

Estudio por imágenes de piezas osteológicas. Uso de TC y RMN en autopsias forenses

Imaging of osteological pieces. Use of CT and MRI in Forensic Autopsies

Gema Gimenez Reschke (*); Jennifer Guy (**); Oscar Heit (**); Aníbal Sattler (****); Marco López Ibarra (*****).

* Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud – Universidad Autónoma de Entre Ríos. gimenezreschke.gema@uader.edu.ar

** Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud – Universidad Autónoma de Entre Ríos. guy.jnf@gmail.com

*** Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud – Universidad Autónoma de Entre Ríos. heit.oscar@uader.edu.ar

**** Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud – Universidad Autónoma de Entre Ríos. sattler.anibal@uader.edu.ar

***** Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud – Universidad Autónoma de Entre Ríos. lopez.marco@docentes.uader.edu.ar



Fecha de recepción: 20 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 10 de septiembre de 2024

RESUMEN

Los nuevos avances tecnológicos que se han desarrollado en los últimos años han comenzado a ser aplicados en la realización de autopsias, en la documentación en Medicina y Odontología Forenses y en otros campos de las Ciencias Forenses. Los métodos de obtención de imágenes mediante la utilización de Escáneres 3D de superficie, Tomografía Axial Computada (TAC) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) junto con análisis fotográficos permiten ayudar en la evaluación de fracturas en casos de sospecha de maltrato infantil, en balística interna, en la identificación de cuerpos carbonizados, putrefactos y esqueletizados - tanto en casos individuales como en catástrofes -, y en la estimación de la edad entre otros. El método de obtención de imágenes en cadáveres, denominado "Virtopsia", comienza a ser una herramienta de uso previo a la realización de la autopsia convencional. Esta metodología está demostrando un gran potencial en las investigaciones médico-legales y odonto-legales. Su utilización reviste un gran interés en la actualidad debido a que es un método no invasivo y no destructivo, conservando las evidencias y los hallazgos de interés judicial. Permite por su rapidez agilizar el diagnóstico médico-legal, pudiendo además almacenar la información de forma indefinida y disponible para un nuevo y futuro análisis. El presente trabajo pretende validar que las autopsias virtuales, mediante la utilización de técnicas de imágenes como escaneo de superficie en 3D, TAC y RMN, pueden aportar información rápida, precisa y no invasiva, para mejorar la realización de autopsias mediante el método convencional, utilizando ambas técnicas en forma complementaria.

Palabras claves: Virtobot, Virtopsy, radiología forense, autopsia virtual.

ABSTRACT

The new technological advances that have been developed in recent years have begun to be applied in the performance of autopsies, in documentation of forensic medicine and

odontology and in other fields of forensic sciences. The image acquisition methods based on 3D surface scanners, Computed Tomography (CT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) along with photographic analysis allows to help in the evaluation of fractures in cases of suspected child abuse, in internal ballistics, in the identification of carbonized, putrefied and skeletonized bodies - both in individual cases and in catastrophes -, age estimation, among others. The method of obtaining images of corpses, known as "Virtopsia", is beginning to be a tool to be used prior to performing a conventional autopsy. This methodology is showing great potential in medico-legal and odonto-legal investigations. Its use is currently of great interest due to the fact that it is a non-invasive and non-destructive method, preserving the evidences and findings of judicial interest. It allows, due to its speed, streamline the medico-legal diagnosis, being able to store the information indefinitely and available for a future analysis. This work aims to validate that virtual autopsies, through the use of imaging techniques such as 3D surface scanning, CT and MRI, can contribute to a faster, more precise and non invasive information, to improve the performance of autopsies using the conventional method, using both techniques in a complementary manner.

Keywords: Virtobot, Virtopsy, forensic radiology, virtual autopsy

INTRODUCCIÓN

"Durante los últimos años, uno de los mayores avances en Medicina ha venido protagonizado por el auge de las llamadas técnicas de imagen, principalmente la TC y la RNM" Aso et al. (2005, p.96).

Pese a su denominación, estos procedimientos no obtienen sólo imágenes reales del interior del cuerpo, sino ficheros informáticos que contienen, aparte de los datos que permiten reconstruir una región anatómica, información sobre muchos otros aspectos como densidades, calibraciones, condiciones de la captura, etc. (Aso et al., 2005, p. 96)

"Estas tareas son realizadas de una manera no invasiva y no destructiva, pudiendo almacenar los resultados para documentación del caso" (Aso et al., 2005, p. 95).

En 1970, la revista "Chest" publicó el siguiente titular: "La autopsia: ¿todavía lo necesitamos?". Esta pregunta sugiere la iniciación de nuevos caminos y formas alternativas para la autopsia. La vía más importante fue proporcionada por las técnicas de imagen y fue apoyado por la creación de organizaciones como el Instituto de Medicina Legal (Dinamarca), el Instituto de Patología Victoriana (Australia), la sociedad de Imagenología de Autopsias (Japón), y la sede de Exámenes de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América. do Rosário (Junior et al., 2012, p. 6).

