



La fractografía ósea como herramienta para interpretar la propagación de fracturas y la dirección del impacto: un estudio de caso.

BONE FRACTOGRAPHY AS A TOOL FOR INTERPRETING FRACTURE PROPAGATION AND IMPACT DIRECTION: A CASE STUDY.

Saravia Yataco JA¹, Poma Osorio Pg².

1 Analista antropólogo. Unidad Médico Legal II - Pasco, Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Perú.

2 Médico legista. Unidad Médico Legal II - Pasco, Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Perú.

RESUMEN: La fractografía ósea ha emergido como una herramienta clave en la antropología forense, proporcionando un análisis detallado de las fracturas óseas que supera los enfoques tradicionales. Este estudio de caso emplea el análisis fractográfico para examinar una fractura tibial ocurrida como resultado de un evento de derrumbe en una mina. Los resultados revelaron que la fractura se originó en la parte posterior de la tibia, extendiéndose hacia la parte anterior, lo que sugiere que el impacto ocurrió en la región anterior de la pierna. Este hallazgo se corroboró con las lesiones de tejidos blandos observadas por el médico forense, demostrando la capacidad de la fractografía para determinar tanto la dirección de propagación de la fractura como la ubicación/dirección del impacto. Este estudio no solo llena un vacío en la literatura en español, sino que también destaca el potencial de la fractografía ósea en la interpretación de fracturas en contextos forenses. Se recomienda su integración continua en la práctica antropológica forense, ya que ofrece un enfoque más preciso y detallado para la reconstrucción de eventos traumáticos.

PALABRAS CLAVE: FRACTOGRAFÍA ÓSEA, FRACTURAS ÓSEAS, BIOMECÁNICA ÓSEA, ANTROPOLOGÍA FORENSE.

ABSTRACT: Bone fractography has emerged as a key tool in forensic anthropology, providing a detailed analysis of bone fractures that goes beyond traditional approaches. This case study uses fractographic analysis to examine a tibia fracture that occurred as a result of a mine collapse. The results showed that the fracture originated in the posterior tibia and extended anteriorly, suggesting that the impact occurred in the anterior region of the leg. This finding was corroborated by the soft tissue injuries observed by the forensic pathologist, demonstrating the ability of fractography to determine both the direction of fracture propagation and the location/direction of impact. This study not only fills a gap in the Spanish literature, but also highlights the potential of bone fractography in the interpretation of fractures in forensic contexts. Its further integration into forensic anthropological practice is recommended, as it offers a more accurate and detailed approach to the reconstruction of traumatic events.

KEY WORDS: BONE FRACTOGRAPHY, BONE FRACTURES, BONE BIOMECHANICS, FORENSIC ANTHROPOLOGY.

CONTACTO: José Augusto Saravia Yataco Email: jsaravia9419@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

El análisis de fracturas óseas ha sido fundamental para la evolución de la antropología forense como disciplina científica [1,2]. Actualmente, la comunidad forense reconoce que los antropólogos pueden contribuir significativamente en investigaciones medicolegales, proporcionando evidencia esquelética que ayuda a esclarecer la causa y la manera de la muerte [3, 4, 5, 6,7]. Sin embargo, el debate sobre el enfoque teórico-metodológico más adecuado para la interpretación de fracturas continúa vigente [8].

En la actualidad, la antropología forense aborda el análisis de fracturas óseas desde dos enfoques principales: el

enfoque tipológico y el biomecánico [8]. El enfoque tipológico se basa en el análisis de la ubicación y morfología de la fractura desde una perspectiva bidimensional. A partir de esta información, clasifica las fracturas en categorías (e.g. oblicuas, en mariposa, de Parry), asociando cada tipo con una fuerza específica. En cambio, el enfoque biomecánico estudia la estructura tridimensional de la superficie de la fractura para determinar las fuerzas responsables de la falla ósea, como la tensión, compresión o cizallamiento, y las condiciones externas relacionadas, como la magnitud y dirección de esas fuerzas. Un estudio realizado por L'Abbé y colegas [8] reveló que, en una fractura en mariposa, la dirección de la flexión era opuesta a la del impacto, lo que contradecía los conocimientos clásicos sobre la dirección de la carga en

este patrón de fractura. Este hallazgo pone en evidencia las limitaciones del enfoque tipológico, el cual se centra únicamente en clasificar las fracturas sin proporcionar una interpretación detallada de los mecanismos causales. En contraste, los autores destacaron las ventajas del enfoque biomecánico, que permite una comprensión más precisa y completa de los procesos involucrados en la falla ósea. En este contexto, la fractografía ósea, un método recientemente propuesto por Christensen y colegas [9], emerge como una innovadora alternativa dentro del enfoque biomecánico, ofreciendo resultados prometedores para la interpretación de fracturas óseas.

