



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DEL LITORAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

TEMA: "CRITERIOS DE APLICACIÓN DE TECNICAS DE
DIAGNOSTICO POR IMAGEN EN CADAVERES PUTREFACTOS"

AUTORA: Astrada, Mariana Soledad

DIRECTOR DE TESIS: Amut, Sebastián

COHORTE: 10

AÑO: 2025

INDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	 Error! Marcador no definido.
MARCO TEORICO.....	 Error! Marcador no definido.
DISEÑO METODOLOGICO.....	 Error! Marcador no definido.
RESULTADOS	38
CONCLUSIÓN.....	 Error! Marcador no definido.
REFERENCIAS	 Error! Marcador no definido.

Resumen

El presente estudio titulado “Criterios de aplicación de técnicas de diagnóstico por imágenes en cadáveres putrefactos” tiene como objetivo describir la contribución de los estudios radiológicos en el análisis forense de cadáveres en estado de putrefacción, a partir de una revisión documental de investigaciones publicadas entre 2016 y 2024. Los resultados evidencian que las principales técnicas por imágenes utilizadas en contextos forenses son la tomografía computarizada post mortem (PMCT), la resonancia magnética post mortem (PMMR), la angiografía tomográfica computada post mortem (PMCTA), junto con radiografías simples y tecnologías de imagen superficial como la fotogrametría y el escaneo tridimensional (3DSS). Cada técnica presenta distintos grados de efectividad según la naturaleza de las lesiones y el estado del cuerpo, destacándose la PMCT por su rapidez y capacidad para evaluar estructuras óseas, y la PMCTA como la más eficaz en la detección de lesiones vasculares. Como recomendación se sugiere la incorporación de protocolos mixtos que integren la imagenología post mortem con la autopsia convencional, la formación especializada en radiología forense y la mejora en los sistemas de archivo de imágenes para su uso judicial. Este estudio reafirma la importancia creciente de las técnicas radiológicas para optimizar el análisis forense en cadáveres putrefactos, aportando mayor precisión y preservación de la evidencia.

Palabras claves: radiología forense, revisión, técnicas radiológicas.

Introducción

El avance en las técnicas de imagenología ha permitido a la medicina forense integrar herramientas no invasivas, como la tomografía computarizada postmortem (PMCT), que ofrecen un análisis detallado y tridimensional del cuerpo humano en estado postmortem. Específicamente, la radiología forense, aplicada en casos donde el cuerpo presenta un avanzado estado de putrefacción, enfrenta importantes desafíos, ya que la descomposición altera las estructuras anatómicas, lo que complica la interpretación de las imágenes obtenidas. No obstante, el uso de tecnologías avanzadas como la PMCT ha demostrado ser una solución eficaz en la identificación de lesiones internas, fracturas y patologías ocultas, las cuales resultan determinantes para la correcta identificación de la causa de muerte (1) (2). En este contexto, el trabajo de Brough et al., ha demostrado cómo la PMCT ha sido fundamental en la identificación de víctimas en desastres, proporcionando imágenes precisas y no invasivas, lo que contribuye significativamente a la identificación forense y a la determinación de las causas de muerte.

De manera similar, la aplicación de técnicas radiológicas en cadáveres putrefactos ha ganado relevancia debido a la necesidad creciente de preservar la integridad del cuerpo, especialmente en aquellos casos en los que las autopsias invasivas no son permitidas. En consecuencia, la autopsia virtual, combinada con estudios por imágenes, ha emergido como una herramienta clave en la medicina legal, proporcionando información esencial que complementa los métodos tradicionales de diagnóstico (3). Por lo tanto, estos avances tecnológicos permiten un análisis más preciso y objetivo, lo que mejora notablemente la capacidad de los médicos forenses para emitir juicios basados en evidencias sólidas. Un claro ejemplo de esta evolución tecnológica se observa en el estudio de Tian et al., donde se compararon los valores de CT entre trombos pulmonares y coágulos postmortem, lo que permitió diferenciar estas condiciones con alta precisión en autopsias virtuales, mejorando así los diagnósticos forenses (4).

A su vez, uno de los mayores desafíos en la medicina forense es la correcta identificación de las causas de muerte en cadáveres descompuestos. La putrefacción, un proceso natural de descomposición, afecta tanto las estructuras externas como internas del cuerpo, lo que dificulta la evaluación de los tejidos. Sin embargo, mediante

el uso de tomografía computarizada y otras técnicas avanzadas de imagenología, los expertos pueden analizar el estado de los órganos y tejidos de manera no invasiva, reduciendo así la necesidad de recurrir a métodos destructivos (5). En este sentido, el trabajo de Ujvári et al., resalta la utilidad de la fotogrametría forense como una técnica adicional eficaz para la documentación tridimensional de restos humanos. Esta técnica ha permitido obtener reconstrucciones precisas que resultan cruciales en la investigación de eventos y en la recolección de pruebas en casos forenses complejos (5).

En ese orden de ideas, Mara Pérez de la Fundación H.A. Barceló, en Argentina, realizó una investigación sobre el uso de la radiología forense como herramienta clave en la medicina legal. Su trabajo, titulado “El diagnóstico por imágenes al servicio de la Medicina Legal”, tenía como objetivo demostrar cómo las técnicas de imagen, como la tomografía computada (TC) y la resonancia magnética (RM), han revolucionado la evaluación de lesiones y causas de muerte. Utilizó una metodología basada en la revisión de casos y estudios clínicos donde estas tecnologías se aplicaban en cadáveres, especialmente en aquellos que no permitían autopsias invasivas. Los resultados demostraron que estas técnicas no solo preservan la integridad del cuerpo, sino que también proporcionan un análisis más preciso y detallado de lesiones traumáticas y patologías ocultas. En conclusión, Pérez recomienda la adopción de estas herramientas en la práctica médico-legal por su capacidad para ofrecer pruebas objetivas y atemporales (6).

Por otro lado, en Costa Rica, Christopher Leiton Araya y Guillermo Serrano Bulakar investigaron la integración de la radiología en el Departamento de Medicina Legal. El estudio, publicado en la revista *Medicina Legal de Costa Rica*, abordó cómo el Departamento ha perfeccionado el uso de rayos X y otras técnicas de imagen desde su creación en 1965. El objetivo central era analizar la importancia de los rayos X en el diagnóstico legal y demostrar su relevancia en la identificación de lesiones. La metodología incluyó una revisión exhaustiva de casos legales que utilizaron estudios radiológicos para resolver disputas judiciales. Los resultados mostraron que el uso de imágenes radiológicas ha facilitado la emisión de dictámenes legales más precisos, concluyendo que el Departamento debe seguir invirtiendo en nuevas tecnologías radiológicas para mejorar los procesos forenses (7).

También, Marly Johanna Zúñiga Navarro de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), en Colombia, presentó un estudio sobre la aplicación de la *Virtopsia* en el diagnóstico forense. El objetivo de su investigación era desarrollar un protocolo para el manejo radiológico de cadáveres víctimas de explosiones, aplicando conceptos de bioseguridad y métodos de identificación. Su metodología consistió en un análisis de varios casos de muertes colectivas y la aplicación de radiología convencional y tomografía computada para documentar lesiones traumáticas. Los resultados concluyeron que las técnicas de imagen no solo permiten una identificación más rápida y precisa de las víctimas, sino que también garantizan la dignidad y humanización del cadáver durante el proceso postmortem. En su conclusión, Zúñiga destacó la importancia de estos avances para mejorar el manejo forense en casos complejos (8).

Dado lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión exhaustiva de los criterios actuales para la aplicación de estudios radiológicos en cadáveres en estado de putrefacción. A través de un análisis crítico de la literatura existente, se pretende identificar las limitaciones de los métodos radiológicos actuales y proponer mejoras que optimicen su eficacia en situaciones forenses complejas (9). Además, se explorarán las posibilidades de utilizar técnicas no invasivas para la evaluación de cuerpos con altos grados de descomposición, abordando cómo estos métodos pueden contribuir a la resolución de casos en los que los métodos tradicionales resultan inadecuados.

En tanto, estudios recientes han subrayado la importancia de la autopsia virtual y la radiología forense en la identificación de causas de muerte en escenarios forenses complicados. En este contexto, la posibilidad de aplicar la tomografía computarizada en cadáveres putrefactos representa un avance crucial, ya que permite a los médicos forenses obtener imágenes detalladas del cuerpo sin la necesidad de intervenir físicamente en él. Este enfoque es sumamente beneficioso porque se evitan los riesgos asociados a la manipulación directa del cuerpo, como la anulación, el estropeo o la pérdida de evidencia clave. Por ejemplo, al realizar una autopsia tradicional, existe el riesgo de cortar accidentalmente un área del cuerpo que contiene información crucial, como una cicatriz significativa o un trauma oculto. Si el cuerpo es intervenido

quirúrgicamente sin el conocimiento previo de la presencia de dicha marca, esta podría desaparecer o dañarse, lo que impediría su análisis posterior y eliminaría su valor probatorio.

Además, el uso de la tomografía computarizada permite identificar con precisión detalles internos, como fracturas, hemorragias o cuerpos extraños, sin la necesidad de abrir el cuerpo. De esta manera, se conservan tanto la estructura interna como externa del cadáver en su estado original, lo que es esencial en casos donde se requiere una reconstrucción precisa de los eventos previos a la muerte. En situaciones en las que los restos están extremadamente frágiles debido a la descomposición o cuando hay restricciones legales que prohíben la realización de autopsias invasivas, esta tecnología se convierte en una herramienta indispensable para el diagnóstico forense, ya que no solo protege la integridad del cadáver, sino que también garantiza que ningún detalle se pierda debido a la intervención física (5).

Por otro lado, esta técnica también ha sido valiosa para la identificación de prótesis y otros dispositivos médicos en cuerpos descompuestos, lo que no solo contribuye a la identificación de las víctimas, sino que también facilita la reconstrucción de los eventos que llevaron a su muerte (1). Además, la radiología forense ha demostrado ser particularmente eficaz en la detección de lesiones traumáticas y la evaluación de patologías que podrían no ser visibles a simple vista, lo que subraya aún más su importancia en la medicina legal moderna.

En tanto, el uso de técnicas de imagenología, como la tomografía computarizada postmortem, está revolucionando el campo de la medicina forense, ofreciendo nuevas formas de abordar la investigación de cadáveres putrefactos. Este trabajo busca obtener resultados más precisos y efectivos en la evaluación de estos cuerpos, contribuyendo de manera significativa al avance de la ciencia forense.

PREGUNTA

¿Cómo contribuyen los criterios de aplicación de los estudios por imágenes en cadáveres putrefactos a mejorar la identificación forense?

OBJETIVOS

Objetivo General

- Describir la contribución de los estudios por imágenes en el análisis forense de cadáveres putrefactos, según investigaciones publicadas entre los años 2016 y 2024.