"En 1977 se realizó la primera Tomografía Computada (TC) post-mortem para describir una herida por arma de fuego en la cabeza" (Najar Céspedes, 2012, p.3).

En los años noventa, el instituto de Medicina forense de la Universidad de Berna, Suiza, comenzó a documentar las características del cuerpo humano en forma concreta, objetiva y

no invasiva. Esto dio lugar a la creación de una nueva disciplina, denominada “Virtopsia”, un proyecto virtual de la autopsia. (Do Rosário Junior et al. (2012, p. 6).

Esta nueva técnica consiste en el examen interno de los cuerpos utilizando Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM), sin necesidad de diseccionar el cadáver, permitiendo la reconstrucción tridimensional del cuerpo.

En la actualidad, se está trabajando en la aplicación de TC y RM en Medicina forense en la Oficina Médico Forense de las Fuerzas Armadas (Washington DC), el Instituto de Medicina Forense de Copenhague (Dinamarca), el Instituto de Patología de Victoria en Sydney (Australia), entre otros. (Thali et al., 2009)

En 2013, abrió sus puertas el primer centro de autopsia digital en Sheffield, Inglaterra, anunciando una revolución potencial en el modo en que se llevarán a cabo las autopsias (Haroon, 2013).

En Argentina, personal de la Morgue Judicial de la Nación participó en Tel Aviv de un proceso de capacitación en tecnología aplicada para la realización de autopsias virtuales, ofrecido por el Centro Nacional de Medicina y Ciencias Forenses del Estado de Israel. Por lo que estos nuevos conceptos están siendo difundidos a nivel local y a la par del avance tecnológico y de los recursos que cuentan los gobiernos. (Corte Suprema de Justicia de la Nación, 2023)

Estos nuevos avances tecnológicos como la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y la digitalización de imágenes, han comenzado a ser aplicados en la realización de autopsias médico forenses, en Odontología forense y otros campos de las ciencias forenses, proporcionando información adicional a la autopsia tradicional, como por ejemplo en la demostración de las fracturas, hallazgos de cuerpos extraños, detección de gas en el interior del cuerpo, identificación de lesiones por maltrato infantil, identificación de víctimas, estimación de la edad, examen de heridas de arma de fuego, y una aplicación especial de la RMN en el caso de estrangulamiento fatal en ahorcados.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si la utilización en conjunto de TC, RMN y reconstrucción 3D puede complementar al método convencional de producción de imágenes en las autopsias.

METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación es de tipo transversal, exploratorio-descriptivo. Se utilizaron tres técnicas de diagnóstico por imágenes: TC, RM y escaneo de superficie 3D, a partir de las cuáles se obtuvo información diagnóstica para ser comparada con el propósito de valorar la calidad de imagen.

Se utilizaron 41 piezas óseas de origen animal con tejido blando (36 piezas de ternero, novillo y vaca; 2 piezas óseas de cerdo; y 3 cabezas de oveja) que fueron donadas para este trabajo por un establecimiento ganadero. Las piezas fueron congeladas para una manipulación adecuada.

Se prepararon las piezas, simulando en unas traumas contundentes que generaron fracturas; en otras, se incrustaron objetos metálicos para simular proyectiles de arma de fuego (esquirlas metálicas y clavos).

La toma de imágenes se realizó utilizando un equipo de TC marca General Electric perteneciente al Centro Diagnóstico Médico (DIMEC). El mismo cuenta con un escáner de superficie, el cual permite hacer reconstrucciones en 3D.

Por otro lado, se realizaron estudios de RM utilizando un resonador marca General Electric con un campo magnético de 0,23 Tesla perteneciente al Centro Diagnóstico Médico (DIMEC).

Finalmente, se procedió a la toma de imágenes radiográficas utilizando un equipo marca Fuyi Film, perteneciente al Centro Diagnóstico Médico (DIMEC).

Todas las imágenes fueron procesadas para el análisis por parte de un experto médico forense, con el fin de determinar si los procedimientos en conjunto aportan información complementaria en la realización de autopsias convencionales.

RESULTADOS

Obtención de imágenes

Prueba #1: Se utilizó una pieza ósea de cráneo ovino a la cual se incrustó partículas metálicas para simular daños provocados por heridas de arma de fuego. Las mismas fueron obtenidas mediante la realización de TC multicorte utilizando los parámetros de adquisición que muestra la Tabla 1.

Cortes	Protocolo	FOV	KV	mAs	Espesor de corte
Coronales y reconstrucción tridimensional	Pediátrico de cerebro	145,9mm	100	113	0,75s/3,00mm

Tabla 1. Parámetros de la prueba #1.

En las imágenes obtenidas de este estudio se aprecia una alta presencia del artefacto llamado "en Rayo de Sol" provocado por objeto metálico que se encuentra alojado dentro de dicho cráneo (Figura 1). Esto se pudo mejorar notablemente seleccionando otro tipo de ventana (Figura 2). Se realizó una reconstrucción tridimensional (Figura 3).