En términos generales, la fractografía es el estudio de las fisuras y fracturas¹ de materiales con el fin de entender las causas de la falla y los mecanismos involucrados [10]. En el campo de la antropología forense, la fractografía ósea consiste en el análisis microscópico de las superficies fracturadas con el objetivo de identificar características morfológicas que indiquen la dirección de propagación de la fractura y la ubicación del impacto responsable de la lesión [10]. Algunas investigaciones recientes han demostrado la eficacia de la fractografía ósea tanto en entornos experimentales como en entornos no controlados, resaltando su potencial en el ámbito médicolegal [9, 11]. Sin embargo, se ha observado que la aplicación de la fractografía ósea es aún limitada en los países de habla hispana.

La literatura científica en español carece de estudios sobre la aplicación de la fractografía ósea en la antropología forense. Según el conocimiento de los autores, no existen publicaciones en español al respecto, y su presencia en eventos académicos, como congresos o seminarios web, es casi nula. Por estas razones, este documento tiene como objetivo destacar la utilidad y pertinencia de la fractografía ósea en el ámbito médicolegal, tomando como referencia un caso de estudio evaluado en la Unidad Médico Legal de Pasco, Perú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Breve antecedente.

Un hombre adulto perdió la vida en un derrumbe dentro de una instalación minera, sufriendo múltiples lesiones traumáticas que comprometieron tanto tejidos blandos como óseos. El caso fue atendido en la Unidad Médico Legal de Pasco, Perú.

2.2. Muestra ósea.

Durante la autopsia se extrajo un fragmento de la superficie proximal de la fractura ubicada en la sección media de la diáfisis tibial izquierda. Este fragmento fue procesado para eliminar los tejidos blandos y posteriormente se sometió a un análisis fractográfico.

2.3. Método.

El análisis fractográfico de la fractura ósea se llevó a cabo siguiendo los procedimientos descritos por Christensen y colegas [10]. Se examinó la superficie transversal de la fractura con el propósito de identificar los rasgos fractográficos correspondientes a los modos de fallo (compresión, tensión y flexión), los cuales se detallan en la Tabla 01. Esto permitió determinar la dirección de la propagación de la fractura, y la ubicación/dirección del impacto. Se realizó una observación preliminar con una lente de aumento de 20x, seguida de un examen detallado con un aumento de 50x utilizando un microscopio digital marca Dino-Lite, modelo AM7013MT®.

1. En la ciencia de ingeniería de materiales, se distingue entre fractura, que es una separación completa del material, y fisura, que se refiere a una fractura en proceso.

Tabla 01. Resumen de los rasgos fractográficos evaluados en la superficie de fractura ósea (modificado de [10])

Término	Definición
Espejo óseo (Bone mirror)	Una región que es relativamente plana o carece de características distintivas en comparación con el resto de la superficie de la fractura, y que señala el origen de la fractura.
Estrías óseas (Bone hackle)	Una región irregular con estrías angulares o redondeadas alineadas en la dirección de propagación, resultado del aumento en la velocidad e inestabilidad de la fisura.
Crestas de detención (Arrest ridges)	Una región con picos pronunciados, alineados aproximadamente en dirección perpendicular a la propagación de la fisura, que resulta de cambios drásticos en la velocidad de propagación. Esta región indica la zona de fallo por compresión.
Voladizo curvado (Cantilever curl)	Un labio curvado que se forma justo antes de la fractura completa de un hueso sometido a flexión, señalando el punto final de la fractura. En la literatura antropológica temprana, también se le conoce como espolón de ruptura.

3. CASO DE ESTUDIO.

3.1. Examen médico forense.

Dado que el propósito de este documento es mostrar la aplicación del análisis fractográfico en fracturas óseas, nos enfocamos específicamente en las lesiones traumáticas identificadas en la pierna izquierda. A continuación, se detallan dichas lesiones:

Se observó una abrasión lineal de aproximadamente 60 mm con disposición vertical, junto con dos contusiones circulares de aproximadamente 40 mm de diámetro, ubicadas en la región anterior de la pierna izquierda (Fig. 01). Tras la disección de las contusiones mencionadas, se encontró una colección difusa de sangre (hematoma subcutáneo) más extensa que las lesiones visibles, la cual se asociaba a una fractura completa en la sección media de la tibia (Fig. 02).

Durante la autopsia, se extrajo una muestra del segmento proximal de la tibia fracturada para someterla a un análisis fractográfico (Fig. 03).

