fisuras no desplazadas de cartílago tiroides y no desplazadas restringidas a la superficie posterior de la comisura anterior de las láminas del mismo cartílago. La utilización de tomografía multicorte hace posible esta detección y la de hematomas de parte blandas. La revisión sistemática realizada por Gascho y colaboradores, centrada en el papel de la TC y la RM post mortem en los casos de ahorcamiento, ligadura y estrangulación manual, evaluó los hallazgos y comparó los resultados con la autopsia convencional. Revisando la literatura existente, principalmente las fracturas del hueso hioides o del

cartílago tiroides, se investigaron las mismas mediante TC post mortem.(Gascho et al., 2019)

Comparativamente con la autopsia convencional, la TC demostró resultados equivalentes en cuanto a la detección de estas fracturas. El "signo de la burbuja de gas" (Figura N° 14) puede incluso facilitar la detección de fracturas laríngeas en la TC (Schulze, K, 2018) En cuanto a la detección de hemorragias en los tejidos blandos del cuello, la RM post mortem es más adecuada para la detección de este "signo vital" en la estrangulación. En comparación con la autopsia, la resonancia magnética post mortem es casi igualmente precisa para la detección de hemorragias en el cuello. Otro "signo vital", el gas dentro del tejido blando en ahorcamiento puede ser claramente representado por CT y MRI. La revisión reafirma de forma contundente que las imágenes aportadas por la virtopsia pueden proporcionar información crucial antes de la autopsia, sin embargo, a diferencia de otros autores que la indican como un proceso complementario a los procedimientos convencionales, los autores consideran la virtopsia como reemplazo al procedimiento convencional en este tipo de casos (Gascho et al., 2019)

Figura N° 15 Signo de la burbuja de Gas positivo Vista coronal de ambos cuernos superiores del cartílago tiroides. Se observan las burbujas de gas en la ubicación de la fractura (flechas).



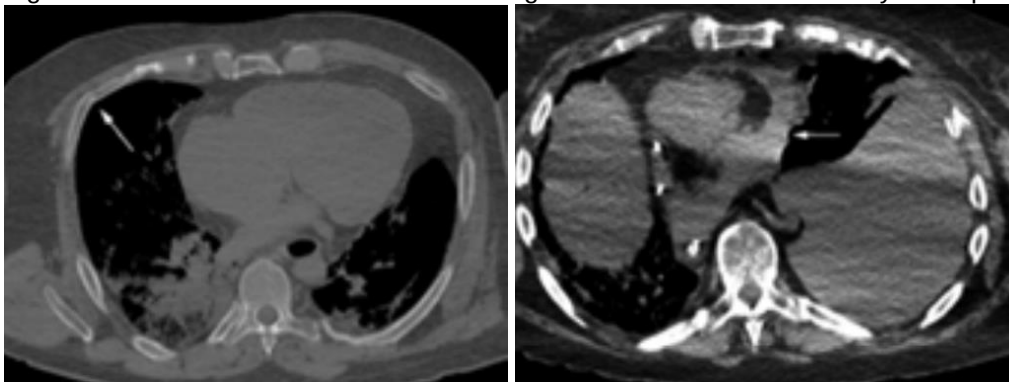
(Fuente: Schulze K. et al , 2018)

3.5.4 Otras aplicaciones de la Virtopsia: politraumatismos (detección y demostración de fracturas), detección de cuerpos extraños y gases en el interior del cuerpo, análisis en quemados

A lo largo de esta revisión se ha ido describiendo el manejo de lesiones y traumatismos en la autopsia convencional, comparando estudios e investigaciones de diferentes autores y mostrando su relevancia en los aspectos jurídicos y legales cuando se vuelven una responsabilidad penal. También se han detallado los agentes traumáticos físicos mecánicos, no mecánicos y químicos y la clasificación del tipo de lesiones contusiones y heridas para su estudio forense.

Revisando la literatura existente, y profundizando las aplicaciones de la radiología forense y las diferentes técnicas de imagen en politraumatismos post mortem para la detección de traumas y fracturas, es importante conocer y reconocer si se han realizado maniobras antes del fallecimiento para determinar los hallazgos no patológicos que nos podemos encontrar: Sutherland y O'Donnell, indican que en caso de RCP, es posible encontrar Fracturas costales bilaterales con morfología de hebilla (Figura N° 15), ruptura cardíaca, neumotórax y contusiones o laceraciones de órganos sólidos; en su estudio acerca de tomografías computadas post mortem, los autores mencionados describen la presencia de hemotórax y hemopericardio por RCP y tromboembolismo pulmonar masivo (Figura N° 15); en caso de intubación fallida, se puede visualizar la aspiración de piezas dentarias (Sutherland & O'Donnell, 2018)

Figura N° 16 TCPM Fractura en hebilla Figura N° 17 TCPM Hemotórax y Hemopericardio



Fuente: Sutherland & O'Donnell (2018)

