

Virtopsia: la imagen del crimen. Artículo de revisión

Virtopsy: the image of crime. Review article

- ¹ Bryan Paul Costales Montalvo  <https://orcid.org/0009-0008-3642-782X>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
Maestría en Criminalística y Ciencias Forenses
bpcostales.fsm@unach.edu.ec
- ² Fabiola Robalino Larrea  <https://orcid.org/0009-0009-8932-4039>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
fabyrobalino@hotmail.com



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/01/2025

Revisado: 15/02/2025

Aceptado: 22/03/2025

Publicado: 22/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3392>

Cítese: Costales Montalvo, B. P., & Robalino Larrea, F. (2025). Virtopsia: la imagen del crimen. Artículo de revisión. Anatomía Digital, 8(2), 26-47. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3392>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Palabras claves:

Virtopsia,
autopsia virtual,
imagenología
postmortem.
tomografía
computarizada
postmortem.
medicina forense
digital.

Resumen

El desarrollo tecnológico ha cambiado diversas áreas, siendo la medicina forense una de las más favorecidas. Recientemente, las técnicas de imagen y radiología han transformado la investigación postmortem, ofreciendo opciones precisas y menos invasivas que la autopsia convencional. La resonancia magnética (RM) y la tomografía axial computarizada (TAC) se han consolidado como herramientas fundamentales en la evaluación de cuerpos, permitiendo obtener imágenes detalladas sin necesidad de procedimientos destructivos. Estas innovaciones han dado lugar a la virtopsia, una metodología que integra varias especialidades para mejorar la documentación y el análisis en el campo forense. **Objetivo.** Analizar el impacto de la virtopsia como una técnica novedosa en la medicina forense, identificando lesiones y alteraciones no observables, para el apoyo de diagnósticos científicos dentro del contexto judicial. **Metodología.** Este estudio se llevó a cabo como una revisión investigativa sintética analítica en base al uso de técnicas de imagenología en la medicina forense analizando ventajas, aplicaciones y progresos en los ámbitos judiciales. Se realizaron búsquedas en base de datos indexadas como Google académico y PubMed, para la gestión de las bibliografías se utilizó el software Zotero. **Resultados.** Se revisó un total de 25 artículos, donde se destacan temas relevantes sobre la virtopsia, la cual es una alternativa efectiva y complementaria a la autopsia tradicional, permitiendo un análisis detallado del cuerpo sin intervención invasiva y facilitando la recolección y almacenamiento de evidencia digital. **Conclusión.** La virtopsia constituye un cambio significativo en la medicina forense. Su naturaleza no invasiva, la capacidad de almacenar evidencia digital y su uso en cuerpos post mortem, así como en individuos vivos la hacen una herramienta invaluable para la investigación criminal. Con el avance de esta tecnología, es probable que la virtopsia se establezca como el método habitual para llevar a cabo autopsias en el futuro. **Área de estudio general:** Medicina. **Área de estudio específica:** Medicina Forense. **Tipo de estudio:** Artículo de revisión.

Keywords:

Virtopsy, virtual autopsy, postmortem imaging, postmortem computed tomography, digital forensic medicine

Abstract

Introduction. Technological development has changed various areas, with forensic medicine being one of the most favoured. Recently, imaging and radiology techniques have transformed post-mortem investigation, offering precise and less invasive options than conventional autopsy. Magnetic resonance imaging (MRI) and computed axial tomography (CAT) have become established as fundamental tools in the evaluation of bodies, allowing detailed images to be obtained without the need for destructive procedures. These innovations have given rise to virtopsy, a methodology that integrates several specialties to improve documentation and analysis in the forensic field. **Objective.** Analyze the impact of virtopsy as a novel technique in forensic medicine, identifying unobservable lesions and alterations, to support scientific diagnoses within the judicial context. **Methodology.** This study was conducted as a synthetic analytical research review based on the use of imaging techniques in forensic medicine, analyzing advantages, applications, and progress in judicial fields. Searches were performed in indexed databases such as Google Scholar and PubMed, and the Zotero software was used to manage the bibliographies. **Results.** A total of 25 articles were reviewed, highlighting relevant topics on virtopsy, which is an effective and complementary alternative to traditional autopsy, allowing a detailed analysis of the body without invasive intervention and facilitating the collection and storage of digital evidence. **Conclusion.** Virtopsy represents a meaningful change in forensic medicine. Its non-invasive nature, the ability to store digital evidence, and its use on post-mortem bodies as well as living individuals make it an invaluable tool for criminal investigation. With the advancement of this technology, it is likely that virtopsy will become established as the standard method for conducting autopsies in the future. **General Area of Study:** Medicine. **Specific area of study:** Forensic medicine. **Type of study:** Review article.

1. Introducción

Con el progreso de la tecnología en todo el mundo, en los últimos años las técnicas de radiología e imagen se han destacado en la medicina forense. En particular, aquellas vinculadas a la resonancia magnética y la tomografía axial computarizada, que se han empleado en este ámbito para llevar a cabo evaluaciones postmortem. Entre las técnicas aplicadas, también se incluyen la radiografía y el ultrasonido. Estas se distinguen por su naturaleza no invasiva, lo que significa que no hacen necesaria la inserción de instrumentos en el cadáver que puedan provocar alteraciones o destrucción de pruebas, salvo en los casos de angiografía, donde se introduce medio de contraste, que conlleva un riesgo mínimo. Además, la imagenología facilita el almacenamiento permanente de la información obtenida de los indicios en sus archivos, lo que las convierte en métodos preferidos para la documentación y el análisis de casos forenses (1). El término “virtopsia”, creado en 2003, proviene de la fusión de las palabras “virtual” y “autopsia” y se refiere a un enfoque multidisciplinario que incluye medicina forense, radiología, patología, física y biomecánica. Es relevante señalar que este método puede aplicarse no solo a cadáveres, sino también a personas vivas que hayan sido víctimas o incluso sospechosas (1) (2) (3).