Figura 1

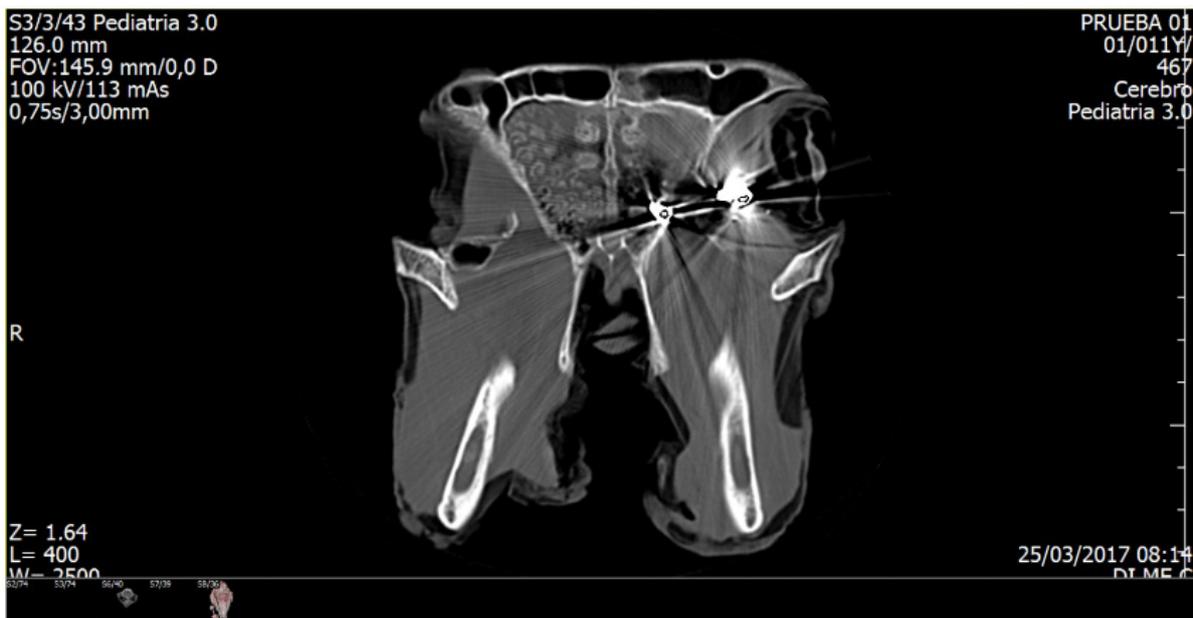
TC Cráneo Ovino N°1. Corte Coronal. Imagen obtenida en Centro Diagnóstico Médico (DI-MEC).



Fuente: elaboración propia

Figura 2

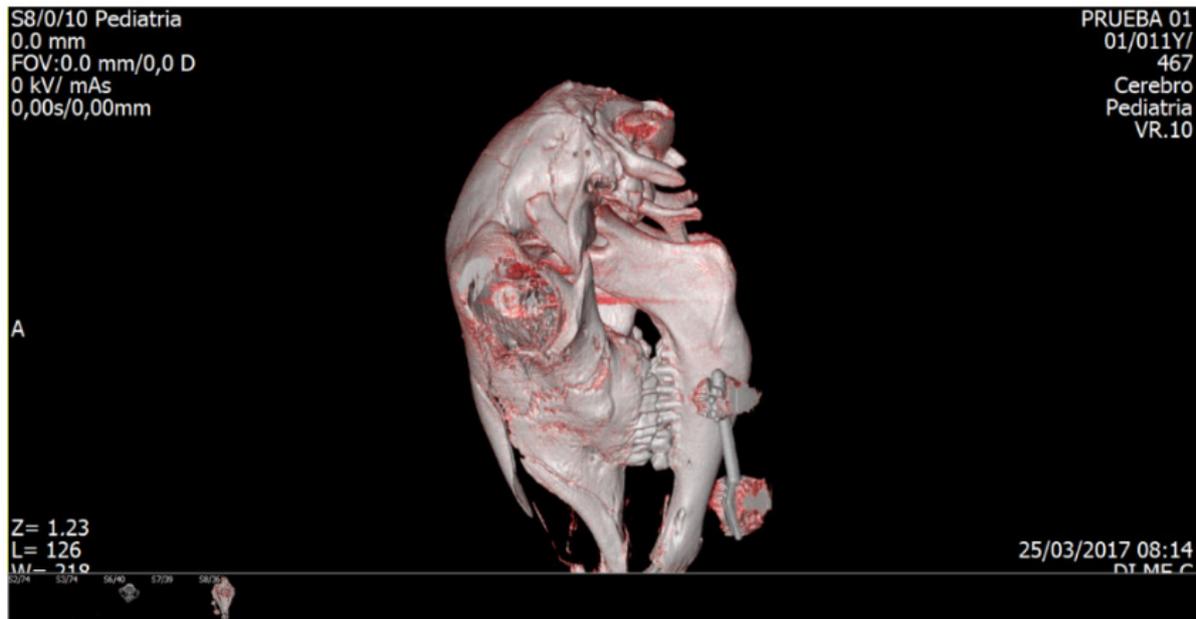
Tc Cráneo Ovino N°1. Corte Coronal. Imagen obtenida en Centro Diagnóstico Médico (DI-MEC).