Perez et al realizaron un análisis de concordancia entre los hallazgos encontrados en la TCPM y los encontrados en la autopsia clínica poniendo de manifiesto una

concordancia variable de entre el 50% y el 100% entre la autopsia convencional y la virtopsia para el análisis y evaluación de traumatismos post mortem, demostrando que la TCPM detecta la mayoría de las lesiones importantes en los órganos sólidos y tejidos blandos y es más sensible a la detección de gases y puede detectar lesiones aórticas y lesiones pequeñas de órganos sólidos que pueden pasarse por alto en el procedimiento convencional concluyendo que con el estudio por imágenes se posibilita la detección de causas de muerte por traumatismo de forma significativa (Perez et al., 2021)

En el transcurso de este año Pham y colaboradores realizaron un estudio con el fin de investigar la utilidad de la tomografía computarizada post-mortem (PMCT) para la identificación de lesiones en una población diversa de trauma, teniendo en cuenta que la misma brinda una identificación rápida y precisa de lesiones en pacientes con traumatismos; el estudio de corte transversal se focalizó en pacientes traumatizados y politraumatizados adultos que fallecieron dentro de las 24 horas posteriores a su llegada a un centro traumatológico de Nivel I, analizándose a causa de la muerte para los pacientes que se sometieron a una TCPM integral (es decir, de cabeza, cuello y torso). Se utilizaron pruebas no paramétricas de medidas repetidas, según correspondiera, pudiéndose determinar que el estudio imagenológico de la tomografía computarizada post-mortem es un método fácilmente disponible para identificar lesiones en pacientes con trauma que mueren poco después de la presentación. Dada la demora en la información a partir de la autopsia convencional, el procedimiento virtual es un complemento eficaz a tener en cuenta en este tipo de lesiones (Pham et al., 2022).

Respecto a la detección de cuerpos extraños, si el mismo es de metal, es fácilmente detectable y localizable debido a la mayor TCPM detecta la mayoría de las lesiones importantes en los órganos sólidos y tejidos blandos, hecho que en el campo forense se hace relevante a la hora de la búsqueda de proyectiles que quedan en el interior del cuerpo, cuya localización exacta sirve para la reconstrucción del hecho; también los implantes médicos (que son registrados en los diferentes bancos de implantes) son fácilmente detectables y pueden ser de gran ayuda al momento de la identificación de un cuerpo, sin embargo el uso de la TCPM en la detección de gases, de difícil detección en una autopsia convencional, facilita su detección ya que estos no absorben los rayos X por lo que un neumotórax es localizado fácilmente y un

embolismo aéreo puede ser detectado y hasta cuantificado usando la imagenología post mortem (Sutherland & O'Donnell, 2018)

Ebert y colaboradores crearon un algoritmo para generar automáticamente visualizaciones de gases, huesos y cuerpos extraños a partir de datos de tomografía computarizada post mortem, puntualmente se presenta la visualización automatizada de distribuciones de gas en datos de imágenes de PMCT del tórax y el abdomen, utilizando una combinación de segmentación creciente de regiones y estratificación de diferentes métodos de visualización para generar automáticamente imágenes generales que representan cuerpos extraños radiopacos, huesos y distribuciones de gas en una sola imagen. El método presentado se probó en 955 exploraciones PMCT del tórax y el abdomen con el que se pudo generar imágenes útiles para todos los casos, visualizando cuerpos extraños así como la distribución de gases. Si bien los autores reafirman la idea que este tipo de visualizaciones no pueden por el momento reemplazar los procedimientos convencionales pueden proporcionar datos informativos interesantes como apoyatura de la misma.(Ebert, Seckiner, et al., 2021)

La definición de quemaduras dada por el autor Gisbert Calabuig, citada en el estudio de Sánchez Robledo como aquellas lesiones resultantes de la acción de agentes físicos, químicos o biológicos que al actuar sobre los tejidos dan lugar a reacciones locales o generales cuya gravedad está en relación con su extensión y profundidad, es el punto de partida para describir los efectos sobre el cuerpo humano sea a través de agentes físicos (calor, electricidad, calor radiante, radiaciones) o agentes químicos (sustancias cáusticas o corrosivas), que llevan la destrucción o alteración de las partes blandas e incluso de los huesos; el estado de los restos cremados permite, al menos, establecer el número de cadáveres incinerados, su especie y filiación anatómica. La reconstrucción de las condiciones de la quema de cadáveres solo es posible en el marco de un examen forense integral desde lo convencional con el apoyo de la imagenología, ya que la alteración marcada en partes blandas y afectaciones óseas hacen el cadáver irreconocible y dificulta su estudio. (Popov & Petrov, 2021)