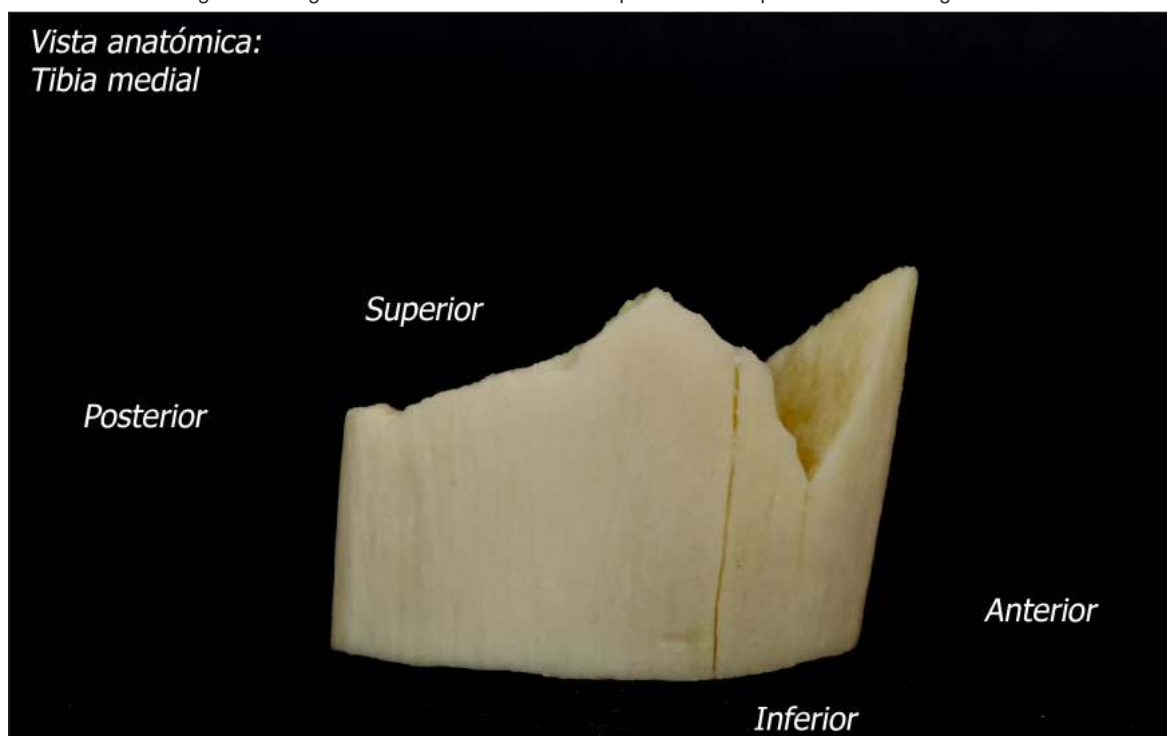
Figura 01. Abrasiones y contusiones ubicadas en la región anterior de la pierna izquierda.



Figura 02. Hematoma subcutáneo asociado a una fractura completa de la diáfisis tibial.



Figura 03. Segmento de tibia con fractura completa extraída para análisis fractográfico.



3.2. Análisis fractográfico de la fractura ósea.

La evaluación antropológica inicial identificó un patrón general de fractura consistente en una fractura transversal completa en la sección media de la tibia izquierda, situada a aproximadamente 180 mm de la meseta tibial. Algunas características adicionales de esta fractura son las siguientes: simple en cuanto a complejidad, cerrada por su falta de exposición, de origen politónico en relación con el proceso biomecánico, y causada por una fuerza focalizada.

La evaluación fractográfica de la superficie fracturada reveló la presencia de un espejo óseo en la superficie posterior, así como zonas de estrías en la interfase entre el plano posteroanterior, crestas de detención y un sutil voladizo en la superficie anterior (Fig. 04). La distribución anatómica de estos rasgos fractográficos, con el espejo óseo y las zonas de estrías en el plano posterior (Fig. 05) y las crestas de detención y el voladizo en el plano anterior (Fig. 06), indica que la fractura se originó en el plano posterior de la tibia y se propagó hacia el plano anterior. Esto sugiere que la fuerza se

aplicó en dirección anterior a posterior, lo que implica que el punto de impacto se encuentra en la región crural anterior.