Fuente: elaboración propia

Figura 3

Reconstrucción tridimensional TC Cráneo Ovino N°1. Imagen obtenida en Centro Diagnóstico Médico (DIMEC).



Fuente: elaboración propia

Prueba #2: Se realizaron barridos de TC multicorte (Figura 4-6) a huesos bovinos (vertebra, escápula, tibia, fémur y húmero), utilizando los siguientes parámetros que se muestran en el Tabla #2.

Tabla 2

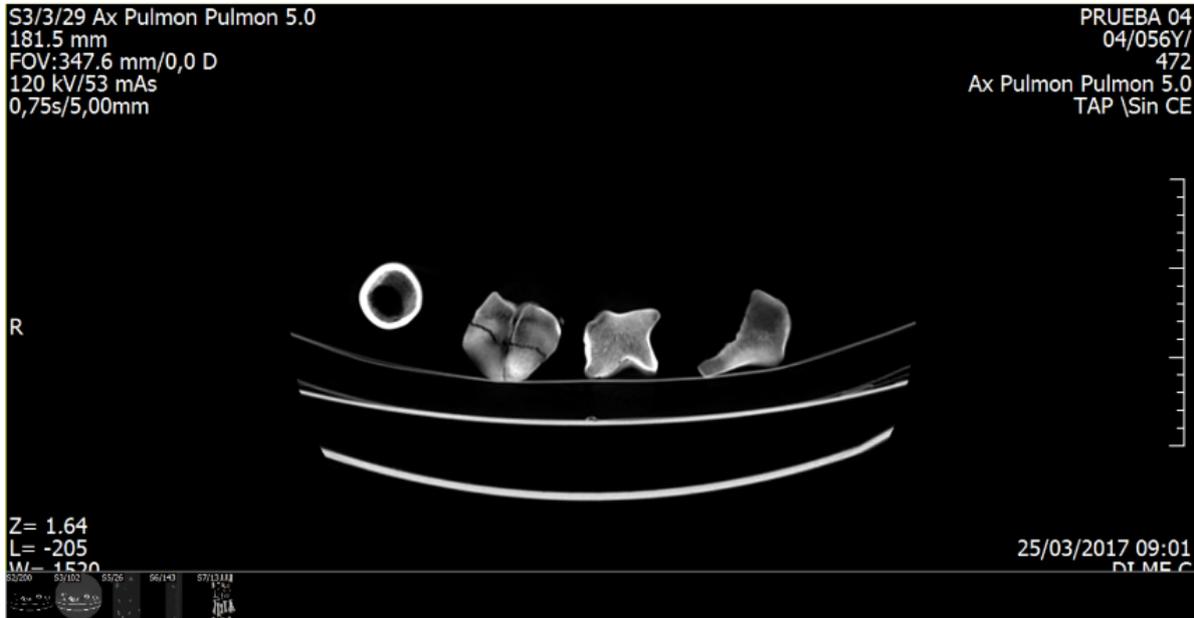
Parámetros de la prueba #2.

Cortes	Protocolo	FOV	KV	mAs	Espesor de corte
Axiales, Coronales y reconstrucción tridimensional	Tórax	608,4m m	120	53	0,75s/ <u>2.00mm</u>