Debido a las alteraciones producidas en el peso del cuerpo (dado que éste dependerá del grado de reducción de las partes blandas e incluso de la pérdida de parte del cuerpo, sobre todo extremidades), la talla, por la contracción corporal, signos

de identificación de la superficie corporal, tales como cicatrices, tatuajes, marcas de operaciones o cualquier otro tipo de marcas suelen haber desaparecido, signos que posibilitan la identificación sexual se deberán evaluar los órganos internos para identificación de género, o a través del estudio antropológico-forense de los huesos y la reducción de órganos y miembros, que se produce en los cadáveres carbonizados, por lo que la aplicación del procedimiento de virtopsia se hace relevante en estos casos para la identificación de lesiones producidas por las quemaduras y diferenciarlas de otros signos que sugieran otra causa de muerte y determinar si la persona estaba viva al momento de producirse el hecho (Popov & Petrov, 2021)

Los hallazgos característicos de la tomografía computada post mortem se detallan a continuación:

- Extremidades superiores e inferiores: triple flexión característica en donde el cuerpo toma la posición de un boxeador debido a la retracción térmica del músculo, rotación interna y flexión anterior del hombro, flexión del codo, flexión palmar de la muñeca y pronación del antebrazo)
- Esqueleto: Fracturas corticales térmicas, Amputación térmica de los extremos distales de las extremidades con fracturas transversales de bordes finos descubiertas, llamadas en el ámbito forense como boquilla de flauta, Patrón de hipodensidades moteadas en médula ósea únicamente en los lugares que han sido expuestos al fuego. El estudio de imagen diferencia estas fracturas térmicas de las fracturas traumáticas.
- Cabeza y cuello: áreas más afectadas por la exposición al calor debido, el escaso grosor de las partes blandas, y la ausencia de protección externa,
- Tórax: presencia de protrusión de la lengua y edema pulmonar como signos de que el paciente estaba vivo al momento de producirse el incendio

La tomografía computada post mortem también es una herramienta fundamental para la medicina forense en cuanto al estudio de cuerpos calcinados, ya que proporciona semiologías específicas que requieren una comprensión prudente para diferenciar entre los cambios post mortem normales de los cambios relacionados con el calor, entre ellas la presencia de opacidades pulmonares difusas por todos los campos pulmonares por el edema pulmonar; el ensayo presentado proporciona claves para establecer informes completos y focalizados en casos de estudios de imagen en

victimias mortales por quemaduras; el radiólogo debe discernir todas las divergencias contextuales con la historia forense, y debe ser capaz de reportar todos los elementos relevantes para discernir si existen rasgos que puedan ayudar a identificar a la víctima, evidencia de fluidos biológicos en forma líquida disponibles para análisis toxicológicos y muestreo de ADN, si existe otra causa de muerte además de las lesiones por calor o si se ha querido ocultar otra causa de muerte con el fuego y cuáles son las lesiones características por quemaduras que se observan en el cadáver y que deben buscarse durante la autopsia. Se destacan diferentes puntos de enseñanza relevantes: que la aplicación de la virtopsia es útil para encontrar características que permitan identificar un cuerpo con quemaduras graves, la tomografía post mortem es un recurso importante en lesiones por arma de fuego para representar cuerpos extraños balísticos en los cadáveres quemados, las fracturas relacionadas con el calor se diferencian fácilmente de las fracturas traumáticas y la literatura existente no proporciona límites absolutos para su realización en todos los casos mencionados pero si mantiene el consenso que los diferentes recursos de imagenología no reemplaza la autopsia convencional pero si es una herramienta de apoyo para mayores logros en el ámbito forense (Norberti et al., 2019)

Lo anteriormente expuesto en cuanto que los estudios virtuales post mortem se van convirtiendo con el paso del tiempo en una herramienta de apoyo accesible y contemporánea para las investigaciones forenses, son coincidentes con algunos de los antecedentes presentados en esta investigación: Garcia Robelto y cols, resaltan también la importancia de la virtopsia para mejorar la eficiencia en la investigación en casos legales y servir de apoyo a la autopsia convencional y como herramienta relevante en búsqueda de la verdad y Ebert, Franckenberg y cols, quienes la fundamentan como apoyo fundamental para la virtopsia convencional (Garcia Robelto et al., 2019) (Ebert, Franckenberg, et al., 2021)

3.5.5 Aplicación de la virtopsia en el contexto de la pandemia Covid-19.

Los avances en la medicina de las últimas décadas han conseguido controlar en gran medida los efectos letales de los agentes biológicos causantes de estas pandemias, gracias a la profundización de investigaciones, el refuerzo farmacológico y los diversos soportes vitales avanzados, sin embargo, la reciente aparición de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) ha llevado al mundo hacia una dimensión diferente de esta

nueva epidemia, al provocar en sus primeras fases un mayor número de muertes que pandemias anteriores. En estos casos, adquiere gran trascendencia la celeridad en el tratamiento y la gestión de los cadáveres en las más dignas condiciones, y con la debida adopción de medidas de bioseguridad para quienes los manipulan, es por ello que se dispuso una normativa que ha permitido una rápida evacuación de las víctimas, con incineración o enterramiento sin necesidad de que transcurran las hasta ahora preceptivas 24 hs.