Los resultados del análisis fractográfico de la fractura fueron consistentes con los hallazgos en tejidos blandos obtenidos por el médico forense durante la autopsia. El espejo óseo se encontraba en la superficie posterior de la tibia, lo que indicaba la ubicación de la zona de fallo por tensión y el inicio de la fractura (Fig. 05). Por otro lado, en la superficie anterior de la tibia se observaron las crestas de detención y un voladizo, las cuales señalaban la localización de la zona de fallo por compresión y, en consecuencia, la ubicación del punto de impacto (Fig. 06). En resumen, los hallazgos fractográficos indicaron que la fractura se inició en el lado posterior de la tibia, desplazándose de posterior hacia anterior, sugiriendo que la tibia fue golpeada en el lado anterior con una dirección de impacto de anterior a posterior. Estos resultados fueron corroborados por las lesiones en los tejidos blandos, como abrasiones, contusiones y hematomas subcutáneos en la parte anterior de la pierna, lo que confirmó que el área de impacto estaba en esa región.

Figura 04. Superficie transversal de la diáfisis tibial fracturada. Las líneas blancas señalan los rasgos fractográficos: espejo óseo, zona de estrías, crestas de detención y voladizo. Las flechas blancas señalan la ubicación del impacto, inicio de la fractura y dirección de la propagación. P: posterior; A: anterior; L: lateral; M: medial.

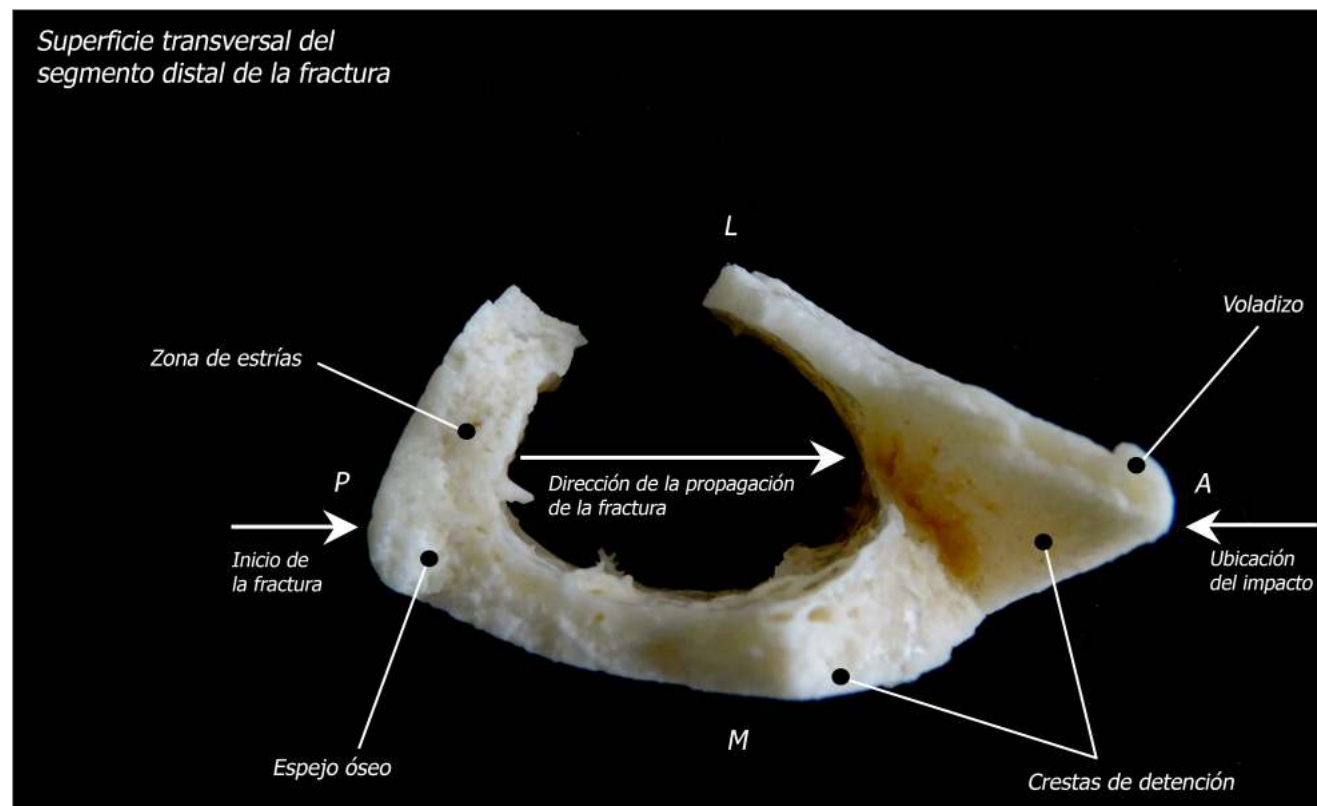


Figura 05. Región posterior de la superficie transversal de la diáfisis tibial fracturada. Las líneas blancas señalan los rasgos fractográficos presentes en la zona de fallo por tensión (espejo óseo y zona de estrías). La flecha blanca indica la dirección en la que se propagó la fractura desde su punto de origen.