Objetivos Específicos:

- Identificar investigaciones publicadas entre 2016 y 2024 que aborden el uso de estudios por imágenes en cadáveres putrefactos.
- Describir los procedimientos y criterios utilizados en los estudios por imágenes en cadáveres putrefactos.
- Analizar los beneficios de los estudios por imágenes en la preservación de la evidencia forense y en la mejora de la identificación de cuerpos en estado de putrefacción.
- Proponer una lista de recomendaciones para la práctica forense sobre la aplicación de técnicas por imágenes con el fin de optimizar la precisión y utilidad de los estudios radiográficos en casos de cadáveres putrefactos.

Marco teórico

En el desarrollo del presente apartado se presentan los elementos teóricos que sirven de contexto para las variables de estudio, por lo que es pertinente investigar sobre los estudios por imágenes post mortem, así como los procedimientos y criterios para su ejecución en cadáveres putrefactos, así como los beneficios para la preservación de las evidencias forenses.

Estudios Radiológicos

Los estudios radiológicos son técnicas de diagnóstico por imágenes empleadas en diferentes tipos de radiación y que permiten visualizar estructuras internas del cuerpo humano (10). Son fundamentales en la medicina para la detección, diagnóstico y monitoreo de diversas enfermedades y condiciones, por lo que adquieren gran relevancia en la medicina moderna.

Los estudios radiológicos son herramientas esenciales en el diagnóstico médico, ya que permiten identificar enfermedades y anomalías de manera temprana (11). Gracias a estas técnicas, los profesionales de la salud pueden detectar afecciones en sus primeras etapas, lo que facilita el inicio de tratamientos oportunos y mejora el pronóstico de los pacientes.

Además del diagnóstico, los estudios radiológicos son fundamentales para el seguimiento de diversas patologías, ya que permiten evaluar la evolución de una enfermedad y determinar la efectividad de un tratamiento, lo que ayuda a los médicos a tomar decisiones informadas sobre la continuidad o modificación de la terapia (10). Otro aspecto clave es su utilidad en la planificación de procedimientos médicos y quirúrgicos, debido a que las imágenes obtenidas brindan información detallada sobre la estructura y función de los órganos, lo que facilita intervenciones más precisas y seguras, reduciendo riesgos y mejorando los resultados clínicos.

Del mismo modo, los estudios radiológicos contribuyen a la prevención de complicaciones de salud, al facilitar la detección de anomalías antes de que causen síntomas graves, es posible implementar estrategias de prevención o tratamiento

temprano, lo que impacta positivamente en la calidad de vida de los pacientes y optimiza el uso de los recursos médicos (11).

Estudios por imágenes en la medicina forense

La aplicación de los estudios por imágenes en la medicina forense es fundamental para la investigación de causas de muerte, identificación de cadáveres y análisis de lesiones (12). En este sentido, las técnicas empleadas permiten obtener información detallada sobre el cuerpo sin necesidad de realizar una disección inmediata, lo que resulta especialmente útil en casos de muertes violentas, accidentes, identificación de restos óseos y detección de elementos extraños dentro del organismo.

La importancia de los estudios por imágenes en la medicina forense radica en su capacidad para proporcionar pruebas objetivas y detalladas sin alterar la integridad del cuerpo, lo que resulta crucial en investigaciones judiciales, debido a que estas técnicas permiten documentar lesiones y evidencias de manera precisa, facilitando la reconstrucción de los hechos en casos de homicidios, accidentes o muertes sospechosas (13).

Además, los estudios por imágenes en la medicina forense es una herramienta fundamental en la identificación de cuerpos desconocidos, especialmente cuando la descomposición o el daño físico impiden el reconocimiento visual, que aunado a la autopsia tradicional proporciona imágenes médicas avanzadas y se mejora la precisión de los dictámenes forenses, optimizando la administración de justicia y garantizando resultados más confiables en la resolución de crímenes y accidentes (12).

Uno de los principales usos de los estudios por imágenes en medicina forense es la identificación de restos humanos a través de características dentales, prótesis o fracturas previas, ya que los huesos y materiales metálicos resisten la descomposición. Además, se emplea en la detección de proyectiles de armas de fuego, fracturas y lesiones óseas que pueden aportar evidencia sobre la causa de la muerte o un posible abuso físico antes del fallecimiento.

Principales estudios por imágenes

La radiografía convencional

La radiografía convencional es uno de los estudios radiológicos más utilizados debido a su rapidez, accesibilidad en lo que a costos se refiere y además se encuentra disponible en muchos de los centros médicos, el cual se basa en la emisión de rayos X que atraviesan el cuerpo y generan imágenes en diferentes tonalidades según la densidad de los tejidos (14).

En el ámbito clínico, la radiografía se emplea principalmente para evaluar fracturas óseas, ya que proporciona imágenes detalladas del esqueleto y permite identificar lesiones traumáticas, fisuras y desplazamientos óseos; del mismo modo es utilizada en la detección de infecciones pulmonares, como la neumonía y la tuberculosis, mediante la observación de opacidades o cambios en la estructura pulmonar. Además, es fundamental en la evaluación de enfermedades articulares, como la artritis y la artrosis, ya que evidencia la disminución del espacio articular, la formación de osteofitos y otros signos degenerativos (15).

No obstante, a pesar de las ventajas de su uso, la radiografía convencional tiene limitaciones, especialmente en la evaluación de tejidos blandos y órganos internos, donde otras técnicas como la tomografía computarizada o la resonancia magnética ofrecen mayor detalle (16). Es preciso destacar que, pese a las limitaciones señaladas, sigue siendo una herramienta clave en la medicina moderna, utilizada tanto en urgencias como en controles rutinarios, facilitando el diagnóstico rápido y preciso de diversas afecciones.

En el caso de cadáveres en estado de descomposición, la radiografía puede ser útil para identificar estructuras óseas, fracturas antiguas y la presencia de objetos metálicos dentro del cuerpo, pero su eficacia disminuye en la evaluación de tejidos blandos debido a su deterioro (13).

La tomografía computarizada (TC o TAC)

La TC o TAC se emplea múltiples imágenes de rayos X obtenidas desde diferentes ángulos, las cuales son procesadas por computadora para generar cortes transversales del cuerpo. Este procedimiento ofrece una mayor resolución en comparación con la radiografía convencional y es clave en la detección de lesiones internas, tumores y hemorragias (17). En criterio de García y García La tomografía computarizada (TC o TAC) es una técnica de diagnóstico por imágenes que utiliza rayos X para obtener cortes transversales del cuerpo, los cuales son procesados por una computadora para generar imágenes detalladas en dos y tres dimensiones (18).

En la investigación forense, la TC es particularmente útil en el estudio de traumatismos craneoencefálicos y lesiones internas y también, en casos de muertes violentas, permite detectar fracturas, hemorragias y desplazamientos de órganos sin alterar la integridad del cadáver, además, facilita la reconstrucción de heridas por armas de fuego o armas blancas, proporcionando detalles sobre el trayecto de los proyectiles o la profundidad de las heridas (13). Esta información es esencial para determinar si una muerte fue accidental, suicida o producto de un homicidio.

Otro aspecto clave de la tomografía computarizada en medicina forense es su aplicación en la identificación de cadáveres en estado avanzado de descomposición o calcinación, debido a que cuando los tejidos blandos han desaparecido o están demasiado deteriorados, la TC permite analizar estructuras óseas para buscar signos de fracturas previas, prótesis, implantes dentales o cualquier elemento identificativo. Además, en cuerpos calcinados, donde la manipulación física puede dañar aún más los restos, la TC posibilita un examen detallado sin necesidad de intervención directa, ayudando a la identificación y reconstrucción de los eventos que llevaron al fallecimiento (19).

En este mismo orden de ideas, la tomografía es una herramienta valiosa para la detección de sustancias extrañas en el cuerpo, como drogas ingeridas en casos de narcotráfico interno (mulas), cuerpos extraños ocultos o materiales explosivos, y también puede revelar la presencia de gas en los tejidos, lo que puede indicar una posible muerte por sumersión o una infección mortal previa al fallecimiento (20). En

algunos casos, la TC permite diferenciar entre lesiones producidas en vida y cambios post mortem, lo que ayuda a esclarecer si las heridas fueron infligidas antes o después del deceso.

Según el criterio de Goenaga y Azpiazu, en cadáveres en estado de putrefacción, la tomografía es altamente efectiva, ya que permite una reconstrucción tridimensional del cuerpo y facilita el estudio forense en casos de muerte violenta o causas desconocidas, permitiendo visualizar fracturas, balas o daños internos sin necesidad de disección inmediata (21).

La resonancia magnética (RM)

La RM utiliza campos magnéticos y ondas de radio para generar imágenes detalladas de tejidos blandos, como el cerebro, la médula espinal, músculos y órganos internos lo cual es especialmente útil en el diagnóstico de enfermedades neurológicas, musculoesqueléticas y cardiovasculares (22).

En criterio de Hernández, et al., la resonancia magnética (RM) es una técnica de diagnóstico por imágenes que emplea campos magnéticos y ondas de radio para generar imágenes detalladas de los tejidos blandos del cuerpo y que, a diferencia de la radiografía convencional y la tomografía computarizada, la RM no utiliza radiación ionizante, lo que la convierte en una opción segura para pacientes que requieren estudios frecuentes (23). Su capacidad para diferenciar con gran precisión los tejidos permite la detección temprana y el seguimiento de diversas enfermedades, convirtiéndola en una herramienta fundamental en la medicina moderna.

Uno de los principales usos de la resonancia magnética es en el diagnóstico de enfermedades neurológicas, ya que proporciona imágenes detalladas del cerebro y la médula espinal, por lo que es empleada en la detección de tumores cerebrales, enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson, y en la evaluación de accidentes cerebrovasculares (ACV), ya que permite identificar áreas con daño tisular o reducción del flujo sanguíneo. También es crucial en la visualización de lesiones de la médula espinal, ayudando en el diagnóstico de enfermedades como la esclerosis múltiple.

En el ámbito musculoesquelético, la RM es utilizada para evaluar lesiones en articulaciones, músculos y ligamentos, siendo especialmente útil en traumatología y medicina deportiva, de esta manera permite detectar desgarros, inflamaciones, fracturas por estrés y patologías como la artritis o la osteoporosis (24). Su capacidad para mostrar detalles de los tejidos blandos sin la necesidad de contraste hace que sea una de las pruebas más eficaces en el diagnóstico de trastornos articulares y enfermedades óseas.

En el contexto forense, en cadáveres en estado avanzado de descomposición, la resonancia magnética pierde efectividad, ya que los procesos de putrefacción alteran la composición química de los tejidos, afectando la calidad de las imágenes, sin embargo, en casos recientes de fallecimiento, puede aportar información valiosa en investigaciones forenses (21).