Los autores Kanchan y cols, y Coolen y cols plantearon durante el contexto de la pandemia los riesgos del personal de salud que corren mayor riesgo de contraer la infección por SARS-CoV-2, lo cuales podrían tener efectos de gran alcance en su salud, así como en la salud de sus familiares, pacientes y colegas, e incluso puede provocar el colapso del servicio de salud; esta idea no ha escapado al ámbito forense, especialmente aquellos realizando autopsias y en entornos con recursos limitados. La autopsia médico-legal en las muertes por Covid-19 es un procedimiento de alto riesgo y debe evitarse siempre que sea posible por lo que los mencionados autores han sugerido la virtopsia como una alternativa eficaz y única que reemplace el procedimiento tradicional (Kanchan et al., 2020) (Coolen et al., 2020)

Los mismos autores avalaron esta propuesta proponiendo el uso de la ultrasonografía en los exámenes post-mortem en el tiempo de pandemia de COVID-19 para minimizar el riesgo asociado de infección por SARS-CoV-2 de quienes trabajan en depósitos de cadáveres durante la disección de cuerpo completo en autopsias tradicionales, hecho que fue avalado y aplicado en aquellos países que tienen la posibilidad de hacer uso de este tipo de procedimiento (Suiza, Alemania, Colombia en Latinoamérica) y adaptado a la utilización de diferentes procedimientos imagenológicos en aquellos en que todavía no es posible la virtopsia como procedimiento corriente, pero con los que se pudo reducir el riesgo de exposición forense (Kanchan et al., 2020)

A nivel nacional, se siguieron los protocolos sanitarios internacionales para el manejo de cadáveres, el traslado desde la sala de internación al depósito destinado para tal fin dentro de la misma institución hospitalaria para que pueda ser despedido por los familiares sin contacto físico con el mismo, ni con las superficies u otros enseres de su entorno o cualquier otro material, restringiéndolo a los familiares más próximos y cercanos. Considerando que los pacientes fallecidos por COVID-19, todavía pueden contener virus vivos en los pulmones y otros órganos fue preciso tomar medidas de

protección respiratoria complementarias durante los procedimientos que generan aerosoles de partículas pequeñas (Ministerio de Salud de la Nación, 2020)

Desde el Estado Nacional se recomendó no realizar las autopsias previstas por Ley, salvo que fuera considerada absolutamente necesaria por alguna causa y con el seguimiento de los protocolos de descontaminación, y adecuar el cadáver en bolsas plásticas de alta densidad, impermeable y con cierre hermético que reúna las características técnicas sanitarias de resistencia a la presión de los gases en su interior, estanqueidad e impermeabilidad, siguiendo con rigurosidad los protocolos sanitarios establecidos para tal fin: empacado del cadáver sin actuaciones de limpieza ni intervenciones de tanatopraxia o tanatoestética sobre el cadáver, identificación de la bolsa como material infectocontagioso. La introducción del cadáver en la bolsa se realizó dentro de la propia habitación de aislamiento y solo con el personal a cargo. Una vez que la bolsa fue herméticamente sellada con el cadáver en su interior, se debió pulverizar su exterior con desinfectante de uso hospitalario o con una solución de hipoclorito sódico que contenga 5.000 ppm de cloro activo (dilución 1:10 de una lejía con concentración 40-50 gr/litro preparada recientemente) antes de sacarla del aislamiento. La empresa funeraria encargada del traslado del cuerpo debió ser informada previamente al traslado de las condiciones del cadáver, con la absoluta prohibición de la apertura de la bolsa y la obligatoriedad de su incorporación al ataúd antes de la salida de la institución hospitalaria, informando a las autoridades competentes la disposición final del cuerpo. Las reuniones en casas velatorias fueron prohibidos y el proceso de inhumación debió cumplir con las normas básicas de limitar el número de personas, el entierro en sectores destinados para tal fin, el cumplimiento de las normas de bioseguridad existentes al momento de la inhumación, y respeto a los principios de diversidad y no discriminación (Ministerio de Salud de la Nación, 2020)

4. Conclusión

A partir de lo expuesto en el transcurso de la presente revisión y los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de antecedentes de diferentes autores, cuyos estudios e investigaciones fueron revisados de manera exhaustiva y dieron fundamento a este trabajo final, se puede concluir, en primera instancia, la relevancia que adquirió el proceso de virtopsia en la última década, los diferentes beneficios que aporta su aplicación en el ámbito legal, jurídico y forense, su papel de importancia como herramienta tecnológica de apoyo complementaria a la autopsia convencional y la posibilidad de registro en archivos digitales para su consulta posterior, beneficios que ya están siendo reconocidos por la comunidad científica forense por sus aportes a la eficiencia y eficacia de las investigaciones judiciales.