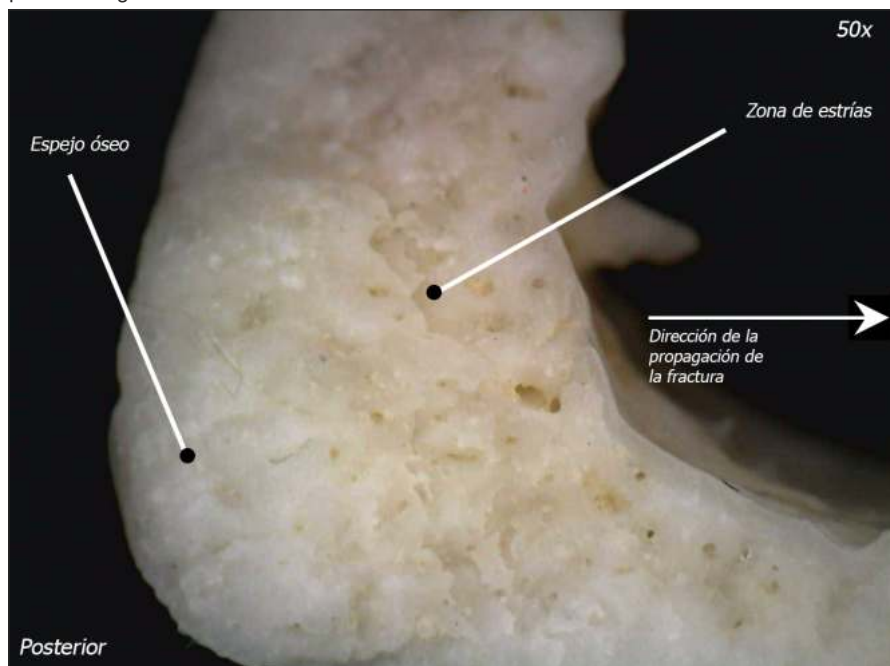
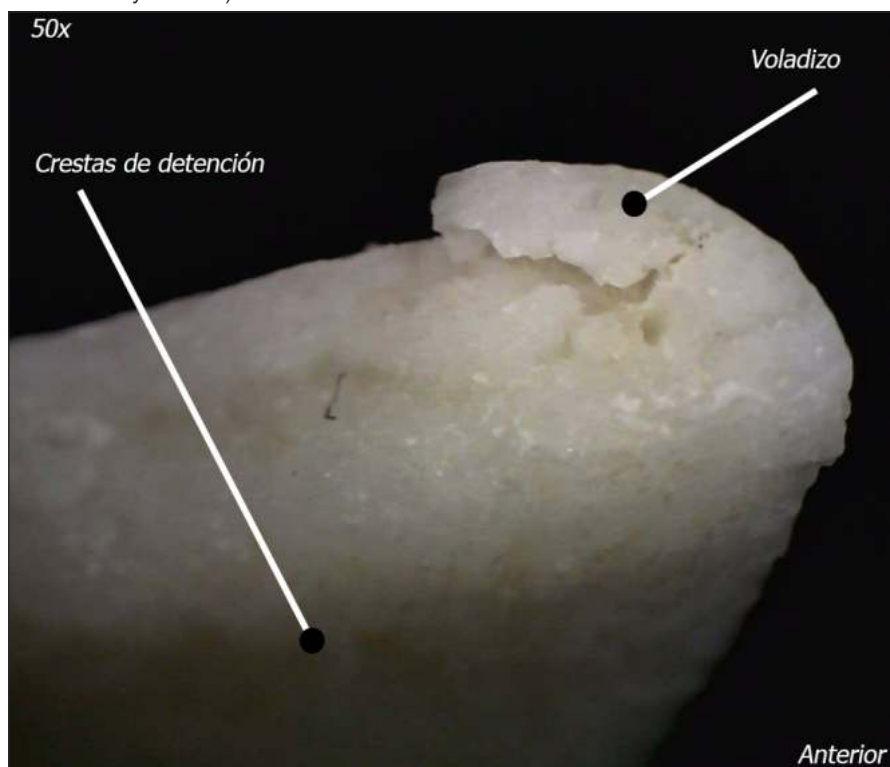


Figura 06. Región anterior de la superficie transversal de la diáfisis tibial fracturada. Las líneas blancas señalan los rasgos fractográficos presentes en la zona de fallo por compresión (crestas de detención y voladizo). La flecha blanca indica la dirección en la que se propagó la fractura desde su punto de origen.