La resonancia magnética (RM), aunque menos utilizada en medicina forense, puede ser de gran valor en estudios post mortem recientes, ya que permite la evaluación detallada de tejidos blandos y órganos internos, ayudando a detectar lesiones cerebrales o musculares que no serían visibles en una autopsia convencional, proporcionando evidencia en casos de asfixia, estrangulamiento o intoxicaciones. Sin embargo, su utilidad disminuye en cuerpos en avanzado estado de descomposición, donde los cambios químicos afectan la calidad de las imágenes (21).

Importancia de los estudios radiológicos

Los estudios radiológicos desempeñan un papel fundamental en la medicina, ya que permiten la detección temprana y precisa de enfermedades y anomalías en el organismo, esto gracias a técnicas como la radiografía, la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y la ecografía, los médicos pueden obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo sin necesidad de procedimientos invasivos. De esta manera se facilita el diagnóstico de diversas patologías, desde fracturas óseas hasta enfermedades más complejas como tumores, infecciones o trastornos cardiovasculares (25). La capacidad de visualizar estructuras internas con alta precisión permite identificar afecciones en sus etapas iniciales, lo que aumenta significativamente las posibilidades de un tratamiento exitoso.

Además del diagnóstico, los estudios radiológicos son herramientas clave en el seguimiento de la evolución de enfermedades y en la evaluación de la efectividad de los tratamientos, especialmente en pacientes con enfermedades crónicas, como el cáncer, la artritis o afecciones pulmonares, las imágenes médicas permiten monitorear la progresión de la enfermedad y ajustar las estrategias terapéuticas según los cambios observados (26). Por ejemplo, en oncología, la tomografía computarizada se utiliza para evaluar la reducción o crecimiento de tumores después de la aplicación de quimioterapia o radioterapia. De esta manera, los médicos pueden tomar decisiones informadas sobre la continuidad o modificación del tratamiento para mejorar el pronóstico del paciente.

En el ámbito quirúrgico, las imágenes radiológicas resultan indispensables para la planificación de cirugías y procedimientos médicos, ya que brindan información detallada sobre la ubicación, tamaño y características de órganos o estructuras afectadas (27). Un ejemplo claro es el de la especialidad de traumatología, en cuyo caso, las radiografías y tomografías ayudan a determinar la posición exacta de fracturas y evaluar el tipo de intervención más adecuada.

Asimismo, en cirugías cardiovasculares, la angiografía permite visualizar el estado de los vasos sanguíneos y planificar la colocación de *stents* o la realización de bypass coronarios con mayor precisión (27). Estas técnicas también se utilizan en intervenciones mínimamente invasivas, como la biopsia guiada por imágenes, donde se puede acceder a tejidos específicos con alta precisión sin afectar estructuras adyacentes.

Del mismo modo, autores como Oliva et al., indican que los estudios radiológicos son fundamentales en la prevención de complicaciones mediante la detección precoz de anomalías, lo que permite actuar antes de que los síntomas se agraven (28). La mamografía, por ejemplo, es una herramienta esencial en la detección temprana del cáncer de mama, mientras que la densitometría ósea permite diagnosticar osteoporosis antes de que ocurran fracturas.

Asimismo, la ecografía prenatal permite identificar posibles anomalías en el desarrollo del feto, lo que posibilita una intervención médica oportuna en caso de ser

necesario. En este sentido, la radiología no solo es crucial para el tratamiento de enfermedades, sino también para la prevención y promoción de la salud en la población en general.

Impacto de las técnicas radiológicas en la preservación de evidencias forenses

Las técnicas radiológicas han tenido un impacto significativo en la preservación de evidencias forenses, al proporcionar una forma no invasiva de examinar el cuerpo sin alterar su integridad, esencialmente en investigaciones de muertes violentas o sospechosas, las radiografías, la tomografía computarizada y la resonancia magnética permiten documentar lesiones, fracturas y la presencia de proyectiles o cuerpos extraños sin la necesidad de una autopsia inmediata (29). Esto es crucial, ya que preserva las pruebas originales, lo que facilita una evaluación más exhaustiva y evita la destrucción accidental de evidencia durante la manipulación del cadáver.

Una de las mayores ventajas de los estudios radiológicos en la medicina forense es su capacidad para documentar de manera precisa y detallada las estructuras óseas y los tejidos blandos, de esta manera, las radiografías y la tomografía computarizada, por ejemplo, pueden identificar fracturas, lesiones internas o la presencia de proyectiles, elementos metálicos o restos de armas, que podrían perderse o alterarse durante una autopsia invasiva (20). Estas imágenes permiten crear un registro visual claro de las evidencias, lo cual es vital para el análisis forense posterior, así como para el uso en procedimientos judiciales.

Además, los estudios radiológicos son esenciales cuando se trata de cadáveres en estado avanzado de descomposición o calcinación, donde la integridad física del cuerpo está comprometida, en cuyos casos, la radiografía y la tomografía computarizada permiten identificar características únicas, como prótesis dentales, fracturas previas o implantes, que pueden ser utilizados para la identificación de la víctima. En cadáveres calcinados, la TC puede revelar la estructura ósea sin necesidad de manipular físicamente el cuerpo, lo cual es crucial para evitar la alteración de las pruebas en escenas de muertes violentas o en condiciones extremas (13).

En este mismo orden de ideas, el impacto de las técnicas radiológicas en la preservación de evidencias forenses también se extiende al análisis de lesiones post mortem y cambios post mortem, ya que las técnicas de imágenes permiten diferenciar entre las lesiones que fueron causadas antes de la muerte y las que ocurrieron después del fallecimiento (30). Esto ayuda a esclarecer la causa exacta de la muerte, lo cual es esencial para establecer si fue un suicidio, accidente, homicidio o muerte natural. Las imágenes obtenidas se pueden almacenar y revisar en el futuro si es necesario, ofreciendo una ventaja significativa en la revaluación de casos antiguos o en la recolección de pruebas adicionales en investigaciones en curso.

Estados de putrefacción en cadáveres

La putrefacción es el proceso de descomposición que ocurre después de la muerte, como resultado de la acción de bacterias, hongos y otros microorganismos que descomponen los tejidos orgánicos del cuerpo, por lo que este proceso es parte natural del ciclo de vida y ocurre en todas las especies, pero en los humanos es especialmente relevante en la medicina forense para determinar el tiempo de muerte, investigar las causas de la muerte y preservar o analizar evidencias (21). La putrefacción es un fenómeno complejo que involucra varias etapas que afectan de manera diferente a los órganos y tejidos del cuerpo.

Etapas de la putrefacción

Autólisis

Es el primer proceso que ocurre tras la muerte, y es el descomposición de los tejidos del cuerpo causado por las enzimas propias del cuerpo humano, las cuales comienzan a descomponer las células y los tejidos, lo que da lugar a la desintegración celular. La autólisis afecta principalmente a las células del sistema digestivo y del hígado, que son ricas en enzimas digestivas, y se extiende a otros tejidos como los músculos y el corazón, por lo que, en esta fase, el cuerpo no muestra signos externos evidentes de descomposición, pero internamente, los órganos comienzan a degradarse (31).

Según la opinión de González et al., durante la autólisis, además de la degradación interna de los órganos, comienzan a producirse cambios químicos en el cuerpo, como la acumulación de ácido láctico debido a la falta de oxígeno en los tejidos, lo que provoca una disminución del pH celular, acelerando la ruptura de las membranas celulares y facilita la liberación de enzimas que continúan degradando los tejidos. En el cerebro, que es especialmente rico en agua y lípidos, este proceso ocurre de manera acelerada, lo que puede hacer que se licue más rápidamente que otros órganos (32). En consecuencia, aunque no haya signos visibles externos de descomposición, ya han comenzado reacciones bioquímicas clave que marcarán el inicio del proceso de putrefacción.

Putrefacción temprana

En esta fase, las bacterias presentes en el intestino y otros órganos comienzan a descomponer los tejidos, liberando gases como el metano, sulfuro de hidrógeno y amoníaco. Estos gases causan la hinchazón del cuerpo, especialmente en el abdomen, que se infla debido a la acumulación de gases. Los primeros signos visibles de putrefacción son la aparición de manchas de color verde o marrón en la piel, generalmente en el abdomen, debido a la liberación de productos de desecho de las bacterias que invaden los órganos (33). Durante esta fase, el cuerpo también comienza a emitir olores característicos debido a la descomposición de los tejidos y los compuestos liberados por las bacterias.

Durante la putrefacción temprana, además de la producción de gases y la hinchazón del cuerpo, comienza la desintegración progresiva de los vasos sanguíneos, lo que da lugar a un fenómeno conocido como vascularización en malla de mármol, cuyo patrón es visible en la piel y se debe a la acumulación de sangre descompuesta en las venas superficiales, adoptando un tono verdoso o negruzco. Asimismo, en esta fase, la piel pierde elasticidad y firmeza debido a la ruptura de las estructuras celulares, lo que provoca la formación de ampollas llenas de líquido seroso (34).

En algunos casos, la epidermis comienza a despegarse en láminas, un fenómeno conocido como desprendimiento epidérmico o despegamiento cutáneo, que es más evidente en áreas húmedas o en cuerpos sumergidos en agua. La acumulación de gases dentro de las cavidades del cuerpo también puede provocar la expulsión de líquidos por los orificios naturales, como boca y nariz, lo que a menudo se confunde con signos de hemorragias ante mortem (35). Estos cambios iniciales en la putrefacción son esenciales en la estimación del intervalo post mortem, ya que su progresión puede variar según factores ambientales como la temperatura, humedad y exposición a insectos o animales carroñeros.

Putrefacción avanzada

En esta etapa, la descomposición continúa de manera más agresiva, ya que los tejidos blandos, como la piel, los músculos y los órganos internos, se desintegran más rápidamente, liberando líquidos que se acumulan en el entorno del cadáver, y los huesos empiezan a ser visibles, ya que los tejidos que los rodean se descomponen. La piel se despega y la carne se desintegra en una sustancia viscosa (21). En esta fase, las partes del cuerpo son significativamente alteradas por el proceso bacteriano y en algunos casos por la acción de insectos como las moscas, que contribuyen a la descomposición al depositar sus larvas en las cavidades del cadáver.

En la putrefacción avanzada, además de la degradación acelerada de los tejidos blandos, se observa una intensa actividad microbiana que genera grandes cantidades de gases de descomposición, como metano, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, los cuales contribuyen a la hinchazón extrema del cuerpo, causando la ruptura de la piel y la salida de líquidos cadavéricos, los cuales pueden generar una mancha negra o marrón alrededor del cadáver, conocida como mancha de putrefacción (36).