2. Metodología

El presente artículo constituye una revisión bibliográfica narrativa, llevada a cabo mediante la búsqueda y selección de documentos de investigación científica. Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos indexadas, incluyendo PubMed, Google académico, se estableció un registro de base de datos que incluyó 17 artículos de Google académico, 8 de PubMed.

Para asegurar la relevancia y calidad de los estudios incluidos en la revisión, se aplicaron los siguientes criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Artículos científicos originales transversales (descriptivos y analíticos), revisiones bibliográficas narrativas y revisiones sistemáticas.
- Artículos redactados en inglés, español y portugués.

Criterios de exclusión:

- Artículos publicados en sitios web sin carácter científico.
- Artículos que no abordaran directamente la importancia de la virtopsia.
- Fuentes de artículos que no permitieran el acceso al texto completo.

Esta metodología estructurada permite la selección de literatura relevante y de alta calidad, proporcionando una base sólida para la construcción del artículo.

La selección de artículos se llevó a cabo en varias etapas, comenzando con la lectura de títulos y resúmenes para identificar estudios potencialmente relevantes, seguida de una revisión detallada del texto completo de los artículos seleccionados. La gestión bibliográfica se realizó utilizando el software Zotero. Esta metodología asegura una recopilación exhaustiva y rigurosa de la literatura existente sobre la virtopsia, proporcionando una base sólida para la síntesis de resultados y la formulación de conclusiones.

3. Resultados

La virtopsia, también conocida como autopsia virtual, es un procedimiento no invasivo o con mínima invasión para el examen post mortem que emplea tecnologías de imagen avanzadas como la Tomografía Computarizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM) para registrar y analizar los descubrimientos de la autopsia. Este método busca complementar o sustituir de manera parcial las autopsias invasivas convencionales, que requieren la apertura del cuerpo. La técnica de virtopsia resulta especialmente útil en las investigaciones forenses, ya que facilita la documentación en tres dimensiones de los hallazgos tanto externos como internos, que pueden ser revisados por otros especialistas si es necesario. Además, este enfoque es independiente del investigador y objetivo, ofreciendo mejoras cualitativas en la patología forense (1) (3). La TC se usa especialmente para documentar sistemas de fracturas, acumulaciones de gas y lesiones en los tejidos, mientras que la RM es más eficaz para demostrar lesiones en los tejidos blandos y traumatismos en los órganos (1).

El proyecto de virtopsia que comenzó a finales de los años 90, une estas técnicas de imagen con el escaneo de superficies en 3D para elaborar una documentación forense completa. Este método ha sido reconocido en procesos legales en ciertas jurisdicciones, como Suiza, por su habilidad para ofrecer evidencia forense convincente (3). Asimismo, la angiografía post mortem y el muestreo de tejidos guiado por imágenes pueden incorporarse en el proceso de virtopsia para potenciar las capacidades de diagnóstico (4) (5) (6).

Si bien la virtopsia ha demostrado una alta relación con la autopsia tradicional para determinar la causa de muerte, puede ser no tan precisa para evaluar algunas patologías importantes. No obstante, ofrece una alternativa factible cuando se rechaza la autopsia convencional por razones culturales o personales (7) (8).

La virtopsia ofrece múltiples beneficios para el médico contemporáneo que contribuye a la búsqueda de justicia. Facilita la identificación de detalles que no se pueden observar en

un examen físico superficial, permite conocer el estado de los tejidos subcutáneos, y explorar mecanismos de lesión mediante reconstrucciones tridimensionales, entre otras muchas aplicaciones. Además, resguarda la salud del patólogo, ya que evita el contacto directo con fluidos, secreciones, gases tóxicos y fuentes de contaminación o propagación de virus y bacterias (2). Es fundamental tener presente que, en cualquier situación relacionada con la muerte, la familia de la víctima suele ser la que más sufre. En este sentido, la virtopsia posibilitaría el análisis de los tejidos blandos y el esqueleto facial sin necesidad de dañarlos. De este modo, se realiza menos manipulación del cadáver, permitiendo cumplir con rituales habituales tras el fallecimiento, como el velorio. Otra función relevante de este enfoque surge cuando, debido a razones religiosas o culturales, los familiares impiden la necropsia; sin embargo, las técnicas de imagen pueden proporcionar información para determinar la causa del deceso sin infringir los deseos de la familia (2). Entre sus principales beneficios se encuentra la posibilidad de realizar diagnósticos detallados sin intervenciones invasivas, utilizando tecnologías como la realidad aumentada y algoritmos de inteligencia artificial. Estas herramientas optimizan el análisis de datos, automatizan la detección de anomalías y mejoran la segmentación de órganos y tejidos, garantizando resultados más precisos y eficaces. Su aplicación también abarca la investigación médica, facilitando el estudio de enfermedades, patrones epidemiológicos y factores de riesgo, además de contribuir a una comprensión más completa de la genética y la herencia de patologías.

El efecto de esta tecnología es notable, no solo en el ámbito de la medicina forense, sino también en la investigación médica, al fusionar exactitud diagnóstica, sensibilidad cultural y progresos científicos. Se sugiere su incorporación con la autopsia tradicional, formando a los expertos en la utilización de estas herramientas avanzadas y fomentando estudios que disminuyan costos y aumenten su accesibilidad.

La implementación de la virtopsia puede mejorar significativamente la calidad de las investigaciones post mortem y los diagnósticos, facultando a los profesionales de la salud y la justicia para tomar decisiones más informadas y precisas. Esto representa un avance hacia prácticas más éticas, eficientes y ajustadas a las necesidades del país (9).