Fuente: elaboración propia

Figura 4

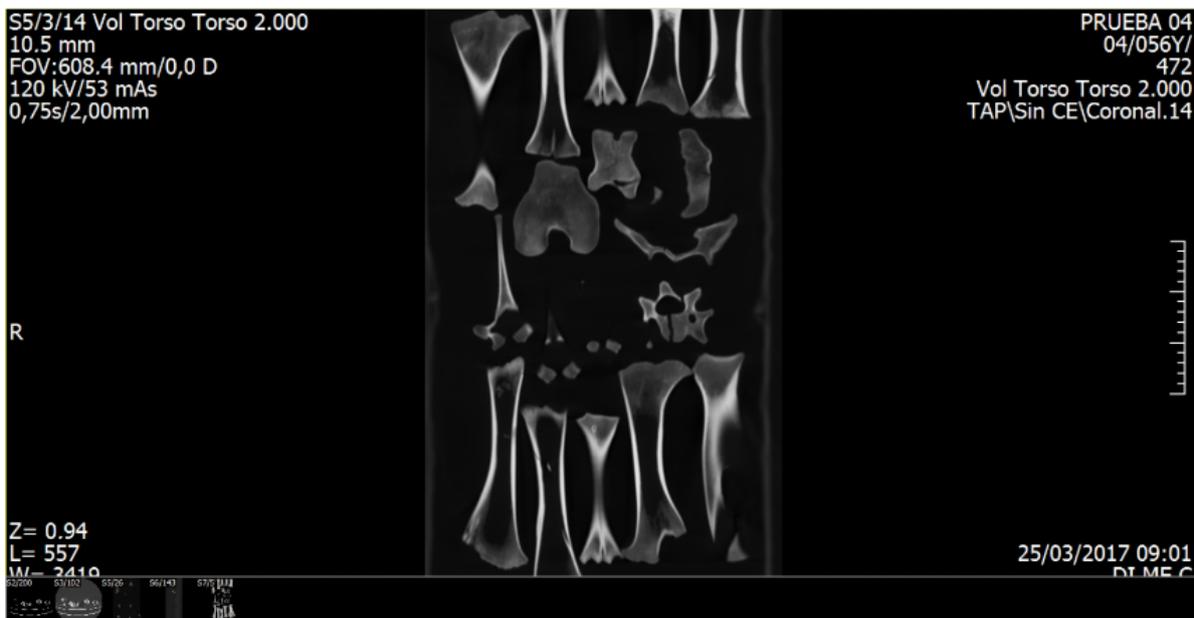
TC huesos bovinos. Corte Axial. Imagen obtenida en Centro Diagnóstico Médico (DIMEC).



Fuente: elaboración propia

Figura 5

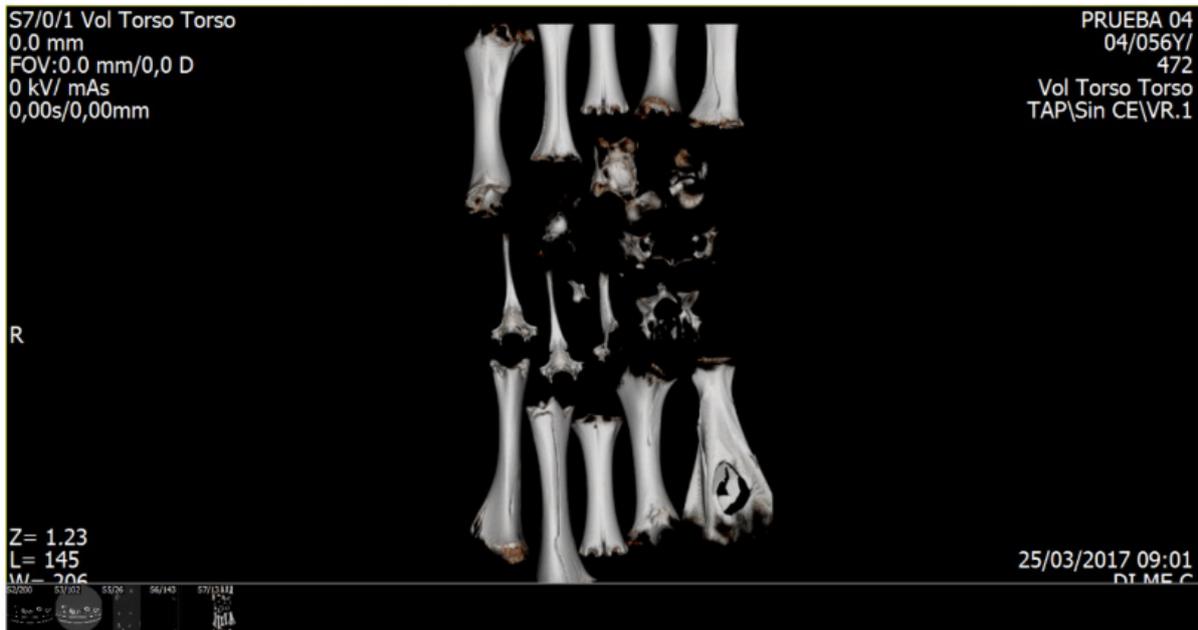
TC huesos bovinos. Imagen obtenida en Centro Diagnóstico Médico (DIMEC).



Fuente: elaboración propia

Figura 6

Reconstrucción tridimensional. TC Huesos Bovinos. Imagen obtenida en (DIMEC).