En este punto, el hedor del cuerpo es sumamente fuerte y característico debido a la liberación de compuestos volátiles, como la cadaverina y la putrescina, los órganos internos colapsan casi por completo y se han convertido en una masa licuada. La actividad de los insectos necrófagos, como larvas de moscas y escarabajos carroñeros, es intensa en esta fase, ya que estos organismos aceleran la degradación de los tejidos al alimentarse del cadáver (37). En cadáveres expuestos a ambientes abiertos, la fauna cadavérica puede alterar significativamente la estructura del cuerpo, favoreciendo la disagregación de los restos óseos y su dispersión en el entorno.

Descomposición ósea y esquelética

Esta última fase es la más avanzada de la putrefacción, donde la mayoría de los tejidos blandos del cuerpo han desaparecido, y lo que queda es principalmente el esqueleto. Los huesos se exponen gradualmente a los elementos del entorno, como la humedad, el calor y el aire, lo que acelera su descomposición (38).

El proceso de desintegración de los huesos no es tan rápido como la descomposición de los tejidos blandos, pero con el tiempo, los huesos pueden volverse quebradizos y finalmente desintegrarse o descomponerse por completo. En este punto, la descomposición del cuerpo ya ha avanzado considerablemente, y los vestigios que quedan pueden ser útiles en la identificación forense, si no han sido completamente destruidos por los elementos o animales.

Factores que influyen en la putrefacción

La putrefacción es un proceso complejo que tiene diferentes fases, las cuales dependen de numerosos factores internos y externos, lo cual ayuda a los forenses a utilizar las características que presenta el cuerpo como una herramienta para determinar el tiempo transcurrido desde que ocurrió la muerte y poder identificar las posibles causas del fallecimiento, y en los casos más extremos, recuperar evidencia que de otra manera se había perdido, empleando técnicas modernas, entre las cuales Falcón (39) refiere las siguientes:

Temperatura

La temperatura ambiental es uno de los factores más determinantes en la velocidad de la putrefacción, ya que influye directamente en la actividad enzimática y en el crecimiento de microorganismos que descomponen el cuerpo, especialmente en ambientes cálidos y húmedos, el proceso de putrefacción se acelera considerablemente debido a que las bacterias prosperan en condiciones óptimas de calor (39).

En climas tropicales, los signos visibles de descomposición pueden aparecer en menos de 24 horas, mientras que, en regiones frías, el proceso se ralentiza considerablemente, llegando incluso a detenerse en temperaturas bajo cero, por lo que, en casos de congelación extrema, el cuerpo puede preservarse por años sin signos significativos de descomposición, lo que ha permitido la recuperación de cuerpos en glaciares o zonas de alta montaña en un estado sorprendentemente bien conservado. Por otro lado, en temperaturas muy elevadas, la deshidratación rápida

de los tejidos puede dar lugar a la momificación, un fenómeno en el que el cadáver se seca en lugar de descomponerse de manera tradicional (21).

El impacto de la temperatura también se manifiesta en el desarrollo de la fauna cadavérica. Las larvas de insectos, como las de la mosca necrófaga, requieren temperaturas cálidas para su crecimiento y desarrollo, por lo que, en los climas fríos, su actividad se reduce y la putrefacción puede tardar más en avanzar, mientras que, en condiciones calurosas, las larvas aceleran el consumo de los tejidos, acelerando la descomposición del cuerpo.

Además, en temperaturas extremadamente altas, la evaporación de líquidos corporales puede dificultar la proliferación bacteriana y la actividad de insectos, alterando el curso normal de la putrefacción. Por esta razón, los estudios forenses deben considerar la temperatura ambiental y la exposición del cadáver a fuentes de calor o frío para estimar con mayor precisión el tiempo transcurrido desde la muerte.

Humedad

La humedad es otro factor clave que influye en el proceso de putrefacción, ya que afecta la proliferación de bacterias y la descomposición de los tejidos. En ambientes húmedos, la retención de agua en el cuerpo favorece la actividad bacteriana y acelera la descomposición. Los cadáveres que permanecen en entornos con alta humedad suelen desarrollar una mayor cantidad de tejido negruzco y líquido cadavérico en comparación con aquellos expuestos a climas secos. Asimismo, en condiciones de alta humedad, el cuerpo tiende a hincharse más debido a la retención de líquidos y la acumulación de gases de putrefacción, lo que puede provocar la ruptura de la piel y la expulsión de fluidos por los orificios naturales (40).

Por otro lado, en ambientes con baja humedad, el cuerpo experimenta un proceso de deshidratación que puede conducir a la momificación, especialmente en regiones desérticas o secas. En estos casos, la piel se seca y se adhiere a los huesos, los músculos se contraen y el proceso de descomposición bacteriana se reduce significativamente debido a la falta de agua, un elemento esencial para la actividad microbiana (39).

En cuerpos sumergidos en agua, la putrefacción sigue un curso diferente, ya que la piel se reblandece y se desprende fácilmente en láminas, un fenómeno conocido como "piel de guante". Dependiendo de la temperatura y composición del agua, los cadáveres pueden presentar un proceso de flotación debido a la acumulación de gases, lo que afecta la distribución de la fauna cadavérica y la degradación de los tejidos.

Acceso de insectos

Los insectos necrófagos, en especial las moscas de la familia Calliphoridae y Sarcophagidae, juegan un papel crucial en la descomposición de los cadáveres a partir de las primeras horas de haberse producido la muerte, estos insectos son atraídos por los olores que emiten los compuestos orgánicos volátiles producidos en la descomposición. Por ejemplo, las moscas depositan sus huevos en las aberturas naturales del cuerpo, como la boca, nariz, ojos y heridas abiertas, ya que estas zonas son más accesibles y húmedas, lo que proporciona un entorno óptimo para el desarrollo de las larvas (41).

En cuestión de horas o días, dependiendo de la temperatura y humedad, las larvas emergen y comienzan a alimentarse activamente de los tejidos blandos, acelerando la degradación del cuerpo, siendo este un proceso tan característico y predecible que se utiliza en la entomología forense, una disciplina que estudia el ciclo de vida de los insectos para determinar el intervalo post mortem (IPM) con gran precisión.

Además de las moscas, otros insectos como los escarabajos derméstidos y silfidos se alimentan de los restos en etapas más avanzadas de descomposición, cuando los tejidos blandos han desaparecido casi por completo, siendo más propenso en climas cálidos y húmedos, la actividad de los insectos es intensa y puede reducir significativamente el tiempo en el que un cuerpo pasa de la putrefacción temprana a la fase esquelética. Por el contrario, en ambientes fríos o con condiciones que impiden el acceso de los insectos (como cuerpos enterrados a gran profundidad o protegidos en estructuras selladas), la putrefacción avanza a un ritmo mucho más lento (41). También es importante considerar la presencia de depredadores y carroñeros, como

ratas o aves, que pueden alterar el estado del cadáver y dispersar sus restos, lo que complica aún más la reconstrucción del proceso de descomposición en la investigación forense.

Causas de la muerte

El mecanismo de muerte influye directamente en el curso de la putrefacción, ya que ciertas condiciones fisiológicas pueden acelerar o retrasar la descomposición (39). Por ejemplo, en muertes por asfixia, ahogamiento o intoxicación con ciertos compuestos químicos, los fluidos acumulados en los pulmones y otros órganos pueden generar un entorno ideal para el desarrollo de bacterias anaerobias, acelerando la putrefacción.

Las muertes violentas, como heridas por arma de fuego, apuñalamientos o traumatismos severos, también alteran la dinámica de la putrefacción, del mismo modo que las heridas abiertas facilitan la entrada de microorganismos y aceleran la descomposición de los tejidos cercanos. Además, las fracturas expuestas y lesiones con pérdida de sangre pueden afectar el proceso, ya que la sangre derramada fuera del cuerpo se descompone de manera diferente a los tejidos internos (42).

En casos de intoxicación por ciertos venenos o drogas, algunas sustancias pueden retrasar la putrefacción al inhibir el crecimiento bacteriano. Por ejemplo, el envenenamiento con arsénico o ciertos conservantes químicos puede actuar como un agente de preservación, retardando la descomposición y permitiendo que el cadáver permanezca en mejor estado por más tiempo. Estos factores deben ser cuidadosamente analizados en el ámbito forense para interpretar correctamente el estado del cuerpo y su relación con las circunstancias de la muerte.

Identificación de cadáveres en estado de putrefacción

La identificación de cadáveres en estado de descomposición es un desafío en medicina forense, ya que los tejidos blandos se deterioran rápidamente, dificultando el reconocimiento visual y el análisis de características superficiales (43). En estos casos, las imágenes radiológicas juegan un papel fundamental, permitiendo la evaluación de estructuras óseas, prótesis, lesiones internas y patologías preexistentes que pueden contribuir a la identificación del individuo y a la determinación de la causa de muerte.

Uno de los principales elementos analizados en cadáveres en descomposición son las fracturas óseas, en cuyos casos son de gran ayuda las imágenes radiológicas, como las radiografías convencionales y la tomografía computarizada (TC), que permiten detectar fracturas antiguas con signos de consolidación, así como fracturas recientes que pueden estar asociadas a traumatismos previos o incluso a eventos perimortem (13) (44). La diferenciación entre fracturas *antemortem*, *perimortem* y *postmortem* es crucial, ya que puede aportar información sobre la violencia ejercida sobre la víctima y ayudar en la reconstrucción de los hechos.

Las prótesis y dispositivos médicos también representan un elemento clave en la identificación de cadáveres en descomposición. Implantes ortopédicos, marcapasos, placas metálicas y otros dispositivos tienen números de serie o características específicas que pueden ser rastreadas hasta el paciente original (44). Además, estos elementos son resistentes a la degradación y pueden permanecer intactos incluso en condiciones ambientales adversas, lo que los convierte en una herramienta invaluable en la identificación forense.

Las lesiones internas, que podrían pasar desapercibidas en la inspección externa de un cadáver en descomposición, pueden ser evidenciadas a través de estudios radiológicos, permitiendo detectar hemorragias internas, perforaciones de órganos o fracturas en áreas difíciles de observar a simple vista pueden ser detectadas mediante TC post mortem (45). Esto es especialmente útil en casos de muertes violentas, donde el estudio radiológico complementa la autopsia convencional.

Las patologías ocultas también pueden ser identificadas mediante estudios radiológicos, enfermedades tales como osteoporosis, cáncer óseo, arteriosclerosis o malformaciones congénitas pueden dejar marcas en los huesos que facilitan la identificación del individuo (45). En algunos casos, estos hallazgos pueden correlacionarse con antecedentes médicos previos y aportar información relevante para determinar la historia clínica de la persona fallecida.

El uso de la radiología forense en cadáveres en descomposición no solo facilita la identificación, sino que también puede ayudar en la estimación de la data de muerte, debido a que se producen cambios en la densidad ósea, la presencia de gas en tejidos internos o el grado de desintegración de órganos pueden aportar información sobre el tiempo transcurrido desde el fallecimiento, lo que es esencial en investigaciones criminales y casos de muertes no naturales (46).