En segundo lugar, es un hecho que el número de autopsias realizadas mundialmente ha disminuido dramáticamente en la última década, mucho más si se tiene en cuenta los protocolos sanitarios impuestos para el manejo de cadáveres en el contexto de la última pandemia Covid-19, a los que se agregan en la actualidad restricciones presupuestarias en países menos desarrollados, mayor cantidad de información diagnóstica pre-mortem por imágenes no disponible en el pasado, y creencias éticas, religiosas y personales de la familia que impiden la ejecución del proceso; en contrapartida los avances tecnológicos en imagenología han probado ser útiles para determinar diagnósticos potencialmente fatales antes de la muerte del paciente. Sin embargo, ninguno de los autores que sirvieron de antecedente para la presente revisión considera la virtopsia y los estudios imagenológicos que la acompañan un sustituto del procedimiento convencional, muy por el contrario, la revisión y correlación de dichos antecedentes con otros autores encontrados en la literatura existente, determinan en consenso la autopsia tradicional como procedimiento “*gold standard*” para asegurar la calidad y la validez de datos obtenidos, y la virtopsia como complemento del procedimiento convencional, la cual permite perfeccionar los diagnósticos y dar mayores respuestas en interpretación definitiva a los casos de muerte, pero que no podrá sustituir ni reemplazar, por lo menos a corto plazo, el análisis forense del ser humano.

Es cierto que las instituciones de salud cuentan con equipamiento para la realización de este procedimiento, pero cuando se enfocan las mismas en el análisis del cadáver ante un proceso judicial, se requiere de técnicas complejas y sofisticadas que

requieren de presupuesto, infraestructura edilicia especial, tecnología y entrenamiento en recursos digitales de los médicos forenses para el pleno conocimiento de las aplicaciones de la virtopsia dentro del campo de la Medicina Legal, por lo que es necesario el compromiso de los Estados para lograr ampliar las investigaciones que hagan partícipe a cada país de la revolución que implica la aplicación de la virtopsia en el ámbito forense.

Ha quedado demostrado , con el análisis realizado en esta revisión, la importancia de la aplicación de la virtopsia en casos judiciales y como su avance ha ido revolucionando el campo de la medicina forense en la última década, pero queda mucho camino por desandar todavía como para que la virtopsia sea considerada un sustituto del procedimiento convencional; a nivel nacional preocupa la falta de estudios e investigaciones sobre el tema en la bibliografía existente, por lo que se necesita profundizar en estos conocimientos y obtener el apoyo del Estado Nacional para equiparar el nivel de nuestro país con los países en los que se está desarrollado y aplicando esta técnica, dado que la limitación de recursos que sirve como excusa gubernamental se ve altamente compensada con la adecuada formación profesional y la disciplina de médicos forenses responsables que pueden profundizar la relevancia de su estudio y aplicación.

5. Bibliografía

- Aquila I, Sicilia F, et al. Role of post-mortem multi-slice computed tomography in the evaluation of single gunshot injuries. *Med Leg J.* 2019 Dec;87(4):204-210.} <https://doi.org/10.1177/0025817219848264>
- Ahmad, M. U., Sharif, K. A., Qayyum, H., Ehsanullah, B., Balyasnikova, S., Wale, A., Shanmuganandan, A., Siddiqui, M. R. S., Athanasiou, T., & Kemp, G. J. (2017). Assessing the use of magnetic resonance imaging virtopsy as an alternative to autopsy: A systematic review and meta-analysis. *Postgraduate Medical Journal*, 93(1105), 671-678. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2017-134945>
- Aso, J., Martínez-Quiñones, J. V., Aso-Vizán, J., Pons, J., Arregui, R., & Baena, S. (2005). Virtopsia: Aplicaciones de un nuevo método de inspección corporal no invasiva en ciencias forenses. *Cuadernos de Medicina Forense*, 40, 95-106.
- Badam, R. K., Sownetha, T., Babu, D. B. G., Waghray, S., Reddy, L., Garlapati, K., & Chavva, S. (2017). Virtopsy: Touch-free autopsy. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 9(1), 42. https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_7_16
- Bayona Santana, D. R., & Villalonga Costa, D. (2019). Ahorcamiento con soga. Presentación de un caso atípico. *Revista Médica Electrónica*, 41(4), 1020-1027.
- Benito, B. G., Riquelme, A. I., Corral, J. S., Gutiérrez, J. R. O., & García, I. O. (2017). Herida penetrante por arma blanca. *Revista de Cirugía*, 69(6), Article 6. <https://www.revistacirugia.cl/index.php/revistacirugia/article/view/35>
- Bolliger, S. A., Ruder, T. D., Ketterer, T., Gläser, N., Thali, M. J., & Ampanozi, G. (2014). Comparison of stab wound probing versus radiological stab wound channel depiction with contrast medium. *Forensic Science International*, 234, 45-49. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.10.031>
- Bolliger S. A., Thali M.J et al Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic

and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects

Eur Radiol (2008) 18: 273–282 DOI 10.1007/s00330-007-0737-4

Caicedo-Holguín, I., Caicedo, Y., Tascón, A., & García, A. (2022). Lesiones mortales por armas traumáticas: Reporte de caso. *Revista Colombiana de Cirugía*.