En esta revisión bibliográfica se examinarán las diferentes y principales aplicaciones de la virtopsia en la identificación de armas y personas, aclaración en los hechos y causas de muerte, así como en la reconstrucción 3D de los eventos. Estas herramientas permiten una correcta aplicación de la justicia, que es fundamentada en hechos científicos y verificables, y además posibilitan el almacenamiento de evidencias (2) (3).

3.1. Principios y características de la tomografía computarizada

La Tomografía Computarizada (TC) juega un papel fundamental en la virtopsia, una técnica no invasiva de autopsia virtual que utiliza imágenes para la evaluación

postmortem. La TC es especialmente valiosa para la documentación y el análisis en dos y tres dimensiones de los hallazgos de autopsia, incluyendo sistemas de fracturas, colecciones patológicas de gas (como embolia aérea, enfisema subcutáneo tras trauma y efectos de descomposición) así como lesiones tisulares graves (4).

La TC Postmortem (PMCT) es más sensitiva en la detección de lesiones esqueléticas en comparación con la autopsia convencional o la Resonancia Magnética Postmortem (PMMRI), lo que la convierte en una herramienta esencial para complementar la autopsia tradicional en casos de trauma. Adicionalmente, la PMCT puede identificar heridas letales y localizar con precisión fragmentos metálicos en situaciones de heridas por arma de fuego, aunque puede subestimar la cantidad de trayectorias de heridas cuando estas se entrelazan (7) (10).

En el ámbito de la autopsia clínica, la PMCT ha mostrado ser efectiva para determinar la causa de muerte en una proporción considerable de casos, aunque su exactitud para evaluar los mecanismos patogénicos es restringida. La incorporación de la angiografía postmortem por TC multiphase podría aumentar la habilidad de la virtopsia para identificar enfermedades cardiovasculares, convirtiéndola en una alternativa viable a la autopsia médica en ciertos casos (11) (12).

3.2. Resonancia magnética y su uso en la virtopsia

La Resonancia Magnética (RM) en el marco de la autopsia virtual se emplea principalmente como una herramienta no invasiva para la evaluación postmortem, posibilitando la visualización detallada de las estructuras internas sin requerir una autopsia convencional. En el área de procedimientos quirúrgicos, técnicas laparoscópicas, cuidados posteriores a la cirugía y protocolos de recuperación, la RM puede proporcionar beneficios significativos. La literatura actual demuestra su capacidad para obtener imágenes estructurales precisas y también para identificar cuerpos extraños, masas, abscesos con los objetivos correspondientes (13).

3.3. Fotogrametría digital y escaneo de superficie en 3D

Asimismo, la tomografía y la resonancia magnética, se emplean métodos tales como la fotogrametría digital y el escaneo 3D para examinar lesiones e identificar descubrimientos externos. El proceso de digitalización se divide en dos fases: como se muestra en la **figura 1**, la fotogrametría identifica puntos clave en el objeto a través de fotografías capturadas desde diversas perspectivas; posteriormente, como se muestra en la **figura 2** estas imágenes se procesan en un software que une los puntos de referencia, generando una representación tridimensional del objeto (1).

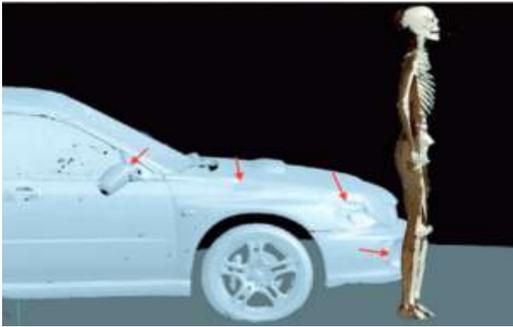


Figura 1. Reconstrucción de un accidente de tránsito en 3D (1)

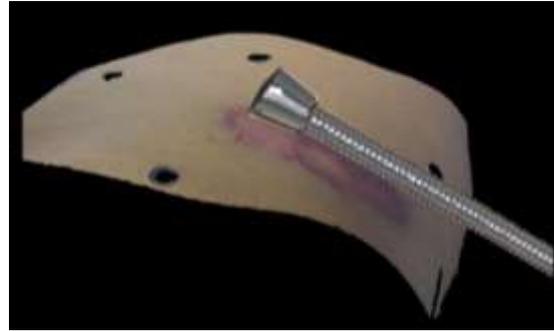


Figura 2. Reconstrucción fotogramétrica 3D de la piel de una víctima viva de agresión física con el arma utilizada (porra) (6)

3.4. Aplicaciones de la virtopsia en el campo forense

La virtopsia ofrece una metodología avanzada para identificar diversas lesiones y patologías en distintas partes del cuerpo tales como:

- Aparato Respiratorio: Neumotórax, broncoaspiración y hemitórax.
- Aparato Cardiovascular: Insuficiencia cardíaca, infarto agudo de miocardio y embolia aérea.
- Sistema Gastrointestinal: Presencia de líquido en estómago y duodeno en casos de ahogamiento.
- Piel, tejido subcutáneo y músculos: hematomas, laceraciones, heridas y enfisema.
- Politraumatismos y lesiones cervicales: fracturas, daños asociados a estrangulamiento y ahorcamiento.
- Heridas específicas: Lesiones punzocortantes y heridas por arma de fuego.

Asimismo, la virtopsia posee aplicaciones notorias en la identificación del momento del fallecimiento, determinación de sexo y edad, en la elaboración de exámenes toxicológicos y detección de objetos raros (14).

3.5. Identificación de la causa de muerte y del cadáver

Determinar la causa y el momento del deceso requiere analizar fenómenos cadavéricos, que se dividen en:

- Fenómenos abióticos: Incluyen enfriamiento corporal, deshidratación, hipostasis visceral y lividez cadavérica.
- Fenómenos bióticos: Comprenden rigidez y espasmo cadavéricos (14).