Además, las técnicas avanzadas de imagen, como la reconstrucción tridimensional de TC, permiten analizar el cráneo y la estructura ósea de manera detallada (47). Esto es especialmente útil en casos donde ya no es posible el reconocimiento del rostro por métodos tradicionales, ya que se pueden realizar reconstrucciones faciales forenses que ayuden en la identificación del individuo.

En algunos casos, la identificación dental mediante radiografías se convierte en una de las herramientas más efectivas, permitiendo la comparación de registros dentales previos con radiografías post mortem permite confirmar la identidad del individuo con gran precisión (48). Esto es particularmente relevante en víctimas de accidentes, incendios o desastres naturales, donde otras estructuras corporales pueden estar comprometidas.

El análisis radiológico también es útil para detectar signos de enfermedades degenerativas, que pueden aportar datos sobre el estilo de vida y las condiciones médicas de la persona. La presencia de artrosis, calcificaciones vasculares o alteraciones óseas de origen metabólico pueden correlacionarse con antecedentes médicos y contribuir a la identificación.

DISEÑO METODOLOGICO

Diseño y enfoque

El presente estudio sigue un diseño de revisión sistemática documental, con un enfoque cuantitativo. La revisión sistemática es un método riguroso que permite analizar y sintetizar información existente sobre la aplicación de estudios radiológicos en cadáveres putrefactos. Este diseño se basa en lo establecido por Sampieri, quien resalta que este tipo de revisión permite identificar patrones, comparar resultados y extraer conclusiones basadas en datos recopilados previamente (49).

Tipo y Alcance de la Investigación

Este trabajo se enmarca dentro de una investigación de tipo descriptivo, cuyo alcance es también descriptivo. El objetivo es detallar los criterios de aplicación de estudios radiológicos en cadáveres putrefactos, enfatizando las técnicas utilizadas y su contribución a la preservación de la evidencia y a la identificación forense. Según lo señalado por Sampieri, la investigación descriptiva se caracteriza por observar y documentar fenómenos tal como ocurren, sin intervenir o modificar las variables estudiadas (49). De esta manera, el presente trabajo busca proporcionar una descripción exhaustiva de los procedimientos y técnicas radiológicas aplicadas en cadáveres en estado de descomposición, con el fin de mejorar su uso en contextos forenses.

Transversalidad

Este estudio tiene un carácter transversal, ya que se realiza en un único momento temporal y no implica el seguimiento de los estudios a lo largo del tiempo. Se basa en el análisis de investigaciones publicadas entre 2016 y 2024. La transversalidad del estudio permite obtener una visión global de los avances en la radiología forense durante ese período, lo cual es consistente con lo propuesto por Sampieri para estudios que no requieren la observación de cambios a lo largo del tiempo (49).

Instrumentos

El instrumento principal en este estudio es la búsqueda sistemática de información en bases de datos reconocidas, como PubMed, CINAHL, Scopus,

SciELO, Google Scholar y repositorios institucionales. La búsqueda se realiza utilizando términos clave como “radiología forense”, “tomografía computarizada postmortem” y “cadáveres putrefactos”, combinados con operadores booleanos para optimizar los resultados. Este procedimiento sigue las pautas recomendadas por Sampieri, quien subraya la importancia de una búsqueda exhaustiva y sistemática para garantizar la inclusión de estudios relevantes (49).

Criterios de inclusión:

- ✓ Investigaciones publicadas entre 2016 y 2024.
- ✓ Estudios que aborden el uso de técnicas radiológicas (tomografía computarizada, resonancia magnética, rayos X) en cadáveres y cadáveres putrefactos.
- ✓ Artículos científicos y tesis disponibles en acceso completo.
- ✓ Estudios que analicen el impacto de las técnicas radiológicas en la preservación de la evidencia y la identificación forense.
- ✓ Investigaciones revisadas por pares y publicadas en bases de datos reconocidas, como PubMed, CINAHL, Scopus, SciELO y Google Scholar.

Criterios de exclusión:

- ✓ Investigaciones publicadas antes de 2016.
- ✓ Estudios que no aborden cadáveres en estado de putrefacción o que se enfoquen en técnicas no radiológicas.
- ✓ Documentos que no estén disponibles en acceso completo para su revisión.
- ✓ Investigaciones que no incluyan una aplicación forense de las técnicas radiológicas.

Proceso de análisis

El análisis de los estudios recolectados en esta revisión sistemática se determina a través de un proceso detallado de extracción de datos clave, que consiste en identificar, organizar y sintetizar la información más relevante de cada uno de los estudios seleccionados. Este proceso incluye la clasificación de los estudios según varios criterios importantes que son fundamentales para cumplir con los objetivos del presente trabajo.

Primero, se extraen datos relacionados con el tipo de técnica radiológica utilizada en los estudios, tales como tomografía computarizada postmortem (PMCT), resonancia magnética (RM), y radiografías simples (rayos X). Estas técnicas se categorizan según su grado de efectividad en la evaluación de cadáveres en diferentes fases de putrefacción. La finalidad es analizar cómo cada técnica contribuye a la identificación de lesiones, fracturas, cuerpos extraños, o patologías ocultas, y cuál es la más apropiada en contextos forenses específicos.

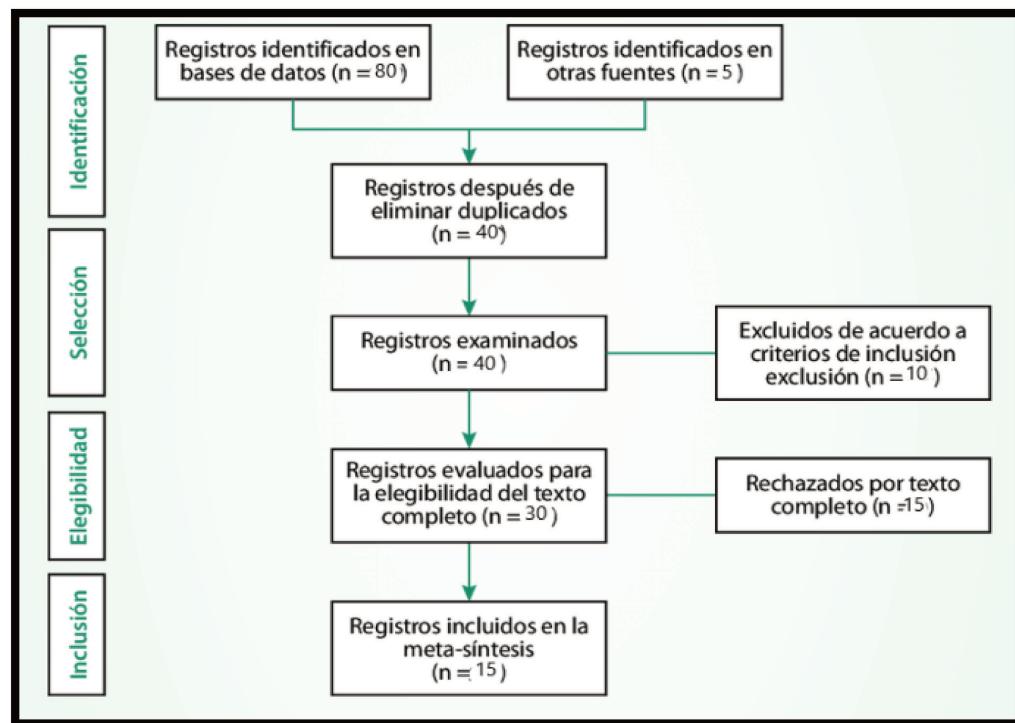
Luego, se recopila información sobre el estado de descomposición del cuerpo en cada estudio, ya que el nivel de putrefacción es un factor que afecta considerablemente la calidad de las imágenes radiológicas. El estado de descomposición se clasifica en diferentes grados (inicial, avanzado, etc.) y se compara con la efectividad de las técnicas radiológicas empleadas en cada caso. Este análisis permite determinar en qué fase de descomposición las técnicas radiológicas resultan más útiles para obtener imágenes claras y precisas, y en qué situaciones se presentan mayores desafíos debido a la degradación anatómica.

Además, se evalúan los resultados obtenidos en términos de preservación de la evidencia y diagnóstico forense, es decir, cómo las técnicas radiológicas contribuyen a mantener la integridad del cuerpo durante el análisis y cómo permiten obtener información que puede ser fundamental para el diagnóstico de la causa de muerte. Este análisis incluye una comparación entre los estudios que aplican técnicas radiológicas y aquellos que no las utilizan, resaltando las ventajas que ofrece la radiología forense en la identificación de cuerpos, especialmente en situaciones donde la autopsia tradicional no es viable o está legalmente restringida.

El proceso de análisis también abarca la sistematización de los hallazgos, es decir, la organización de los resultados de los estudios revisados en categorías que faciliten la identificación de patrones comunes o tendencias en la literatura revisada. Se identifican las técnicas radiológicas que han demostrado ser más efectivas y las limitaciones que aún persisten en su aplicación, permitiendo proponer mejoras futuras para el campo de la radiología forense.

Figura 1

Diagrama de Flujo Prisma



Nota. Elaboración propia

Operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
ESTUDIO RADIOLÓGICO	Independiente	Procedimiento no invasivo que utiliza técnicas de imagenología para analizar cadáveres putrefactos	Técnicas radiológicas aplicadas a cadáveres putrefactos en estudios forenses	Tomografía computarizada, Rayos X, RM
IDENTIFICACIÓN FORENSE	Dependiente	Proceso mediante el cual se determina la identidad de un cadáver a través de técnicas radiológicas	Resultados obtenidos en la identificación de víctimas y causas de muerte	Identificación de fracturas, prótesis, lesiones internas, patologías ocultas
ESTADO DE PUTREFACCIÓN	Controlada/ Moderadora	Fase de descomposición del cuerpo que afecta la precisión de los estudios radiológicos	Evaluación del estado del cadáver antes de realizar las técnicas radiológicas	Nivel de descomposición, integridad de las estructuras anatómicas

Análisis de datos

Para iniciar el apartado de análisis de datos, Pérez (50) realiza una revisión profunda del papel actual de la radiología forense como herramienta esencial en el ejercicio de la medicina legal. Esta disciplina se ha consolidado como un apoyo ineludible para el trabajo del médico legista, particularmente en contextos en los que se requiere emitir dictámenes objetivos, visuales y técnicamente documentados. El valor objetivo y atemporal de las imágenes radiológicas como pruebas periciales resulta clave en este marco. El avance sostenido de la imagenología médica, como la tomografía computada (TC), la resonancia magnética (RMN), la radiografía convencional (Rx) y la ecografía (Eco) se convierten en herramientas fundamentales para el análisis postmortem.