4. DISCUSIÓN.

La fractografía ósea ha emergido como una herramienta prometedora en la antropología forense, aunque su aplicación es relativamente reciente. Investigaciones previas, como las de Christensen y colaboradores [9], han demostrado la capacidad de este método para determinar el punto de inicio y la dirección de propagación de una fractura, así como la ubicación del impacto, basándose en características morfológicas ubicadas en la superficie transversal de la fractura. Por otra parte, Love y Christensen [12] validaron estas aplicaciones en contextos reales mediante estudios en la Oficina del Médico Forense de Columbia, mientras que Lillard y Christensen [11] y Christensen y colegas [13] confirmaron su eficacia en el análisis de fracturas causadas por mecanismos balísticos. A pesar de estos avances, la literatura científica en español aún presenta una brecha significativa en la aplicación de la fractografía ósea. Este estudio busca no solo llenar esta brecha al aplicar el método en un contexto de habla hispana, sino también aportar nuevos conocimientos sobre su utilidad en casos forenses específicos en la región. La discusión a continuación evaluará cómo nuestros hallazgos se relacionan con las investigaciones anteriores, qué implicaciones tienen para el campo y cómo podrían guiar futuras investigaciones en este ámbito.

Nuestros hallazgos demuestran que es posible identificar el punto de inicio y la dirección de propagación de una fractura, así como la localización del impacto mediante el análisis de las características fractográficas. La presencia del espejo óseo en la superficie posterior de la diáfisis tibial sugiere que esta región experimentó la mayor tensión, identificando así el punto de origen de la fractura [9]. En contraste, las crestas de detención y el voladizo observados en la superficie anterior de la diáfisis tibial indican la zona de compresión y, por ende, el punto de impacto [9]. Aplicando el principio del "weakest link" o eslabón más débil, el cual establece que una fractura se inicia y propaga desde la zona más débil [14], podemos concluir que la fractura comenzó en la superficie posterior de la diáfisis tibial (zona de tensión) y se propagó hacia la región anterior (zona de compresión), donde ocurrió el impacto. En resumen, el análisis fractográfico reveló que la fractura se inició en el lado posterior, desplazándose de posterior hacia anterior, sugiriendo que el hueso fue golpeado en el lado anterior (dirección del impacto de adelante hacia atrás).

Aunque nuestros resultados son consistentes con la investigación previa sobre fractografía ósea, este caso

presenta características peculiares que merecen una discusión más profunda. La superficie del espejo óseo resultó plana y uniforme, mientras que la zona de estrías mostró crestas angulares, morfologías esperadas para estos rasgos (Fig. 05). Por el contrario, las crestas de detención se destacaron por sus picos muy elevados y surcos profundos (Fig. 03-04), lo que podría reflejar la cantidad de energía involucrada en el impacto [11]. Christensen y colaboradores [10] indicaron que estas crestas se forman debido a un aumento abrupto de la energía y a cambios en los modos de fallo (paso de la zona de tensión a la zona de compresión), sugiriendo que la longitud de las crestas reflejaría la magnitud del impacto. Este patrón posiblemente sería consistente con la naturaleza del evento, un derrumbe que involucró múltiples objetos cayendo y desacelerando sobre el cuerpo del individuo. Por otro lado, el voladizo apareció incompleto, ya que la superficie se desgarró pero no se desprendió por completo (Fig. 06). Esto podría indicar una pérdida de energía en la propagación de la fractura, ya que es el último punto de disipación de energía.

Las lesiones traumáticas en los tejidos blandos complementan los análisis fractográficos de la fractura [12]. Las abrasiones, contusiones y hematomas observados en la región anterior de la pierna izquierda durante la autopsia proporcionaron información valiosa sobre la naturaleza de la lesión, así como la ubicación y dirección del impacto, corroborando los hallazgos de la evaluación fractográfica. Cabe precisar que la ausencia de lesiones en tejidos blandos dificulta la determinación fiable del punto de impacto, ya que, sin ellas, la evidencia de los patrones de fractura solo revela la dirección de la fuerza [8, 15]. No obstante, en el presente caso y en otras investigaciones sobre fractografía ósea, el punto de impacto a menudo coincide con los rasgos fractográficos relacionados con la zona de fallo por compresión como las crestas de detención y el voladizo [12, 16]. Esto sugiere que la evaluación fractográfica puede ser útil para identificar el punto de impacto solo a partir del análisis de las fracturas óseas. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para confirmar la correlación entre las lesiones en tejidos blandos, los rasgos fractográficos y la ubicación del impacto. Hasta que se disponga de tales estudios, recomendamos que las interpretaciones sobre el punto de impacto sean abordadas interdisciplinariamente en conjunto con los hallazgos del médico forense en tejidos blandos.