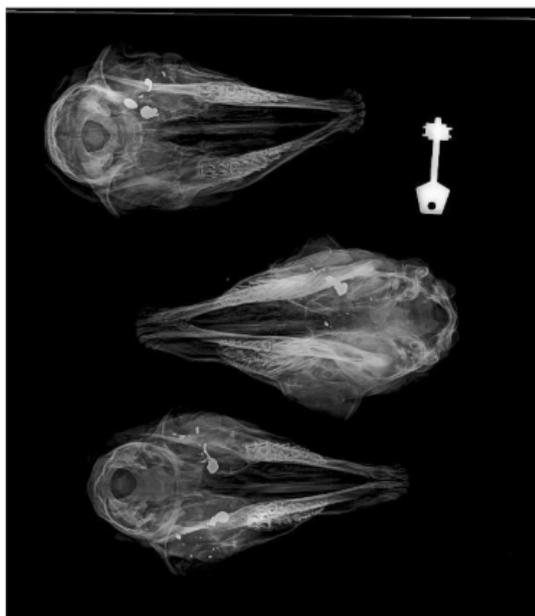


Fuente: elaboración propia

Prueba #3: Se realizaron tomas de radiografías digitales a distintas piezas óseas. Por protocolo para autopsias se realizó por radiológico como se muestra en las figuras 12 a 15. Las pruebas fueron realizadas a huesos bovinos, ovinos y porcinos. En primer lugar, se obtuvieron imágenes por radiología digital a 3 cabezas de ovino. Se observaron objetos extraños alojados dentro de los distintos cráneos (Figuras 12 a 15).

Figura 12

Rx Cráneos Ovinos – Frente



Fuente: elaboración propia

Figura 13

Rx Cráneos Ovinos – Perfil

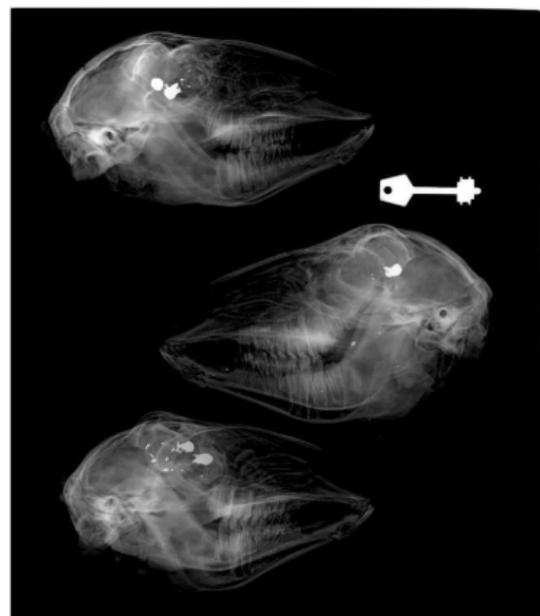


Figura 14
Rx Cráneo Porcino – Frente



Figura 15
Rx Cráneo Porcino - Perfi



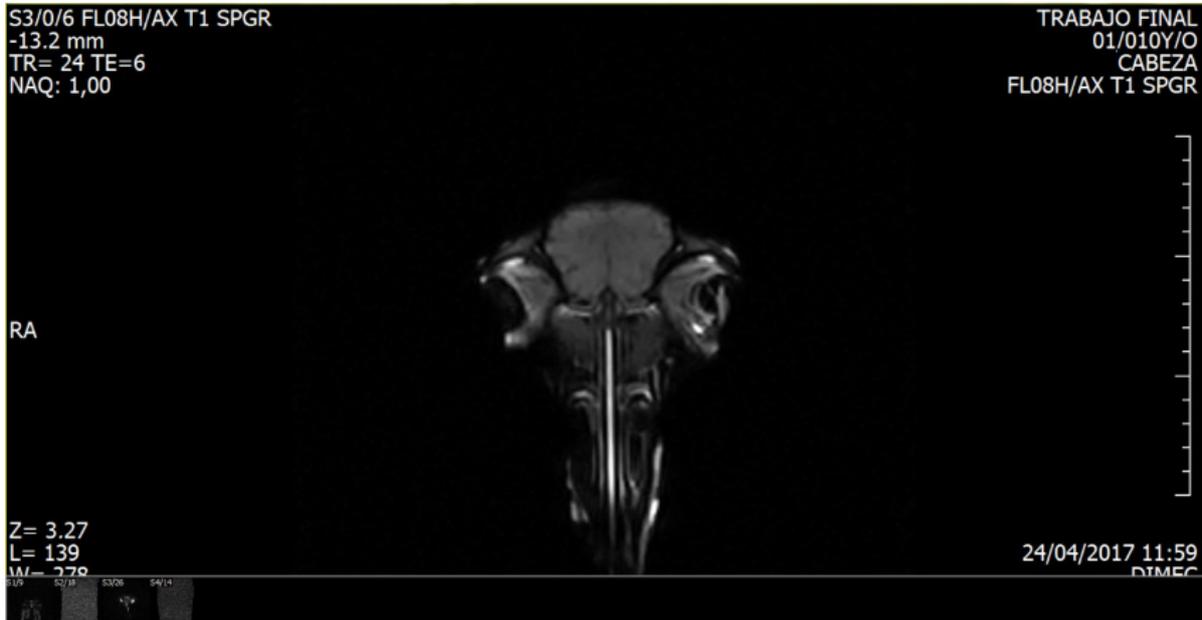
Fuente: elaboración propia

Prueba #4: Se realizó la toma de imágenes de RM a un cráneo ovino. La muestra que se tomó fue la misma que la de la prueba número 1 en TC (Figura 16 y 17). Los parámetros de adquisición para RMN se muestran en la Tabla #3.