<https://doi.org/10.30944/20117582.1836>

Cohen, Roberto. (2017). Cuerpo Medico Forense—Argentina. *Cuadernos de Medicina Forense*, 1(1), 13 a 30.

Coolen, T., Lolli, V., Sadeghi, N., Rovai, A., Trotta, N., Taccone, F. S., Creteur, J., Henrard, S., Goffard, J.-C., Dewitte, O., Naeije, G., Goldman, S., & De Tiège, X. (2020). Early postmortem brain MRI findings in COVID-19 non-survivors.

Neurology, 95(14), e2016-e2027.

<https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000010116>

De-Giorgio, F., Ciasca, G., Fecondo, G., Mazzini, A., Di Santo, R., De Spirito, M., & Pascali, V. L. (2022). Post mortem computed tomography meets radiomics: A case series on fractal analysis of post mortem changes in the brain.

International Journal of Legal Medicine, 136(3), 719-727.

<https://doi.org/10.1007/s00414-022-02801-5>

Dirnhofer, R., Jackowski, C., Vock, P., Potter, K., & Thali, M. J. (2006). VIRTOPSY: Minimally invasive, imaging-guided virtual autopsy. *Radiographics: A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 26(5), 1305-1333.

<https://doi.org/10.1148/rg.265065001>

Domínguez, G., & Israel, S. (2013). *Experiencia de las autopsias virtuales (Virtopsias) en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo (CHMH)*.

<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1068>

Duarte DP, Serrato PJD, Rojas LO. Herida intracraneal por arma de fuego, un

- proyector móvil; reporte de un caso y revisión de literatura. *Rev Neurol Neurocir Psiquiat.* 2022;50(1):33-36. doi:10.35366/105548.
- Ebert, L. C., Franckenberg, S., Sieberth, T., Schweitzer, W., Thali, M., Ford, J., & Decker, S. (2021). A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigations. *International Journal of Legal Medicine*, 135(5), 1855-1867. <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02581-4>
- Ebert, L. C., Seckiner, D., Sieberth, T., Thali, M. J., & Franckenberg, S. (2021). An algorithm for automatically generating gas, bone and foreign body visualizations from postmortem computed tomography data. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 17(2), 254-261. <https://doi.org/10.1007/s12024-021-00363-3>
- Fariña, Juliana, Millana, Concepción, & De Antonio, Antonio. (2005). *Congreso de Anatomía Patológica*.
http://www.conganat.org/7congreso/trabajo.asp?id_trabajo=506&tipo=1&tema=2
- Franco Maz. (2015). Manual de identificación a cadáver—Trabajos de investigación—74035 Palabras. *INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES*. <https://www.buenastareas.com/ensayos/Manual-De-Identificacion-a-Cadaver/3578382.html>
- Gamboa, A., & Arley, Y. (2020). *Radiología Forense*.
<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/35352>
- García Robelto, Angélica, Betín Izasa, Alejandro, & Gil Villas, Aura. (2019). *Virtopsia. Su pertinencia como herramienta de apoyo judicial en Colombia*.
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zBsuwA1TJ3sJ:https://ojs.tdea.edu.co/index.php/mforenses/article/download/675/821/1517&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ar>
- Garrido Benito, B., Illán Riquelme, A et al (2017). Herida penetrante por arma

blanca. *Revista chilena de cirugía*, 69(6), 436-437.

<https://doi.org/10.1016/j.rchic.2017.02.010>.

Gascho, D., Heimer, J., Tappero, C., & Schaerli, S. (2019). Relevant findings on postmortem CT and postmortem MRI in hanging, ligature strangulation and manual strangulation and their additional value compared to autopsy—A systematic review. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 15(1), 84-92. <https://doi.org/10.1007/s12024-018-0070-z>

Gisbert Calabuig y villanueva. (2019). *Medicina Legal y Toxicología* (7ma ed.). <https://www.edicionesjournal.com/Papel/9788491130963/Gisbert+Calabuig++M+edicina+Legal+y+Toxicolog%c3%ada>

Grandini. (2014). *Asfixiología Forense*. Documento educativo.

Herrera, Bernard. (s. f.). *ELEMENTOS DE FOTOGRAMETRIA* (3ra ed.). LIMUSA.