Consideramos que la fractografía ósea representa un cambio de paradigma en la interpretación de las fracturas

óseas en la antropología forense, con implicaciones significativas para la práctica. Este cambio de paradigma se manifiesta en el tránsito de la interpretación de fracturas a través de la visualización bidimensional de patrones de fractura (enfoque tipológico) hacia un enfoque basado en la comprensión de los modos de fallo óseo en superficies tridimensionales (enfoque biomecánico).

A continuación, se presentan algunas pautas para orientar nuestra práctica hacia un fortalecimiento del enfoque fractográfico:

- Sugerimos evitar la reconstrucción de los fragmentos fracturados. Es común utilizar pegamentos, a veces irreversibles, para unir los fragmentos óseos con el fin de reconstruir y visualizar el patrón de fractura. Sin embargo, la fricción al unir los fragmentos puede dañar irreversiblemente las superficies de las fracturas, donde se encuentran algunos rasgos fractográficos importantes. Además, la unión de los fragmentos puede obstruir la visualización de las superficies de fractura y dejar restos de pegamento que complican el análisis. Estas prácticas pueden dificultar e incluso imposibilitar la aplicación del método fractográfico.
- Recomendamos buscar activamente capacitación en fractografía ósea. Este método, introducido en una publicación por Christensen y colegas en 2018 [9], es relativamente nuevo y, por lo tanto, aún no existen programas académicos específicos en fractografía ósea, especialmente en países de habla hispana. Algunas estrategias de autoaprendizaje para formarse en esta área incluyen la revisión exhaustiva de publicaciones relevantes, como la guía detallada publicada por Christensen y colegas en 2022 [10]. También sugerimos inscribirse en el webinar gratuito sobre fractografía ósea disponible en línea (<https://forensiccoe.org/webinar-2022-forensic-fractography-bone/>), dictado por Angie Christensen, una de las principales expertas en el campo. También aconsejamos familiarizarse con los rasgos fractográficos en la práctica cotidiana de los servicios de antropología forense y centros de investigación, ya que la experiencia en su identificación es crucial para la correcta aplicación del método [9].
- Aconsejamos valorar el estado de preservación de los restos antes de aplicar métodos fractográficos. La viabilidad de aplicar la fractografía depende del estado de los restos humanos; los antropólogos forenses

enfrentan casos tanto de cuerpos completamente esqueletizados como de cadáveres frescos con tejidos blandos adheridos. En restos esqueletizados, la aplicación de la fractografía es relativamente sencilla, aunque es necesario evaluar el impacto de la tafonomía en las superficies de las fracturas. En el análisis de fracturas durante la autopsia de cadáveres frescos, es esencial extraer el segmento óseo fracturado para la eliminación del tejido blando adherido. Como alternativa a la extracción del segmento óseo fracturado en cadáveres frescos, se ha propuesto el uso de tomografía computarizada (CT-SCAN) para observar los rasgos fractográficos [16, 17]. La tecnología CT-SCAN podría permitir a los antropólogos participar en la interpretación de fracturas en personas vivas en casos judiciales donde haya incertidumbres sobre el mecanismo lesional [17].

En resumen, este estudio demuestra que la fractografía ósea puede revolucionar la antropología forense al proporcionar un análisis biomecánico de las fallas óseas. Su discusión en contextos de habla hispana no solo llena una brecha significativa en la literatura, sino que también resalta su potencial para mejorar la precisión en la identificación del mecanismo lesional de las fracturas. Las implicancias de estos hallazgos sugieren que integrar la fractografía ósea en las prácticas forenses puede elevar la calidad de la investigación medicolegal y abrir nuevas avenidas para estudios futuros en este campo emergente.

5. CONCLUSIONES.

El análisis fractográfico realizado en el caso presentado ha demostrado la capacidad del método para revelar detalles cruciales sobre biomecánica de la fractura. La identificación de rasgos fractográficos como el espejo óseo, la zona de estrías, las crestas de detención y el voladizo en la superficie fracturada indican claramente que la fractura se originó en la región posterior y se propagó hacia la anterior de la diáfisis tibial, en respuesta a un impacto de dirección antero-posterior. Este hallazgo respalda la efectividad de la fractografía ósea en la determinación del punto de impacto y la dirección de la propagación de la fractura, destacando su valor en el análisis antropológico forense. A medida que se continúe con la investigación experimental y casuística, y que se implemente tecnologías como la microscopía y/o la tomografía computarizada, el enfoque fractográfico tiene el potencial de transformar el paradigma en la interpretación de fracturas óseas. ¡Animamos a los antropólogos forenses

de los países de habla hispana a explorar este nuevo método e integrarlo en su práctica profesional!