TR	TE	Potenciadas	Cortes	Espesor de corte
24	6	T1 SPGR	Axiales	13mm

Figura 16

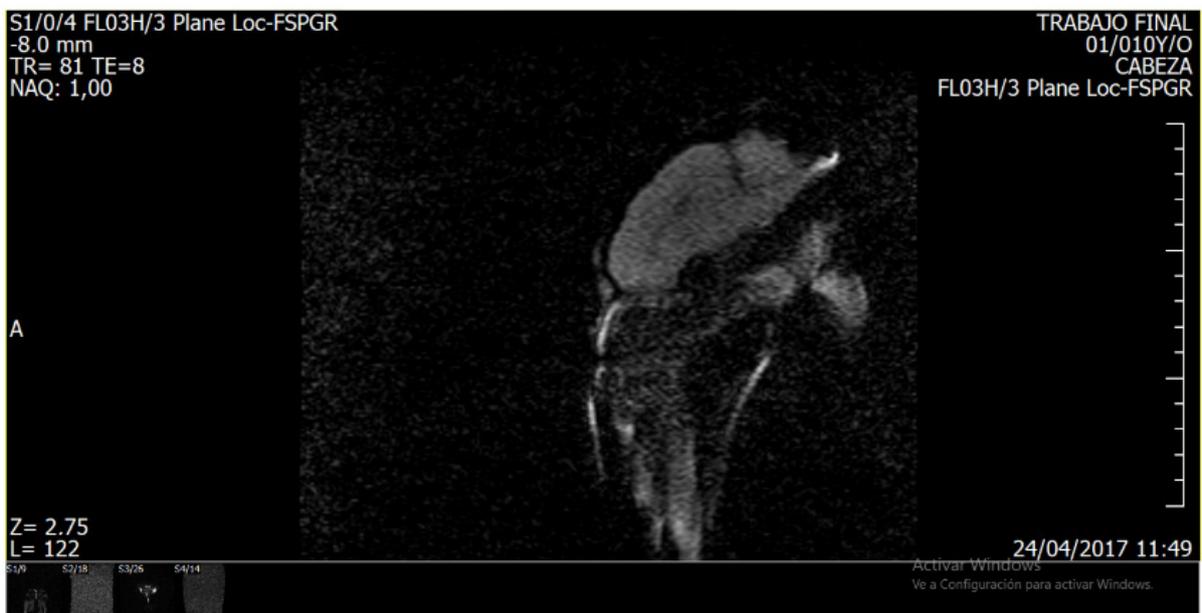
RMN Cráneo Ovino N°1. Imagen obtenida en Centro Diagnóstico Médico (DIMEC).



Fuente: elaboración propia

Figura 17

RMN Cráneo Ovino N°1. Imagen obtenida en Centro Diagnóstico Médico (DIMEC).



Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN

Se ha postulado que la radiografía clásica, basada en la técnica de proyección, reduce la información 3D del cuerpo a un mismo plano, y debido a la superposición se pierde la exacta localización tridimensional de las estructuras de interés (Thali et al., 2002).

Un artículo reciente sugiere una simplificación en el procedimiento autopsico clásico, mediante la utilización de la autopsia mínima o virtopsia, por técnicas de imagen avanzadas (TC, RMN), (Poder Judicial de Neuquén, 2023).

En nuestro trabajo, las imágenes fueron analizadas por un Médico Forense del Cuerpo Médico Forense del Superior Tribunal de Justicia de Entre Ríos, quien resaltó que la reconstrucción 3D, TAC y RMN, permiten perennizar el estado interno del organismo sin alterarlo de manera definitiva e irreversible. Por otro lado, mencionó que las imágenes muestran lesiones en distintas dimensiones y con la posibilidad de ver detalles que a simple vista son difícil de observar sin alterar el medio, especialmente tejido óseo y en menor medida en tejido blando, órganos sólidos, corazón y grandes vasos. Sin embargo, insiste en la utilización de este aporte tecnológico de manera complementaria a la autopsia convencional, debido a que la autopsia convencional implica la visión directa de los órganos y tejidos, lo cual es un factor importante en la producción de la prueba en el ámbito de la Justicia. Un inconveniente que destaca es el alto costo que tienen los equipos para obtención de imágenes de mayor complejidad en comparación con los recursos financieros con los que cuenta el Estado actualmente. Asimismo, cree que las autopsias clásicas se verían enriquecidas con la incorporación de esta tecnología, para aumentar el caudal de información que necesita la justicia.

La RM se utiliza para examinar tejidos blandos, lesiones de ligamentos, tendones, lesiones de médula espinal, columna vertebral y patologías cerebrales.

En el caso de *proyectiles de arma de fuego*, el estudio aporta información de utilidad cuando se necesita saber la localización y trayectoria exacta del objeto dentro de un cuerpo. La reconstrucción tridimensional puede aportar información del recorrido que realiza el proyectil dentro del cuerpo.