La técnica permite determinar la causa y momento de la muerte, utilizando fenómenos cadavéricos como enfriamiento y rigidez. En las primeras 48 horas, se aplican técnicas imagenológicas como:

La tomografía computarizada post mortem y angiografía, que ofrecen superior precisión diagnóstica y complementan la autopsia convencional, mejorando la identificación de detalles anatómicos y lesiones patológicas.

Estas herramientas complementan la autopsia convencional, proporcionando mayor detalle en estructuras anatómicas y patológicas (14).

3.6. Identificación del cadáver

Dentro de la identificación de cadáveres se utiliza análisis externos e internos, como la radiología y el ADN. Los implantes médicos facilitan el reconocimiento mediante tomografía. La virtopsia permite examinar detalles anatómicos relevantes. Este proceso multidisciplinario integra imágenes avanzadas con registros premortem, siendo esencial en casos de cadáveres mutilados o en descomposición.

La radiología en virtopsia destaca fracturas, calcificaciones y senos frontales, fundamentales para la necroidentificación de cadáveres dificultosos o en estado de descomposición avanzada.

Finalmente, la necroidentificación es un procedimiento que abarca diversas disciplinas, combinando técnicas de imagen de alta tecnología con datos previos al fallecimiento y tentativas contextuales, adaptándose a las características específicas de cada situación (14).

3.7. Aplicación en el análisis de heridas por arma de fuego

La virtopsia se considera una herramienta fundamental para el estudio de lesiones provocadas por armas de fuego en el contexto forense. A través de métodos de imagen post mortem, como la Tomografía Computarizada (TC) y la creación de modelos tridimensionales, se puede examinar en detalle las particularidades de las heridas, su recorrido y los daños relacionados. Estas tecnologías facilitan la reconstrucción de escenarios del crimen, la comparación de proyectiles y armas, así como la determinación de elementos como la distancia y el ángulo de disparo (14) (15).

3.7.1. Aplicaciones en el análisis de lesiones

1. Heridas por proyectil único:

- Reconocimiento del orificio de entrada a través de componentes como el anillo de Fisch, el collarín de limpieza y el tatuaje de Chavigny, que ofrecen información acerca de la dirección y la distancia del disparo.
- Análisis del orificio de salida, que presenta bordes evertidos y no muestra las marcas distintivas del orificio de entrada

2. Heridas por proyectiles múltiples:

- Estudio de las lesiones que han sido ocasionadas por armas como escopetas, donde la dispersión de los perdigones varía dependiendo la distancia de donde se realice el disparo.

3. Lesiones por proyectiles de alta velocidad:

- Evaluación del daño tisular y las ondas expansivas ultrasónicas que ocasionan destrucción significativa.

4. Lesiones originadas por restos de pólvora:

- Identificación de los tatuajes de pólvora en la piel, útiles para calcular la distancia del disparo.

3.7.2. Importancia de las técnicas imagenológicas

- Tomografía Computarizada Post Mortem (PMCT): identifica y documentar proyectiles dentro del cuerpo antes de su extracción. Esto garantiza la protección de la evidencia y la cadena de custodia, lo cual es de suma importancia en el ámbito judicial (15).

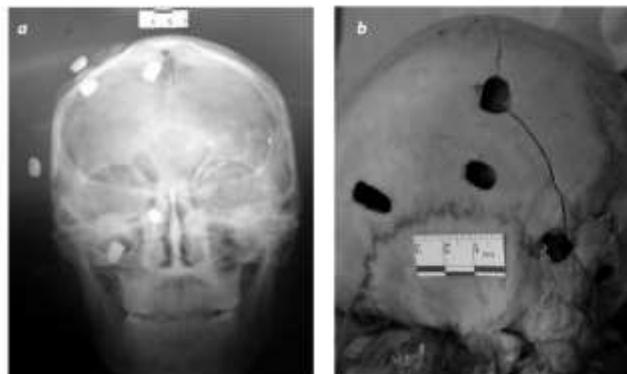


Figura 3. (a) Radiografía en la que se evidencian múltiples proyectiles de 6 mm en el cráneo, (b) las mismas lesiones en el hueso documentadas durante la necropsia (15)

- Reconstrucción tridimensional: compara lesiones causadas por ciertas armas, lo que facilita determinar si un arma hallada en el lugar del crimen fue empleada, así como establecer la posición precisa en el momento del disparo. Asimismo puede contribuir a diferenciar entre homicidio y suicidio (ver **figura 3**) (16).

(a) Modelo fotogramétrico del cráneo como se muestra en la **figura 4** una herida por proyectil en la zona temporal derecha y su orificio de entrada correspondiente (marcados con flechas blancas). (b) La reconstrucción del arma encontrada en la escena, junto con

el orificio de entrada, permite establecer con exactitud la posición del arma y la trayectoria del proyectil (señalada con una línea roja). (c) Combinación de la fotogrametría y la reconstrucción en 3D con imágenes de resonancia magnética, mostrando una posición del arma típica en casos de suicidio (16).

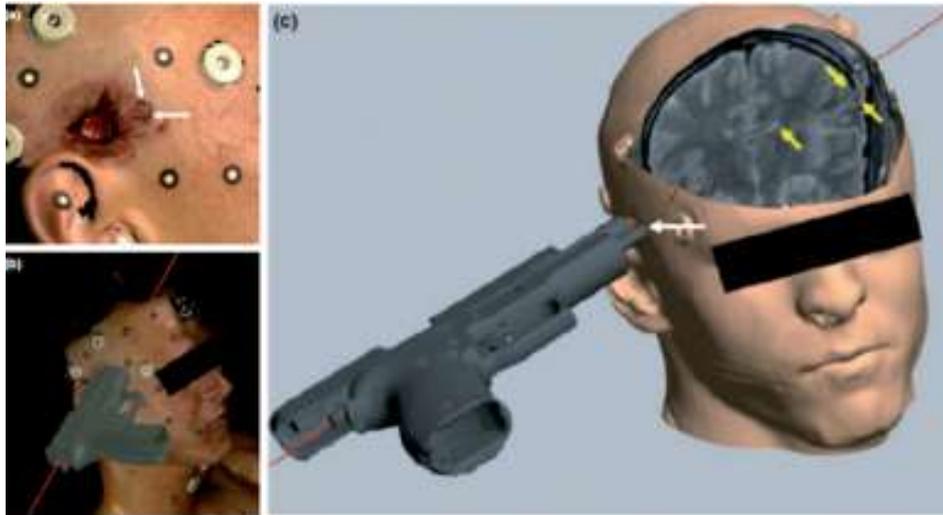


Figura 4. Reconstrucción en 3D de una herida por arma de fuego en un caso de suicidio