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. DIRKMAAT DC, CABO LL, OUSLEY SD, SYMES SA. New perspectives in forensic anthropology. *Am J Phys Anthropol.* 2008;137(S47):33-52. doi:10.1002/ajpa.20948.
2. SYMES SA, L'ABBÉ EN, CHAPMAN EN, WOLFF I, DIRKMAAT DC. Interpreting traumatic injury to bone in medicolegal investigations. En: Dirkmaat D, editor. *A companion to forensic anthropology.* Blackwell Publishing Ltd; 2012. p. 340-89. doi:10.1002/9781118255377.ch17.
3. BARAYBAR JP, GASIOR M. Forensic anthropology and the most probable cause of death in cases of violations against international humanitarian law: an example from Bosnia and Herzegovina. *J Forensic Sci.* 2006;51(1):103-8. doi:10.1111/j.1556-4029.2005.00035.x
4. CHRISTENSEN AM, PASSALACQUA NV, SCHMUNK GA, FUDENBERG J, HARTNETT K, MITCHELL RA, et al. The value and availability of forensic anthropological consultation in medicolegal death investigations. *Forensic Sci Med Pathol.* 2015;11(3):438-41. doi:10.1007/s12024-015-9687-3
5. PASSALACQUA N, RAINWATER C. *Skeletal trauma analysis.* John Wiley & Sons, Ltd.; 2015. doi:10.1002/9781118384213
6. SERRULLA F. *Atlas de antropología forense: correlaciones desde la patología forense.* Cizur Menor: ARANZADI; 2015.
7. BLAU S. How traumatic: a review of the role of the forensic anthropologist in the examination and interpretation of skeletal trauma. *Aust J Forensic Sci.* 2016;49(3):261-80. doi:10.1080/00450618.2016.1153715
8. L'ABBÉ EN, SYMES SA, RAYMOND DE, UBELAKER DH. The Rorschach butterfly: understanding bone biomechanics prior to using nomenclature in bone trauma interpretations. *Forensic Sci Int.* 2019;299:187-94. doi:10.1016/j.forsciint.2019.04.005
9. CHRISTENSEN AM, HEFNER JT, SMITH MA, BLAKELY WEBB J, BOTTRELL MC, FENTON TW. Forensic Fractography of Bone: A New Approach to Skeletal Trauma Analysis. *Forensic Anthropol.* 2018;1(1):32-51. doi:10.5744/fa.2018.0004
10. CHRISTENSEN A, ISA M, SMITH M, HEFNER J, BERRYMAN H, SAGINOR I, WEBB J. A guide to forensic fractography of bone. Zenodo; 2022 Feb 10. doi:10.5281/zenodo.6013748
11. LILLARD K, CHRISTENSEN AM. Fractography of long bones with high-velocity projectile trauma. *Forensic Anthropol.* 2020; Vol. x(No. x):1-4. doi:10.5744/fa.2020.1020
12. LOVE JC, CHRISTENSEN AM. Application of bone fractography to a medical examiner sample: A case series. *Forensic Anthropol.* 2018;1(4):221-7. doi:10.5744/fa.2018.0024
13. CHRISTENSEN AM, RICKMANN JM, BERRYMAN HE. Forensic fractography of bone: fracture origins from impacts, and an improved understanding of the failure mechanism involved in beveling. *Forensic Anthropol.* 2021 Jul;4(1):57-69. doi:10.5744/fa.2020-0041
14. KOMARD, BUIKSTRA J. *Forensic Anthropology: Contemporary Theory and Practice.* Oxford: Oxford University Press; 2008.
15. COLLINI F, MUCCINO E, BIEHLER-GOMEZ L, CUMMAUDO M, GORIO C, CATTANEO C. Correlation of soft tissue and skeletal injuries in cases of violent death: a retrospective study of autopsy cases for forensic anthropology. *J Forensic Sci.* 2022;68(1):59-65. doi:10.1111/1556-4029.15171.
16. MACHIN R, CHRISTENSEN AM. The role of fractography in forensic pathology and anthropology examinations. En: Rutty GN, editor. *Essentials of Autopsy Practice: Updates and Reviews to Aid Practice.* Cham: Springer Nature Switzerland AG; [2022].
17. CHRISTENSEN AM, HATCH GM. Forensic fractography of bone using computed tomography (CT) scans. *J Forensic Radiol Imaging.* 2019. doi:10.1016/j.jofri.2019.08.002.