Herrera, Luque, Savio. (2019). *MPF Córdoba—Ministerio Público Fiscal Córdoba—Revista Electrónica del Ministerio Público Fiscal*. <https://www.mpfcordoba.gob.ar/revista-electronica-del-ministerio-publico-fiscal/>

intelligenza. (2021, julio 22). ¿Qué es el formato DICOM? Las claves del estándar en imágenes médicas. *Clinic Cloud*. <https://clinic-cloud.com/blog/formato-dicom-que-es-estandar-imagenes-medicas/>

Iván, J., & Enrique, C. (2022). *Standardization tool for medico-legal necropsy in the INCIFO of Mexico City*.

Jackowski, C., Warntjes, M. J. B., Berge, J., Bär, W., & Persson, A. (2011). Magnetic resonance imaging goes postmortem: Noninvasive detection and assessment of myocardial infarction by postmortem MRI. *European Radiology*, 21(1), 70-78. <https://doi.org/10.1007/s00330-010-1884-6>

- Jian, J. Q., Liu, N. G., & Chen, Y. J. (2019). Research Progress in Virtopsy of Drowning. *Fa Yi Xue Za Zhi*, 35(3), 328-331.
<https://doi.org/10.12116/j.issn.1004-5619.2019.03.013>
- Joseph, T. I., Girish, K. L., Sathyan, P., Kiran, M. S., & Vidya, S. (2017). Virtopsy: An integration of forensic science and imageology. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 9(3), 111-114. https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_52_16
- Kanchan, T., Saraf, A., Krishan, K., & Misra, S. (2020). The advantages of virtopsy during the Covid-19 pandemic. *Medico-Legal Journal*, 88(1_suppl), 55-56.
<https://doi.org/10.1177/0025817220943035>
- Lo Re, G., Vernuccio, F., Galfano, M. C., Picone, D., Milone, L., La Tona, G., Argo, A., Zerbo, S., Salerno, S., Procaccianti, P., Midiri, M., & Lagalla, R. (2015). Role of virtopsy in the post-mortem diagnosis of drowning. *La Radiologia Medica*, 120(3), 304-308. <https://doi.org/10.1007/s11547-014-0438-4>
- Ministerio de Salud de la Nación. (2020). *Procedimiento para el manejo de cadáveres de casos de COVID-19*. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manejo-cadaveres-covid-19.pdf>
- Montes Loaiza, G. A., Otálora Daza, A. F., & Archila, G. A. (2013). Aplicaciones de la radiología convencional en el campo médico-forense. *Rev. colomb. radiol*, 3805-3817.
- Monzón, E. S. G., & Cabezas, E. A. (2020). Radiología de Interés Forense. *Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud*, 5(2), 50-58.
- Na, J. Y., Park, J. P., Yang, K.-M., Chung, N.-E., & Lee, H. Y. (2014). A Classification of Asphyxia Autopsy Cases of the Korea in 2012 according to New Classification of Asphyxia. *The Korean Journal of Laboratory Medicine*, 38(1), 8-12. <https://doi.org/10.7580/kjlm.2014.38.1.8>

- Najar-Céspedes, A. P., & Fuentes-Martínez, E. de J. (2017). Uso de la resonancia magnética y la tomografía computarizada en diagnóstico postmortem. *MedUNAB*, 20(2), 190-200.
- Najar Céspedes, A. P. (2012). Virtopsia. Radiología en medicina forense. *Salud Areandina*, 1(1), 60 - 76.
- NIH. (2019). *Imagen por Resonancia Magnética (IRM)*. National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/imagen-por-resonancia-magn%C3%A9tica-irm>
- Norberti, N., Tonelli, P., Giaconi, C., Nardi, C., Focardi, M., Nesi, G., Miele, V., & Colagrande, S. (2019). State of the art in post-mortem computed tomography: A review of current literature. *Virchows Archiv: An International Journal of Pathology*, 475(2), 139-150. <https://doi.org/10.1007/s00428-019-02562-4>
- Palhares, A. E. M., Ferreira, L., Freire, M., Castillo, P., Martínez, M. J., Hurtado, J. C., Rakislova, N., Varo, R., Navarro, M., Casas, I., Vila, J., Monteiro, W. M., Sanz, A., Quintó, L., Fernandes, F., Carrilho, C., Menéndez, C., Ordi, J., Bassat, Q., & Lacerda, M. (2019). Performance of the minimally invasive autopsy tool for cause of death determination in adult deaths from the Brazilian Amazon: An observational study. *Virchows Archiv: An International Journal of Pathology*, 475(5), 649-658. <https://doi.org/10.1007/s00428-019-02602-z>
- Panda, A., Kumar, A., Gamanagatti, S., & Mishra, B. (2015). Virtopsy Computed Tomography in Trauma: Normal Postmortem Changes and Pathologic Spectrum of Findings. *Current Problems in Diagnostic Radiology*, 44(5), 391-406. <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2015.03.005>
- Patitó, Jose. (2012). *Manual de Medicina Legal*: (2da ed.). Akadia.
- Perez, S. C. C., Sanz, S. L. I., Nacenta, S. S. B., Chamorro, S. M. E. M., Prieto, S. J. G., & Rodriguez-Guerra, S. M. C. C.-C. (2021). NECRO-TC: Los nuevos