3.7.3. Aplicación en el análisis de heridas por arma blanca

Las heridas por arma blanca son provocadas por herramientas manuales con filo, punta o ambas, y se distinguen de las heridas por arma de fuego en que los daños se limitan al recorrido del arma sin afectar a los tejidos adyacentes. Pueden generarse por objetos comunes como cuchillos o tijeras, así como herramientas espontáneas. Según el instrumento empleado, las heridas se clasifican en:

- Heridas incisivas o cortantes: Se generan por objetos con bordes afilados (como cuchillos o bisturís). Generalmente son más largas que profundas y cuentan con bordes limpios y regulares. Son frecuentes en la cara, cuello y extremidades, tanto en casos de lesiones defensivas como autoinfligidas.
- Heridas punzantes o penetrantes: Se provocan por objetos cilíndricos y afilados (como agujas o clavos). La profundidad de estas heridas es mayor que su longitud, lo que puede llevar a la perforación de órganos y a hemorragias internas.
- Heridas cortopunzantes: Presentan una mezcla de características de las heridas cortantes y punzantes, poseyendo hojas estrechas y afiladas. En este tipo de heridas, la profundidad es más relevante que la longitud.
- Heridas cortocontundentes: Son causadas por herramientas pesadas con filo (como hachas o machetes), que pueden dañar tejidos blandos y huesos. A menudo, dejan marcas características en el hueso, lo que ayuda en la identificación del arma

El examen forense de estas heridas facilita la identificación del tipo de arma, la intensidad de la violencia, así como la posición tanto de la víctima como del agresor. También permite establecer vínculos entre características como desgarros en la ropa o trayectorias de las lesiones con la mano empleada en el ataque (14).

La virtopsia, que se realiza mediante tomografía computarizada multicorte (MSCT) como se muestra en la **figura 5**, representa una alternativa precisa a la autopsia convencional en situaciones de lesiones por arma blanca. No obstante, para ciertos objetos, puede ser necesario el apoyo de estudios adicionales para mejorar la precisión del análisis (14).

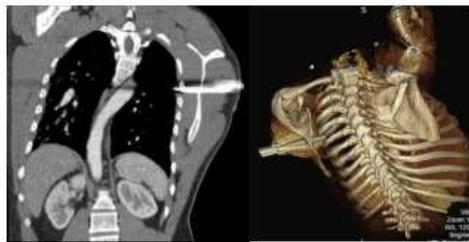


Figura 5. TC que muestra un arma blanca en región escapular izquierda (17)

Normalmente, en distintas proyecciones de radiografías simples, se pueden identificar fragmentos de metal, vidrio y grava que superan 1 milímetro. Materiales como el plástico pintado y la madera tienden a ser radiopacos, a diferencia de otros compuestos orgánicos que, al ser radiolúcidos, no son detectables mediante este método como se muestra en la **figura 6**. En estas situaciones, la Tomografía Computarizada (TC) resulta ser la opción más recomendable (18).



Figura 6. Radiografía de cráneo en vista lateral (izquierda) y anteroposterior (derecha). Muestra imagen radiopaca de aproximadamente 15 centímetros, próxima al globo ocular (17)

3.8. Aplicación en casos de asfixia

La virtopsia ha resultado ser especialmente valiosa en el estudio de muertes por asfixia, tales como estrangulación, ahorcamiento y ahogamiento, brindando beneficios importantes en la recopilación y examen de lesiones (19).

3.8.1. Estrangulación

La estrangulación, que se define por la presión externa en el cuello, ocasiona daños específicos en estructuras anatómicas como el hueso hioides, el cartílago tiroides y los tejidos blandos del cuello. La virtopsia facilita la observación detallada de estas lesiones a través de Reconstrucciones Tridimensionales (3D) obtenidas de imágenes de Tomografía Computarizada (TC). Por ejemplo, se pueden identificar con precisión fracturas del hioides o del cartílago tiroides, así como hemorragias en los músculos esternocleidomastoideos. Además, la TC post mortem es efectiva para identificar lesiones vasculares, como desgarros en las arterias carótidas, que son hallazgos frecuentes en casos de estrangulación (20).

3.8.2. Ahorcamiento

En situaciones de ahorcamiento, la virtopsia proporciona una evaluación precisa del surco cervical, lo que permite determinar su ubicación, profundidad y orientación. Estas características son fundamentales para distinguir entre ahorcamiento completo e incompleto, así como para establecer la posición del cuerpo durante el incidente. La Tomografía Computarizada (TC) también ayuda a identificar fracturas cervicales o lesiones en la columna vertebral, que pueden resultar de la fuerza ejercida durante el ahorcamiento. La combinación de imágenes de TC y Resonancia Magnética (RM) mejora la capacidad para evaluar tanto las estructuras óseas como los tejidos blandos, brindando un análisis integral (21).

3.8.3. Ahogamiento

El ahogamiento, que es un tipo de asfixia provocada por la inmersión en un líquido, presenta características específicas que se pueden identificar a través de la virtopsia. La existencia de líquido en los senos paranasales y en las vías respiratorias es un signo fundamental, junto con alteraciones pulmonares como la hiperinsuflación y el edema. La tomografía computarizada post mortem también permite detectar la espuma en las vías respiratorias, que es un indicio clásico de ahogamiento. Estos hallazgos, junto con el análisis del contenido gástrico y la distribución de líquidos en los pulmones, ayudan a lograr un diagnóstico más exacto (22).