Para el análisis de *fracturas por trauma* se realizaron cortes axiales donde se pudo identificar diferentes tipos de fracturas en diáfisis, epífisis y metáfisis, provocados ya sea por tracción, compresión, torsión, flexión o cizallamiento. Los distintos cortes coronales obtenidos, mostraron el recorrido de dichas fracturas a lo largo de las piezas óseas. La posterior reconstrucción 3D permite la exacta definición de las piezas y detalles adicionales de interés que no pueden verse fácilmente en una imagen planar.

En cuanto a lesiones por *arma blanca*, se pudo observar la presencia de un cuerpo extraño de aspecto corto punzante alojado en pieza osteológica.

Debido a que esta investigación se basó principalmente en el estudio de piezas osteológicas para poder determinar la localización de proyectiles, fracturas, cuerpos extraños, la RM no aporta información relevante a esta investigación.

Se pretende a futuro crear un protocolo de trabajo para la optimización del uso de las imágenes que pueden complementar el examen forense en las autopsias.

CONSIDERACIONES FINALES

En este proyecto se pudo determinar que la combinación de técnicas de imágenes como TC con reconstrucción tridimensional y radiografías digitales pueden aportar información relevante en comparación con las autopsias realizadas por el método convencional, sobre todo en el campo descriptivo de lesiones internas, aportando información rápida y precisa, no invasiva que queda disponible como prueba judicial para nuevos análisis.

También se pudo observar, que la reconstrucción 3D, TC y RMN, permiten perennizar el estado interno del organismo sin alterarlo de manera definitiva e irreversible.

Se llega a la conclusión que la autopsia virtual resulta de gran ayuda para la Medicina forense, utilizando este aporte tecnológico de manera complementaria a la autopsia convencional, ya que la misma es una visión directa de órganos y tejidos, siendo este un tema delicado en la producción de la prueba en el ámbito de la justicia; enriqueciendo el campo descriptivo de lesiones internas, aportando información rápida, precisa, no invasiva y disponible para un nuevo y futuro análisis.

Una limitación de este estudio es no haber podido utilizar cadáveres humanos ya que no se cuenta con la habilitación necesaria para realizar este tipo de estudios en los equipos de imágenes realizados. Sin embargo, se destaca que las imágenes muestran lesiones en distintas dimensiones y con la posibilidad de ver detalles que a simple vista son muy difíciles de observar sin alterar el medio, especialmente tejido óseo. Y que no es tan claro en tejido blando, órganos sólidos, corazón y grandes vasos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aso, J., Martínez-Quñones, J. V., Aso-Vizán, J., Pons, J., Arregui, R. y Baena, S. (2005). Virtopsia. Aplicaciones de un nuevo método de inspección corporal no invasiva en ciencias forenses. *Cuadernos de Medicina Forense*, 11(40), 95-106. <https://scielo.isciii.es/pdf/cmfn/n40/Art01.pdf>

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (4 de septiembre de 2023). *La Morgue se capacita sobre autopsias virtuales en Israel*. <https://www.csjn.gov.ar/>. Obtenido de <https://www.csjn.gov.ar/novedades/detalle/7486>

Do Rosário Junior, A. F., Couto Souza, P. H., Coudyzer, W., Thevissen, P., Willems, G. y Reinhold, J. (2012). Virtual autopsy in forensic sciences and its applications in the forensic odontology. *Odonto Ciência*, 27(1), 5-9. <https://www.scielo.br/j/roc/a/n6sh6XCDkcCMPzQNvD-nCnPh/?format=pdf>

Haroon, S. (27 de noviembre de 2013). UK's first digital autopsy centre opens in Sheffield. 3D software and scanner to take the place of scalpel at £3 m postmortem facility, first of 18 planned for England and Wales. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/science/2013/nov/27/uk-first-digital-autopsy-centre-sheffield-postmortem>

Najar Céspedes, A. P. (2012). Virtopsia: Radiología en medicina forense. *Salud Areandina*, (1)1, 60-76. <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Nn/article/view/311/340>

Poder Judicial de Neuquén. (3 de noviembre de 2023). *Revista científica del CONICET destaca el trabajo del Cuerpo Médico Forense neuquino* [noticia]. <https://www.jusneuquen.gov.ar/revista-del-conicet-destaca-el-trabajo-del-cuerpo-medico-forense/>

Thali, M. J., Yen, K., Plattner, T., Schweitzer, W., Vock, P., Ozdoba, C. y Dirnhofer, R. (2002). Charred body: virtual autopsy with multi-slice computed tomography and magnetic resonance imaging. *Journal of Forensic Sciences*, 47(6), 1326-31 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12455658>

Thali, M. J. (Ed.), Dirnhofer, R. (Ed.) y Vock, P. (Ed.). (2009). *The virtopsy approach : 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine*. CRC Press.