En casos de cadáveres putrefactos, donde los tejidos blandos presentan alteraciones significativas que dificultan la interpretación visual directa, el uso de herramientas como la tomografía computada tridimensional de cortes múltiples (3D-MSCT) ofrece una reconstrucción precisa del cuerpo, permitiendo observar trayectorias de proyectiles, fracturas óseas y la distribución de lesiones internas sin necesidad de incisión. Esta técnica cobra especial relevancia en cadáveres en descomposición, ya que preserva la integridad de lo que aún puede analizarse con fiabilidad (50).

Como primer ejemplo de una de las principales técnicas, se destaca que tomografía computarizada post mortem (TCPM), que combinada con técnicas avanzadas de reconstrucción tridimensional (3D), representa una herramienta tecnológica de gran relevancia en la investigación forense. Estas técnicas permiten una evaluación detallada y precisa de las causas de muerte, facilitando la diferenciación entre lesiones causadas por traumas y alteraciones que ocurren después del fallecimiento, conocidas como cambios post mortem (51).

En línea con los criterios de aplicación del estudio radiológico en cadáveres putrefactos, se permite identificar varios principios clave:

1. No invasividad: Las técnicas de imagen son idóneas cuando se requiere mantener la integridad del cadáver o cuando la autopsia clásica no es factible.

2. Precisión anatómica tridimensional: Especialmente útil en contextos de putrefacción, donde la desestructuración de tejidos dificulta la observación directa.

3. Capacidad de documentación y archivado: Las imágenes permiten ser almacenadas y utilizadas como pruebas objetivas, repetibles y comprensibles por otros peritos o el tribunal.

4. Aplicación judicial y didáctica: Las reconstrucciones permiten exponer con claridad los hallazgos ante autoridades judiciales, favoreciendo la comprensión de los hechos por parte de quienes no poseen formación médica.

5. Evaluación contextual de lesiones: La imagenología no se limita a la lesión en sí, sino que considera el contexto global del evento, el movimiento de los implicados y la coherencia con los testimonios (50)

Reforzando lo antes planteado, Avella (52) destaca la relevancia de la radiología forense como una disciplina fundamental en la medicina legal, enfocándose en la identificación de cadáveres mediante técnicas no invasivas.

Se resalta que dichas técnicas permiten realizar necropsias no invasivas, lo cual es especialmente relevante en casos donde se desea preservar la integridad del cuerpo o cuando se presentan limitaciones éticas, culturales o técnicas para la autopsia convencional. En este sentido, el uso de rayos X y otras tecnologías permite documentar de manera objetiva y detallada características anatómicas o patológicas que facilitan la identificación de los restos humanos y la determinación de la causa de muerte.

Un punto clave que resalta Avella es la importancia de respetar los protocolos de seguridad y ética profesional, incluyendo el uso de los elementos de protección personal para el profesional que realiza los estudios radiológicos, así como la actitud de honestidad y humanización en el trato hacia los fallecidos y sus familias. Este enfoque enfatiza que la radiología forense no solo es una cuestión técnica, sino

también un proceso humano que debe garantizar el respeto hacia la dignidad de la persona y la rigurosidad en la cadena de custodia para la validez de las pruebas (52).

A su vez, Lohrmann (53) aborda la importancia y los aportes de los estudios imagenológicos en el diagnóstico post mortem, haciendo énfasis especial en la virtopsia, una técnica relativamente novedosa que permite realizar una autopsia virtual mediante imágenes médicas avanzadas. La radiología convencional, la tomografía computarizada y la resonancia magnética ofrecen un medio para realizar diagnósticos post mortem que preservan la integridad física del cadáver, reduciendo el contacto directo y la manipulación invasiva. La virtopsia permite simular una autopsia mediante imágenes interactivas, con cortes en planos axiales, sagitales y coronales, además de reconstrucciones tridimensionales que pueden revelar detalles determinantes para identificar la causa de la muerte, incluyendo la distinción entre suicidio o asesinato. Al evitar la apertura del cuerpo, se minimizan las probabilidades de contacto con fluidos o secreciones potencialmente infecciosas (53). Lohrmann amplía el concepto planteado por Avella sobre la utilidad de los métodos imagenológicos, destacando la virtopsia como una evolución que permite realizar un examen completo y detallado sin comprometer la integridad del cuerpo. Por lo tanto, representa un avance tecnológico que ofrece además un alto grado de interacción y manipulación digital de las imágenes, permitiendo una exploración profunda y múltiples perspectivas que serían difíciles de lograr en autopsias tradicionales.

Gimenez Reschke (54) expone cómo los avances tecnológicos recientes han revolucionado la medicina y odontología forense, incorporando métodos avanzados de obtención de imágenes para el estudio de cadáveres y piezas óseas. Aquí, se menciona que los escáneres 3D de superficie, Tomografía Axial Computada (TAC) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN), además del análisis fotográfico, son herramientas clave en la documentación forense, permitiendo evaluar lesiones y características de cuerpos en distintos estados de conservación (carbonizados, putrefactos, esqueletizados). Estas técnicas son valiosas en la evaluación de fracturas (especialmente en casos de maltrato infantil), análisis balístico interno, identificación de cuerpos en condiciones extremas, estimación de edad y otras investigaciones médico-legales. También refuerza que la virtopsia posee ventajas en cuanto a que

permite almacenar la información obtenida de forma indefinida, facilitando su revisión futura, lo que mejora la calidad y rapidez del diagnóstico médico-legal.

Por otra parte, Najar-Céspedes (55) hace referencia a que el uso combinado de RM y TC ofrece un diagnóstico pericial postmortem más preciso y correlacionado con la génesis del trauma o causa de muerte. Estas técnicas de imagenología son, por tanto, herramientas complementarias que fortalecen la autopsia tradicional, facilitando una mejor interpretación forense (55).

Thali et al. (56) también destacan el papel de la virtopsia, ya que, en su estudio, los resultados preliminares respaldan la introducción y evaluación continua de técnicas radiológicas avanzadas para complementar o incluso sustituir parcial o totalmente la autopsia tradicional, preservando la integridad del cuerpo y mejorando la precisión diagnóstica en medicina forense.

Por su parte, Durán Campos (57), destaca la función primordial de la medicina forense, expresando que es fundamental para la investigación científica de delitos, pues proporciona diagnósticos precisos y fundamentados. Dentro de esta disciplina, el estudio postmortem, o necropsia, es una tarea compleja que puede apoyarse cada vez más en tecnologías avanzadas de imagen diagnóstica. Diversos estudios han demostrado que estas tecnologías complementan y potencian la necropsia tradicional, permitiendo la identificación de objetos extraños, caracterización detallada de lesiones y detección de hallazgos que no son evidentes a simple vista o en la inspección externa del cadáver (57).

Jiménez Ramos (58) resalta el papel de las virtopsias ya que permiten una documentación objetiva, interna y externa del cuerpo, mejoran la precisión diagnóstica y reducen significativamente los tiempos de análisis postmortem. Su implementación no solo agiliza los procedimientos, sino que también disminuye la carga laboral y los tiempos de espera para los familiares del fallecido.

Por otro lado, Rivera Duque (59) subraya la relevancia de la radiografía convencional como una herramienta diagnóstica clave en el ámbito forense, especialmente durante el ingreso del paciente o del cadáver. Esta técnica permite comparar las estructuras anatómicas observadas con los parámetros normales,

facilitando la identificación de alteraciones tales como la presencia anómala de aire o fluidos en cavidades, así como fracturas óseas o lesiones diversas. Además, constituye un recurso eficaz para la detección de objetos metálicos en el cuerpo, lo que representa una ventaja sustancial al momento de esclarecer causas de muerte sin recurrir a procedimientos invasivos.

En el contexto forense, la radiografía convencional ofrece ciertas ventajas sobre la resonancia magnética, principalmente porque permite visualizar diferencias basadas en densidades tisulares, mientras que la resonancia depende de la variación en las densidades protónicas, lo cual puede limitar su utilidad para ciertos hallazgos estructurales. Por esta razón, Rivera Duque concluye que la radiografía convencional sigue siendo una de las técnicas más útiles y accesibles para el estudio postmortem, siendo especialmente valiosa en entornos donde los recursos tecnológicos son limitados o cuando se requiere una evaluación rápida y eficaz.

Según Mujica y Cruz (60), la medicina moderna ha experimentado un notable avance gracias a la incorporación de técnicas no invasivas para las evaluaciones postmortem, entre las que destacan la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada multicorte (TCMC). Estas herramientas se han posicionado como recursos fundamentales para complementar, e incluso, en ciertos contextos, sustituir parcialmente las autopsias tradicionales.

Además del uso de imágenes radiológicas internas, se han desarrollado técnicas como el escaneo tridimensional de superficies y la fotogrametría, las cuales permiten documentar de manera precisa y detallada los hallazgos externos del cadáver. Estos métodos ofrecen una representación visual fiel del cuerpo, sin alterar su estado físico, lo que resulta especialmente relevante en procedimientos periciales y judiciales.

Por otra parte, se han implementado técnicas mínimamente invasivas, como la angiografía post mortem y las biopsias dirigidas, que permiten la evaluación de estructuras vasculares y tisulares con gran precisión. Este enfoque no solo mejora la calidad de la documentación forense, sino que también aporta objetividad y rigor científico al proceso de investigación, optimizando el análisis patológico sin necesidad de recurrir a procedimientos altamente invasivos.

Asimismo, Benalcázar Tanguila (61) destaca el rol de la imagenología forense, mencionado que es una herramienta indispensable para la realización de peritajes, ya que permite establecer la causa y hora de muerte sin necesidad de alterar el cuerpo. A su vez, posibilita la determinación de variables identificadorias como el sexo, la edad y otros rasgos físicos que pueden perderse a causa de la descomposición natural o intencional de los tejidos. En este sentido, las técnicas de imagenología también cumplen una función clave en la identificación de cadáveres, especialmente en casos donde la visualización directa resulta insuficiente o inviable.

Barajas Calderón et al., (62) aporta que una de las técnicas más utilizadas para lograr una identificación positiva es la comparación entre registros imagenológicos y radiográficos obtenidos en vida (ante mortem) y aquellos realizados después de la muerte (post mortem). Esta comparación permite establecer coincidencias en estructuras anatómicas, patologías previas, tratamientos médicos u otros rasgos característicos que permitan confirmar la identidad de un individuo.

El propósito principal de este enfoque es destacar el papel fundamental de la radiografía convencional, la tomografía computarizada, la resonancia magnética, así como técnicas especializadas como la virtopsia, la antropología forense y la odontología forense, en el proceso de identificación y documentación de lesiones. Desde el punto de vista anatomo-patológico, estas herramientas permiten observar con alta precisión alteraciones internas sin necesidad de procedimientos invasivos (62).