3.9. Otras aplicaciones de la virtopsia

La virtopsia al tener la capacidad de obtener imágenes detalladas ha demostrado ser una herramienta muy útil en varias disciplinas sin necesidad de procedimientos invasivos, por lo que es una técnica fundamental para la investigación y la ciencia, entre las aplicaciones de la virtopsia se presentan:

3.9.1. Golpes con objetos romos

La virtopsia ha probado ser una herramienta esencial en la investigación forense de lesiones producidas por golpes con objetos contundentes, tales como martillos, palos o superficies duras. Estas lesiones, que abarcan fracturas óseas, hematomas y daños en tejidos blandos, pueden ser estudiadas de forma detallada y no invasiva utilizando técnicas de imagen como la Tomografía Computarizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM). A continuación, se presentan las aplicaciones particulares de la virtopsia en este ámbito.

3.9.2. Visualización de fracturas óseas

Los impactos con objetos contundentes tienden a causar fracturas en el cráneo, las costillas, los huesos faciales y otras estructuras óseas. La virtopsia posibilita la Reconstrucción Tridimensional (3D) de estas lesiones, lo que ayuda a identificar patrones de daño y a establecer el mecanismo del trauma. Por ejemplo, las fracturas lineales o hundidas en el cráneo pueden ser observadas con gran exactitud, lo que ayuda a deducir el tipo de objeto utilizado y la fuerza ejercida (23).

3.9.3. Evaluación de hematomas y lesiones en tejidos blandos

Además de las fracturas, los impactos con objetos contundentes pueden provocar moretones, contusiones y desgarros en los tejidos blandos. La resonancia magnética post mortem es especialmente valiosa para analizar estas lesiones, ya que ofrece un mejor contraste en comparación con la tomografía computarizada. Esto facilita la identificación de hemorragias internas, daños en los músculos y lesiones en órganos internos, como el hígado o el bazo, que podrían no ser evidentes en una autopsia convencional (24).

3.10. Determinación del mecanismo de lesión

La virtopsia no solo registra las lesiones, sino que también facilita la reconstrucción del mecanismo del trauma. A través del estudio de la distribución y el patrón de las lesiones, los especialistas pueden deducir la dirección del impacto, la fuerza ejercida y el tipo de objeto involucrado. Esto resulta especialmente útil en situaciones donde no existen testigos o cuando el objeto contundente no se puede analizar (25).

3.10.1. Abuso

La virtopsia, también conocida como autopsia virtual, se ha convertido en una herramienta esencial en la medicina forense para investigar casos de abuso en adultos y niños. Esta técnica, que es no invasiva y combina imágenes por Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM), permite identificar lesiones características del abuso físico, sexual y emocional, proporcionando evidencia objetiva y detallada que puede ser crucial en procesos legales. Este artículo examina las aplicaciones

de la virtopsia en situaciones de abuso, subrayando su eficacia en la identificación de lesiones, la reconstrucción de eventos y su función.

3.10.2. Abuso físico

El abuso físico es determinado por el aspecto de lesiones como fracturas, hematomas, quemaduras y daños en órganos internos. La virtopsia ha sido particularmente útil en la tipificación de estas lesiones, principalmente en casos donde las certidumbres no son evidentes en un examen externo. A manera de ejemplo, la TC post mortem accede detectar fracturas costales, craneales y de huesos largos con gran precisión, inclusive en casos de fracturas en disímiles etapas de curación, un hallazgo común en el síndrome del niño maltratado. Además, la RM post mortem logra eficacia al identificar hematomas en tejidos blandos, hemorragias cerebrales y daños en órganos internos, tales como el hígado o el bazo, los cuales pueden ser consecuencia de traumatismos repetidos (24) (25).

3.10.3. Abuso sexual

En situaciones de abuso sexual, la virtopsia perfecciona los hallazgos de la autopsia tradicional al facilitar iconografías minuciosas de lesiones en áreas anatómicas sensitivas. La TC y la RM logran identificar desgarros, hematomas y otras lesiones en los tejidos genitales y anales, que son indicativas de abuso sexual. Conjuntamente, en algunos acontecimientos, la virtopsia revela la apariencia de objetos insólitos en el cuerpo, lo que puede ser evidencia crucial en casos de abuso sexual.

3.10.4. Abuso infantil

El abuso infantil es un área donde la virtopsia ha demostrado ser esencialmente útil, ya que las contusiones pueden ser tenues o dificultosos de divisar mediante técnicas tradicionales. La virtopsia accede asemejar lesiones particularidades del síndrome del niño maltratado, a manera de cisuras múltiples en diferentes etapas de curación, hemorragias retinianas y hematomas subdurales. Además, la TC post mortem es eficaz para manifestar fracturas de cráneo y hemorragias intracraneales, que son habituales en casos de sacudidas violentas (*shaken baby syndrome*).

4. Discusión

En el presente artículo de investigación, se ha examinado las principales aplicaciones y limitaciones de la virtopsia en el entorno forense, lo que establece la discusión en esta sección. Los hallazgos revelan la utilidad de la tomografía computarizada y resonancia magnética en autopsias virtuales, las cuales admiten una evaluación minuciosa de estructuras anatómicas sin la necesidad de procedimientos invasivos. Estas metodologías han verificado ser fundamentalmente ventajosas en casos de traumatismos, en el cual la reconstrucción tridimensional proporciona la identificación de fracturas, hemorragias y lesiones internas que pueden ser difíciles de divisar mediante autopsias convencionales.