- horizontes de la radiología. *Seram*, 1(1), Article 1. <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/4596>
- Pham, L., Portelli Tremont, J. N., Bruderick, A., Nazarian, J., Udekwu, P. O., Rutherford, E. J., & Moore, S. M. (2022). Post-Mortem CT Delivers Fast and Accurate Injury Identification in Trauma Patients. *The American Surgeon*, 88(5), 973-980. <https://doi.org/10.1177/00031348221078985>
- Pomara, C., Fineschi, V., Scalzo, G., & Guglielmi, G. (2009). Virtopsy versus digital autopsy: Virtual autopsy. *La Radiologia Medica*, 114(8), 1367-1382. <https://doi.org/10.1007/s11547-009-0435-1>
- Popov, V. L., & Petrov, V. V. (2021). [Forensic aspects of the burning of human corpses]. *Sudebno-Meditsinskaia Ekspertiza*, 64(5), 22-26. <https://doi.org/10.17116/sudmed20216405122>
- postDICOM. (s. f.). *DICOM: A Look into its Scope and Utility*. postDICOM. Recuperado 18 de enero de 2023, de <https://www.postdicom.com/es/blog/dicom-a-look-into-its-scope-and-utility>
- Reinoso, S. (2021). Autopsia Minimamente Invasiva: Una revisión teórica: Medicina Forense. *The Ecuador Journal of Medicine*, 1, 113-127. <https://doi.org/10.46721/tejom-vol1issEsp-2021-113-127>
- Rüegger, C., Gascho, D., Bode, P., Bruder, E., Haslinger, C., Ross, S., Schmid, K., Knöpfli, C., Hofer, L., Held, L., Martinez, R., Bucher, H. U., Rüegger, C., Fauchere, J.-C., Koller, B., Martinez, R., Bartsch, C., Bode, P., Schäffer, L., & Hofer, L. (2022). Post-mortem magnetic resonance imaging with computed tomography-guided biopsy for foetuses and infants: A prospective, multicentre, cross-sectional study. *BMC Pediatrics*, 22, 464. <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03519-4>

Ruelas, H. L. (2018). *LESIONES POR ARMA BLANCA*.

https://www.academia.edu/9984991/LESIONES_POR_ARMA_BLANCA

Sanchez y Albarran. (2019). TEMA 3 LESIONES POR ARMAS DE FUEGO - PDF Free Download. *Unidades de Estudio*. Docplayer. <https://docplayer.es/72721100-Tema-3-lesiones-por-armas-de-fuego.html>

Santana Núñez, J. M. (2011). *PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE ESTUDIOS RADIOLÓGICOS*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1550.4480>

Schulze, K. (2018). *The gas bubble sign-a reliable indicator of laryngeal fractures in hanging on post-mortem CT*. <https://reference.medscape.com/medline/abstract/29327945>

Shkrum, M., & Ramsay, D. (2007). *Forensic Pathology of Trauma: Common Problems for the Pathologist*. <https://doi.org/10.1007/978-1-59745-138-3>

Sutherland, T., & O'Donnell, C. (2018). The artefacts of death: CT post-mortem findings. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, 62(2), 203-210. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.12691>

Tawfiq Zyoud, T. Y., Abdul Rashid, S. N., Suppiah, S., Abdul Rahim, E., & Mahmud, R. (2020). Decoding death by unknown causes using post mortem image-guided virtopsy: A review of recent literature and the Malaysian experience. *The Medical Journal of Malaysia*, 75(4), 411-418.

Teijeira, R., Bañón, R., Hidalgo, A., & Pradini, I. (2006). La autopsia médico-legal. *Medicina Clínica*, 126(20), 787-792. <https://doi.org/10.1157/13089117>

Thali, M. J., Yen, K., Schweitzer, W., Vock, P., Boesch, C., Ozdoba, C., Schroth, G., Ith, M., Sonnenschein, M., Doernhoefer, T., Scheurer, E., Plattner, T., & Dirnhofer, R. (2003). Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: Virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and

magnetic resonance imaging (MRI)--a feasibility study. *Journal of Forensic Sciences*, 48(2), 386-403.

Tomaszewski, M. R., & Gillies, R. J. (2021). The Biological Meaning of Radiomic Features. *Radiology*, 298(3), 505-516.

<https://doi.org/10.1148/radiol.2021202553>

Trezza, Fernando, Lossetti, Oscar, & Patitó, Jose. (2004). *Autopsia Medico Legal*.

<https://www.scribd.com/document/216532519/Autopsia-Medico-Legal>

Vargas Alvarado, E. (2013). *Medicina Legal* (5ta ed.). Trillas.

Víctor, Y. H., & Rigondeaux, Y. F. (2021). Algoritmos para el procesamiento de imágenes con artefactos de endurecimiento de haz en tomografía computarizada. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(2), 96-117.