De acuerdo con Grabherr (63), la PMCT permite obtener una visión general del cuerpo con alta resolución, especialmente útil para evaluar el sistema esquelético y detectar cuerpos extraños de alta densidad radiopaca. Por su parte, la PMMR ofrece una mayor sensibilidad para el estudio de los tejidos blandos y los órganos parenquimatosos, aportando detalles valiosos en casos de lesiones internas. La PMCTA resulta particularmente eficaz para el análisis del sistema vascular y la localización de posibles fuentes de hemorragia interna.

En cuanto al estudio de la superficie externa del cuerpo, las técnicas radiológicas tradicionales presentan limitaciones. En este sentido, el 3DSS se consolida como la herramienta más adecuada para la documentación detallada de la

superficie cutánea mientras que en situaciones en las que no se dispone de escáneres tridimensionales, la fotogrametría constituye una alternativa eficaz y accesible (63).

Según Hottier (64) la TCPM se presenta como una opción viable en situaciones donde la realización de la necropsia es rechazada o no es preferida por los familiares del fallecido.

Las autopsias mínimamente invasivas, asistidas por técnicas de imagen, han aportado significativos beneficios a la medicina forense, actuando como complemento valioso de la autopsia convencional. Particularmente, la tomografía computarizada post mortem (PMCT), la angiografía por tomografía computarizada post mortem (PMCTA) y la tomografía por emisión de positrones post mortem (PMMR) han demostrado ventajas adicionales en el diagnóstico de muertes traumáticas, en la detección de fracturas y lesiones tisulares, así como en la estimación de parámetros antropométricos como la altura y el peso corporal, útiles para la identificación de cadáveres. Por tanto, la PMCT y la PMMR, con especial énfasis en la PMCTA, se posicionan como modalidades de imagen con alta precisión diagnóstica. Dado su valor probatorio y su capacidad para mejorar los hallazgos forenses, estas técnicas deberían integrarse como parte del protocolo rutinario de autopsias, con el fin de optimizar la determinación de la causa de muerte (65).

Teniendo en cuenta el análisis realizado, los resultados de la investigación demuestran lo siguiente:

1. Tipos de técnicas radiológicas utilizadas y su efectividad en contextos forenses

En la revisión de los estudios analizados, se identificaron principalmente cuatro técnicas radiológicas recurrentes en la medicina forense: la tomografía computarizada post mortem (PMCT), la resonancia magnética post mortem (PMMR), la angiografía tomográfica computada post mortem (PMCTA) y las radiografías simples (rayos X) y también se incorporaron tecnologías de imagen superficial como la fotogrametría y el escaneo tridimensional (3DSS).

Cada técnica mostró un grado variable de efectividad, por ejemplo, la PMCT fue ampliamente utilizada por su rapidez, capacidad para evaluar estructuras óseas,

cuerpos extraños y su utilidad en fracturas craneales, de base de cráneo, vértebras y hueso hioideo. La PMMR mostró mayor precisión en tejidos blandos y órganos parenquimatosos, aunque con limitaciones en casos de gas post mortem. La PMCTA demostró ser la mejor herramienta para la detección de lesiones vasculares y fuentes de hemorragia, mientras que la radiografía convencional continúa siendo una técnica de referencia básica por su accesibilidad y utilidad en escenarios masivos.

En general, las técnicas de imagen se mostraron altamente efectivas en casos de muertes traumáticas, heridas de bala o fracturas múltiples. Sin embargo, cada método tiene indicaciones específicas según la naturaleza de las lesiones y el estado del cuerpo, por lo que su uso debe ser complementario, no excluyente.

2. Estado de descomposición y su influencia en la calidad de las imágenes radiológicas

Varios estudios abordaron la relación entre el estado de putrefacción del cuerpo y la calidad diagnóstica de las imágenes obtenidas y se identificaron distintos niveles de descomposición (estado inicial, moderado y avanzado), los cuales afectan directamente la nitidez y legibilidad de los hallazgos.

Las técnicas como la PMCT y la PMCTA fueron menos afectadas por la putrefacción, ya que permiten observar estructuras óseas y sistemas vasculares incluso en cuerpos en descomposición avanzada. En cambio, la PMMR pierde precisión a medida que los tejidos se degradan, siendo menos efectiva en fases avanzadas. Las técnicas superficiales, como el escaneo 3D y la fotogrametría, fueron eficaces sin importar el grado de putrefacción, ya que se enfocan en la morfología externa.

Por lo tanto, este análisis comparativo demostró que la elección de la técnica debe considerar el estado anatómico del cuerpo para optimizar la calidad de las imágenes y reducir los errores diagnósticos.

3. Preservación de evidencia y diagnóstico forense

Una de las grandes ventajas de las técnicas radiológicas post mortem radica en su carácter no invasivo, lo que permite preservar la integridad física del cadáver.

Esto es particularmente relevante en contextos donde la autopsia tradicional no es aceptada por razones religiosas, legales o culturales.

En múltiples estudios, se evidenció que la radiología forense permite identificar la causa de muerte, documentar lesiones traumáticas y detectar cuerpos extraños, sin alterar el cuerpo. La TCPM fue considerada incluso tan efectiva como la autopsia tradicional (AS) para determinar causas de muerte en eventos traumáticos, especialmente en neonatos y víctimas de trauma craneofacial.

Asimismo, el uso de estas técnicas ha mostrado beneficios en la preservación de evidencia judicial, al permitir reconstrucciones digitales y almacenamiento permanente de las imágenes para revisiones posteriores o juicios.

4. Sistematización de hallazgos y propuesta de mejoras

La organización de los datos permitió observar tendencias comunes en la literatura revisada. Entre los hallazgos más destacados se identificó que:

- La PMCT y la PMCTA son las técnicas más utilizadas y mejor valoradas en términos de precisión diagnóstica.
- La concordancia entre radiología y autopsia es alta para fracturas óseas y lesiones por trauma, pero menor para hallazgos intracraneales o tisulares, que dependen de la técnica empleada.
- Existen limitaciones operativas, como la disponibilidad de equipos, formación especializada en interpretación forense, y costos asociados.

Los estudios recomiendan avanzar hacia protocolos mixtos, donde la imagenología post mortem complemente o sustituya parcialmente la autopsia tradicional, especialmente en contextos de desastre o cuerpos altamente degradados. Además, se sugiere fomentar el entrenamiento especializado de radiólogos forenses y mejorar los sistemas de archivo de imágenes para uso judicial.

Conclusión

En base a la revisión de la literatura científica publicada entre los años 2016 y 2024, se puede concluir que los estudios por imágenes constituyen una herramienta valiosa en el análisis forense de cadáveres putrefactos, aportando significativamente a la investigación y resolución de casos.

Respecto al primer objetivo específico, se logró identificar una cierta cantidad de investigaciones que abordan el uso de diversas técnicas por imágenes en cadáveres en estado de putrefacción. Estos estudios demuestran un interés creciente en la aplicación de métodos por imágenes que complementan los análisis tradicionales en medicina forense.

En relación con el segundo objetivo, se describieron los principales procedimientos y criterios empleados en la práctica imagenológica forense, incluyendo la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RMN), la radiografía convencional (Rx), entre otras. A su vez, se enfatiza la importancia de las imágenes médicas avanzadas, particularmente la virtopsy, en la identificación y diagnóstico post mortem. Todo ello, debido a que estos procedimientos permiten evaluar de manera no invasiva características internas del cuerpo, como fracturas, presencia de cuerpos extraños o patrones de descomposición, respetando protocolos que garantizan la integridad de la evidencia.

El análisis del tercer objetivo reveló que los estudios por imagen ofrecen beneficios claros en la preservación de la evidencia forense, ya que permiten documentar hallazgos sin alterar el estado físico del cadáver. Además, facilitan la identificación de cuerpos putrefactos mediante la detección de estructuras óseas y prótesis, mejorando así la precisión y rapidez del proceso identificadorio.

Finalmente, con base en los resultados revisados, se propuso una serie de recomendaciones para la práctica forense, alineadas con el cuarto objetivo. Estas incluyen la estandarización de protocolos de diagnóstico por imagen, la capacitación especializada del personal forense en técnicas de imagen, y la integración de los estudios por imágenes como parte rutinaria en casos de cadáveres putrefactos, para optimizar la utilidad y precisión de los análisis.

Por todo lo realizado, se concluye que la incorporación de estudios por imágenes en el ámbito forense aporta un valor sustancial al análisis de cadáveres putrefactos, incrementando la eficiencia y confiabilidad en la investigación forense moderna.

Referencias

1. Brough A, Morgan B, Rutty G. Postmortem computed tomography (PMCT) and disaster victim identification. *Radiol Med*. 2015; 120(9): p. 866-73.
2. Jian J, Zou D, Li Z, Zhang J, Qin Z, Liu N. Virtual autopsy morphological features of drowning. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2022 Febrero; 25;38(1): p. 53-58.
3. Dawson B, Ueland M, Carter D, McIntyre D, Barton P. Bridging the gap between decomposition theory and forensic research on postmortem interval. *Int. Legal Med*. 2024; 138: p. 509-518.
4. Tian ZL WRZJea. Comparison of CT Values between Thrombus and Postmortem Clot Based on Cadaveric Pulmonary Angiography. *Forensic Med*. 2023 febrero; 39(1): p. 7-12.
5. Ujvári G ea. Forensic photogrammetry and 3D documentation of human remains: A methodological framework. *Radiol Med*. 2023.
6. Pérez M. El diagnóstico por imágenes al servicio de la Medicina Legal. Trabajo de grado. , Fundación H.A. Barceló; 2022.
7. Leitón C, Serrano G. La integración de la radiología en el Departamento de Medicina Legal. *Medicina Legal de Costa Rica*. 2020; 36(4): p. 45-52.
8. Zúñiga M. Aplicación de la Virtopsy en el diagnóstico forense. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); 2022.
9. Bao Z, Zhi C. Application of postmortem biochemistry analysis in forensic medicine. 2021 dec; 37(6): p. 859-866.

10. Ramírez J. Radiología e imagen. Revista de la Facultad de Medicina (México). 20119 marzo; 62(2): p. 7-14.
11. Aguirre M, García H. Rendimiento diagnóstico de los métodos radiológicos en prolapsos genitales: Revisión sistemática/metaanálisis. Revista mexicana de urología. 2023 mayo; 80(6): p. e05.
12. Salazar D. Aplicación de la Radiología en el Campo Forense. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD; 2021.
13. Narváez N. Importancia de los métodos radiológicos en medicina forense. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD; 2022.
14. Machado f, Salas R, Rivero E. Consideraciones teóricas sobre la radiografía digital como medio diagnóstico. MEDISAN. 2023 julio; 27(4).
15. Chaverri O, Conejo M. Radiografía Industrial: comparación entre el método tradicional y digital empleando rayos X. Tecnología en Marcha. 2017 julio-septiembre; 30(3): p. 119-128.
16. Shiyoiti E, Goncalves V, Bortoto J, Hoelz R, Gomes N, Pereira G. Exame radiográfico convencional do tórax no diagnóstico de hérnia diafragmática pós-traumática. Rev. Col. Bras. Cir. 2012 Agosto; 39(4): p. 280-285.
17. Alcántara J, Alcántara R, Romero I, González R. Sobreuso de la tomografía computarizada en el traumatismo craneoencefálico infantil. Revista mexicana de neurociencia. 2022 Abril; 20(1): p. 50-55.