La tomografía computarizada post mortem se ha convertido en una de las herramientas más empleadas en la virtopsia gracias a su capacidad para visualizar estructuras óseas y detectar la existencia de cuerpos extraños, embolias gaseosas y lesiones traumáticas con un alto grado de precisión. Investigaciones anteriores han mostrado que la TC post mortem permite una evaluación rápida y objetiva, lo que la hace especialmente útil en entornos judiciales y en casos de muertes violentas o sospechosas. No obstante, su principal desventaja es la incapacidad de examinar tejidos blandos con el mismo nivel de detalle que ofrece la autopsia tradicional, lo que puede complicar la identificación de patologías microscópicas.

Este artículo muestra la relevancia de seguir avanzando en el desarrollo de la virtopsia, especialmente a través de la integración de tecnologías nuevas como la inteligencia artificial. La automatización del análisis de imágenes utilizando algoritmos de aprendizaje profundo podría mejorar la precisión en los diagnósticos y reducir la variabilidad entre observadores, lo que aumentaría su utilidad en el campo forense. Además, el establecimiento de bases de datos forenses estandarizadas a nivel internacional facilitaría la validación de esta técnica y su implementación en diferentes sistemas legales y médicos. En este contexto, la virtopsia se establece como una herramienta cada vez más relevante en la medicina forense, poniendo de relieve tanto sus beneficios como sus limitaciones.

5. Conclusiones

- Las tecnologías de imagen radiológica de vanguardia están completamente incorporadas en la medicina clínica. Por otro lado, su adopción en el ámbito de la medicina forense ha sido más gradual, sobre todo por razones de disponibilidad y costo.
- Diversas investigaciones han mostrado cómo estas tecnologías apoyan la necropsia convencional, permitiendo el análisis del cuerpo y del individuo vivo mediante métodos no invasivos o de mínima invasión. Permiten identificar cuerpos extraños, caracterizar las lesiones y revelar hallazgos que no son visibles en un examen externo.
- Las aplicaciones son diversas, como se ha señalado en esta revisión, lo que facilita al equipo forense multidisciplinario correlacionar hallazgos y lograr un diagnóstico confiable con un enfoque puramente científico. Asimismo, posibilita la documentación de estos descubrimientos, ofreciendo herramientas para respaldar casos en el juicio oral de cualquier situación que lo necesite.
- La virtopsia es un método novedoso en la medicina forense que se presenta como una alternativa innovadora, exacta y menos invasiva en comparación con la autopsia convencional. A pesar de los retos que todavía enfrenta y la necesidad de más estudios, es claro que tiene el potencial de transformar las prácticas forenses,

especialmente en la identificación de las causas de muerte y en la obtención de pruebas.

- Uno de sus mayores beneficios es la posibilidad de llevar a cabo diagnósticos precisos sin necesidad de procedimientos invasivos, utilizando tecnologías como la realidad aumentada y algoritmos de inteligencia artificial. Estas herramientas mejoran el análisis de información, automatizan la detección de anomalías y optimizan la segmentación de órganos y tejidos, lo que garantiza resultados más exactos y efectivos.
- La virtopsia se adecúa a las creencias culturales y religiosas al no utilizar métodos invasivos, lo que ha favorecido su adopción en ambientes donde la autopsia convencional encuentra objeciones éticas o culturales. Su aplicación también abarca la investigación médica, facilitando el análisis de enfermedades, tendencias epidemiológicas y factores de riesgo, así como ayudando a una comprensión más exhaustiva de la genética y la transmisión de enfermedades. Esta tecnología tiene un impacto notable, no únicamente en la medicina forense, sino también en la investigación médica, al unir precisión diagnóstica, respeto por la cultura y progresos científicos. Se sugiere su incorporación con la autopsia tradicional, formando a los profesionales en el manejo de estas herramientas sofisticadas y fomentando investigaciones que disminuyan costos y aumenten su accesibilidad.
- La implementación de la virtopsia tiene el potencial de aumentar significativamente la calidad de las investigaciones post mortem y los diagnósticos, lo que permitirá a los profesionales de la salud y del ámbito judicial tomar decisiones más fundamentadas y exactas. Este progreso representa un paso hacia prácticas más éticas, eficaces y alineadas con las necesidades del país.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

1. Durán Campos K. Virtopsia: uso de la tecnología de imagen en el ámbito forense. Revista Gaceta Internacional de Ciencias Forenses [Internet]. 2024 [citado 15 enero 2025]; (50). Disponible en: https://www.uv.es/gicf/3R1_Duran_GICF_50.pdf
2. Escobar López KY. Las ciencias forenses y la innovación tecnológica. Gaceta Internacional de Ciencias Forenses [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; (34):10-25. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7181815>
3. García-Robelto AN, Betín-Isaza A, Gil-Villa AM. Virtopsia. Su pertinencia como herramienta de apoyo judicial en Colombia. Revista Memorias Forenses [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; (3):45-58. Disponible en: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/mforenses/article/view/675/821>
4. Dirnhofer R, Jackowski C, Vock P, Potter K, Thali M. Virtopsy: Minimally Invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy. Radiological Society of North America [Internet]. 2006[cited 2025 January 15]; 26(5). Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rg.265065001>
5. Bolliger SA, Thali MJ, Ross S, Buck U, Naether S, Vock P. Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects. European Journal of Radiology [Internet]. 2008 [cited 2025 January 15];18(2):273-282. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17705044/>
6. Bolliger SA, Thali MJ. Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Science [Internet]. 2015[cited 2025 January 15]; 370(1674):20140253. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26101279/>
7. Rüeeggler CM, Gascho D, Bode PK, Bruder E, Haslinger C, Ross S, et al. Post-mortem magnetic resonance imaging with computed tomography-guided biopsy for foetuses and infants: a prospective, multicentre, cross-sectional study. BMC Pediatrics [Internet]. 2022[cited 2025 January 15]; 22(1): 464. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35918685/>
8. Ahmad MU, Sharif KA, Qayyum H, Ehsanullah B, Balyasnikova S, Wale A, et al. Assessing the use of magnetic resonance imaging virtopsy as an alternative to autopsy: a systematic review and meta-analysis. Postgraduate Medical Journal [Internet]. 2017 [cited 2025 January 15]; 93(1105):671-678. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28684530/>

9. Gallego Londoño C, Afanador Restrepo DF, Dávila Castañeda MC, Andrade Ramírez S. La evolución de la Virtopsia, las ventajas frente a la autopsia y el impacto en el área de la salud: Una scoping review. *Journal of Health and Medical Sciences* [Internet]. 2024 [citado 15 enero 2025]; 10(3):11-20. Disponible en: <https://revistas.uta.cl/pdf/3145/02-gallegook%20%20rev.10.3.pdf>
10. Jalalzadeh H, Giannakopoulos GF, Berger FH, Fronczek J, van de Goot FRW, Reijnders UJ, Zuidema WP. Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims--A systematic review. *Forensic Science International* [Internet]. 2015[cited 2025 January 15]; 257: 29-48. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26284976/>
11. Westphal SE, Apitzsch J, Penzkofer T, Mahnken AH, Knüchel R. Virtual CT autopsy in clinical pathology: feasibility in clinical autopsies. *Virchow's Archive: An International Journal of Pathology* [Internet]. 2012 [cited 2025 January 15]; 461(2):211-9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22729140/>
12. Wichmann D, Heinemann A, Weinberg C, Vogel H, Hoepker WW, Grabherr S, et al. Virtual autopsy with multiphase postmortem computed tomographic angiography versus traditional medical autopsy to investigate unexpected deaths of hospitalized patients: a cohort study. *Annals of Internal Medicine* [Internet]. 2014 [cited 2025 January 15]; 160(8):534-541. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24733194/>
13. Greene AC, Mankarious MM, Patel A, Matzelle-Zywicki M, Kwon EG, Reyes L, et al. Can magnetic resonance imaging replace computed tomography scans in the evaluation of pediatric post-appendectomy abscess? *Surgery* [Internet]. 2023 [cited 2025 January 15]; 174(3):703-708. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37365084/>
14. Gallo R. Relevancia de la virtopsia como método de inspección corporal no invasivo en las Ciencias Forenses. Instituto Universitario de Ciencias de la Salud. Fundación Barceló [Internet]. 2023 [citado 15 enero 2025]. Disponible en: https://repositorio.barcelo.edu.ar/greenstone/collect/tesis/index/assoc/HASH0193.dir/BRC_Tesis_GalloRoberto.pdf
15. Loaiza GAM, Daza AFO, Archila GA. Aplicaciones de la radiología convencional en el campo de la medicina forense. *Revista Colombiana de Radiología* [Internet]. 2013[citado 15 enero 2025]; 24(4): 3805-3810. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/items/e2180a8a-a1bf-4b76-9cca-ee010636ed80>

16. Najar Céspedes AP. Virtopsia. Radiología en medicina forense. Salud Areandina [Internet]. 2012[citado 15 enero 2025];1(1):60-76. Disponible en: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Nn/article/view/311/340>
17. Garrido Benito B, Illán Riquelme A, Sánchez Corral J, Ots Gutiérrez JR, Oliver García I. Herida penetrante por arma blanca. Revista Chilena de Cirugía [Internet]. 2017 [citado 15 enero 2025]; 69(6):436-437. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037938931730039X?via%3Dihub>
18. Albarrán ME, Sánchez JA. Lesiones por arma blanca: lesiones, diagnóstico y problemas médico-legales. Revista Universidad Complutense de Madrid [Internet]. 2019 [citado 15 enero 2025]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2017-12-06-Tema%202.%20Lesiones%20originadas%20por%20armas%20blancas.pdf>
19. Grabherr S, Baumann P, Minoiu C, Fahrni S, Mangin P. Post-mortem imaging in forensic investigations: current utility, limitations, and ongoing developments. Research and Reports in Forensic Medical Science [Internet]. 2024 [cited 2025 January 15]; Available from: https://www.researchgate.net/publication/298725645_Post-mortem_imaging_in_forensic_investigations_current_utility_limitations_and_ongoing_developments
20. Decker LA, Hatch GM, Lathrop SL, Nolte KB. The role of postmortem computed tomography in the evaluation of strangulation deaths. Journal of Forensic Sciences [Internet]. 2018[cited 2025 January 15]; 63(5):1401-1405. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29464693/>
21. Gascho D, Heimer J, Thali MJ, Flach PM. The value of MRI for assessing danger to life in nonfatal strangulation. Forensic Imaging [Internet]. 2020[cited 2025 January 15]; 22:200398. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666225620300476>
22. Levy AD, Harcke T, Getz JM, Mallak JL, Caruso JL, Pearse L, et al. Virtual Autopsy: Two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. Radiological Society of North America [Internet]. 2007 [cited 2025 January 15]; 243(3). Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2433061009>
23. Flach PM, Gascho D, Ruder TD, Franckenberg S, Ross SG, Ebner L, et al. Postmortem and forensic magnetic resonance imaging, in: imaging of the pelvis, musculoskeletal system, and special applications to CAD. CRC Press [Internet].

2016[cited 2025 January 15]. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/301301238_Postmortem_and_Forensic_Magnetic_Resonance_Imaging_in_Imaging_of_the_Pelvis_Musculoskeletal_System_and_Special_Applications_to_CAD

24. Ruder TD, Thali MJ, Hatch GM. Essentials of forensic post-mortem MR imaging in adults. The British Journal of Radiology [Internet]. 2014[cited 2025 January 15]; 87(1036):20130567. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24191122/>
25. Zech WD, Ruder TD. Blunt force trauma in forensic radiology. Radiology (Heidelberg Germany) [Internet]. 2024[cited 2025 January 15]; 64(11):837-845. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39320448/>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services