18. García P, García H. Caracterización del libro de texto “Tomografía computarizada. Alta tecnología en imágenes médicas”. EDUMECENTRO. 2021 Marzo; 13(1).
19. Del Valle D, Morales A, García J. Uso de la tomografía computarizada al servicio de la medicina forense en investigación de las lesiones. Boletín Galego de Medicina Legal e Forense. 2020 enero;(26): p. 33-50.
20. Durán K. Virtopsy; Uso de la tecnología de imagen en el ámbito forense. Gac. int. cienc. forense. 2024 enero-marzo;(50): p. 8-29.
21. Goenaga L, Azpiazu J. Cadaver en avanzado estado de putrefacción: identificación y determinación de la etiología médico legal de la muerte: Métodos de identificación e importancia del estudio radiológico. Boletín Galego de Medicina Legal e Forense. 2020 enero;(29).
22. García M, Sánchez E, Waksman NSA. Fundamentos y analogías para entender mejor la espectroscopía de RMN. Educación química. 2022 diciembre; 33(4).
23. Hernández C, Zudaire B, Castaño S, Azcárate P, Villanueva A, Bastarrica G. Principios básicos de resonancia magnética cardiovascular (RMC): secuencias, planos de adquisición y protocolo de estudio. Anales del Sistema Sanitario de Navarra. 2007 sep-dic; 30(2).
24. Díaz J, Suazo L, Castiglioni C, Bevilacqua J. Utilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de las enfermedades musculares hereditarias. Revista chilena de radiología. 2015; 21(4).
25. Hernández E. Diagnóstico y seguimiento radiológico de los tumores vesicales. trabajo de grado. Universodad del Salvador; 2020.

26. Marquina F, Levano C, Fuster D. Nuevos avances terapéuticos en pacientes con cáncer de pulmón inmunosuprimidos con enfermedades crónicas pulmonares en el periodo 2014-2022 a partir de la revisión de la literatura. *Revista española de salud Pública*. 2025 febrero; 97(24).
27. Carrasco A, Quintanilla M, Hidalgo A. Guías sobre el uso de tomografía computarizada de haz cónico en la evaluación pre-quirúrgica en implantología. *Avances en Odontoestomatología*. 2018 julio-agosto; 34(4): p. 183-192.
28. Getial M. Uso de imágenes multiespeciales como técnica no invasiva para el estudio de la reflectancia difusa del tejido mamario. Trabajo de grado. Universidad de pereira; 2022.
29. Dalda J, Navarro M, Negre C, Navarro A, Dalda V. Radiología forense. El papel del técnico en imagen en la investigación criminal. *Revista sanitaria de Investigación*. 2024 junio.
30. González J. Importancia de la radiología en las ciencias forenses. trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD; 2022.
31. Serrano M. La química de los fenómenos cadavéricos. *Gac. int. cienc. forense*. 2018 oct-dic;(29).
32. González M, Lorenzo M, Luna A, Gómez M. Análisis de los intentos de autolisis en un área de salud. 2008-2010. *Semergen*. 2012 octubre; 38(7).
33. Pachar J. Cambios postmortem y data de la muerte en ambientes tropicales. *Medicina legal de Costa Rica*. 2013 septiembre; 30(2).

34. Barrera I, Salazar N. La importancia de los fenómenos cadavéricos en el tanatocronodiagnóstico. *Revista multidisciplinar Ciencia Latina*. 2023; 7(1).
35. Quiñones E, Olavarria M. Documentación del tiempo transcurrido de muerte a partir de procesos de descomposición en bosque seco tropical (BST), Santa Marta, Colombia. 2021; 20(2).
36. Gutierrez p, López L, Rodríguez E, Iñiguez A, Rodríguez M. Método de Rehidratación de Tejidos Blandos Presentes en Cadáveres Momificados y Procesos de Reversión de Putrefacción. *Ciencia latina*. 2023; 7(5).
37. Ortigoza J. Bioquímica en la descomposición cadavérica (putrescina y cadaverina). *Artículos de Divulgación Científica Forense*. 2019 mayo.
38. Sánchez M. Caracterización histológica de la reacción vital en lesiones del tejido óseo: un puente interdisciplinario entre la histopatología y la antropología forense. trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia; 2025.
39. Falcón S, Johnson V, Ortiz S. Impacto de las condiciones ambientales en la descomposición de los cadáveres. *Semilla científica*. 2025 noviembre;(6).
40. Marzullo J. Estimación del IPM en cadáveres hallados en medio acuoso cuando la muerte no fuere por sumersión. Trabajo de grado. Universidad fasta; 2022.
41. Pérez f, Martínez A. Etimología Forense: Los insectos como detectives en la escena del crimen. *Revista indexada PHP*. 2025 enero; 7(1).
42. Mego G. Descomposición Cadavérica y Determinación del Intervalo Post-Mortem. *Revista de Criminalística*. 2016 junio-agosto; IV(12).

43. Crespillo M, Bañón R, Valverde J. Aprendizaje y reflexiones de la identificación de cadáveres mediante marcadores genéticos monoparentales (ADN mitocondrial, cromosoma Y). *Revista española de medicina legal.* ; 37(1): p. 17-21.
44. Mulcue A. La Importancia de la Radiología Forense. trabajo de diplomado. , Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); 2020.
45. Avella J. Identificación de cadáveres con apoyo de los rayos x. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD; 2022.
46. Pérez N, Salazar N. Estimación del Tiempo De Muerte en Cadáveres no Sepultados: Revisión Sistemática de la Literatura Médico-Forense. *Ciencia latina.* 2023; 7(4).
47. Franco L. La Importancia de la Radiología Forense en la Identificación de Cadáveres. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD; 2022.
48. León Y. Importancia de la carta dental en la identificación de cadáveres. trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD; 2023.
49. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 6th ed.: Mc Graw Hill; 2014.
50. Pérez M. *El diagnóstico por imágenes al servicio de la Medicina Legal* [Tesis de Especialidad en Medicina Legal]. Buenos Aires (AR): Fundación H.A. Barceló; 2022 [citado 2025 May, 26]. Disponible en:

https://repositorio.barcelo.edu.ar/greenstone/collect/tesis/index/assoc/HASH0179/2439015f.dir/BRC_Tesis_PerezMara.pdf

51. Fante Z, De Matteis A, Fazio V, Di Fazio N, Quattrocchi U, Romano S, Arcangeli M, dell'Aquila M. La importancia de la Tomografía Computarizada Post Mortem (PMCT) en la reconstrucción de la trayectoria de la bala. *Rev Clin Ter.* 2019 Mar-Apr;170(2):e129-e133. doi: 10.7417/CT.2019.2122. PMID: 30993309.

52 Avella JE. *Identificación de cadáveres con apoyo de los rayos X* [Trabajo Fin de Grado]. Bogotá (CO): Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); 2022 [citado 2025 May 26]. Disponible en:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/49996/jeavellaa.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

53. Lohrma BG. *Aportes de los estudios imagenológicos en el diagnóstico post mortem y las contribuciones de la Virtopsy* [tesis de licenciatura]. Lomas deZamora (ARGENTINA): Universidad Abierta Interamericana; 2019. Disponible en:

<https://dspaceapi.uai.edu.ar/server/api/core/bitstreams/04e2de08-a145-4598-b0e4-9fd642eadd40/content>

54. Gimenez Reschke G, Guy J, Heit O, Sattler A, López Ibarra M. Estudio por imágenes de piezas osteológicas. Uso de TC y RMN en autopsias forenses. *Rev Fac Ciencias Vida Salud UADER* [Internet]. 2024;2(4) [citado 2025 May 26]. Disponible en:

<http://revistacienciasfcvs.uader.edu.ar/>

55. Najar-Céspedes AP, Fuentes-Martínez EJ. Uso de la resonancia magnética y la tomografía computarizada en diagnóstico postmortem [Internet]. MedUNAB. 2017;20(2):190-200 [citado 2025 May 26]. Disponible en: <https://doi.org/10.29375/01237047.2324>

56. Thali M, Yen K, Schweitzer L, Vock P. Virtopsy, un nuevo horizonte en la imagenología forense: autopsia virtual mediante tomografía computarizada multicorte post mortem (TCMC) e imágenes por resonancia magnética (IRM): un estudio de viabilidad [Internet]. *Rev Ciencias Forenses.* 2023;48(2):386-403 [citado 2025 May 26]. Disponible en: <https://doi.org/10.1520/JFS2002166>

57. Durán Campos K. Virtopsy: uso de la tecnología de imagen en el ámbito forense. *Gac Int Cienc Forense.* 2024;(50):8.

58 Jiménez Ramos DB. *Autopsia médico legal versus autopsia virtual (virtopsy). Aplicación de un nuevo método tecnológico de inspección corporal no invasiva, un futuro para*

Guatemala [tesis de posgrado]. Guatemala (GT): Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud; 2022.

59 Rivera Duque JE. *Métodos de identificación cadavéricos mediante estudios radiológicos* [tesis]. Medellín (CO): Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Escuela de Ciencias de la Salud; 2022.

60. Mujica Blanco CL, Cruz EH. *Aplicación de técnicas radiológicas en radiología forense* [trabajo académico]. Bogotá (CO): Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Escuela de Ciencias de la Salud; 2022.

61 Benalcázar Tanguila LA. *Aplicación de la imagenología en el ámbito forense* [tesis]. Machala (EC): Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Carrera de Ciencias Médicas; 2024.

62. CALDERON, Helix I. Barajas; CANCHOLA, Christian A.; BENOLA, Lizeth B. La Actuación de la Radiología e Imagenología Forense en México. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 2024, vol. 4, no 2, p. 2209-2219.

63 Grabherr S, Egger C, Vilarino R, Campana L, Jotterand M, Dedouit F. Imágenes post mortem modernas: una actualización sobre los avances recientes. *Investigación científica forense*. 2017;2(2):52–64. doi:10.1080/20961790.2017.1330738.

64. Hottier C. *Aplicación de la tomografía computada post mortem como nuevo método de evaluación forense en Argentina* [tesis]. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (AR): Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud; 2025.

65 Tawfiq Zyoud TY, Abdul Rashid SN, Suppiah S, Abdul Rahim E, Mahmud R. Decoding death by unknown causes using post mortem image-guided virtopsy: A review of recent literature and the Malaysian experience. *Med J Malaysia*. 2020 Jul;75(4):411-418. PMID: 32724006.