

e-ISSN: 2992-8036

Acta Ortopédica Mexicana



2025

6

Vol. 39, Número

Noviembre • Diciembre

Indexada en PubMed y SciELO

Órgano Oficial del Colegio Mexicano de Ortopedia y Traumatología, A.C.

www.colegiocmo.com.mx





LO MEJOR DE LA VIDA, NOS MUEVE.



Mobilee®

Collavant®n2



FICHA TÉCNICA



ESTE PRODUCTO NO ES UN MEDICAMENTO.
EL CONSUMO DE ESTE PRODUCTO ES RESPONSABILIDAD
DE QUIEN LO RECOMIENDA Y DE QUIEN LO USA.

No. de Permiso: 253300201A1864

ifa
CELTICS®

ACTA ORTOPÉDICA MEXICANA

DIRECTOR EDITORIAL

Dr. Guillermo de Jesús García Félix Díaz

EDITOR EN JEFE

Dr. Armando Torres Gómez, MSc, FACS

COEDITORES

Dr. Roberto Berebichez Fridman

Dra. Ana Luisa Bravo Mercado

Dr. Francisco Guillermo Castillo Vázquez

Dr. Miguel Ángel Clara Altamirano

Dr. Efraín Fariñas Cisneros, PhD, FACS

Dr. Salomón Jasqui Remba

Dr. Pedro Jorba Elguero

Dr. Jorge Luis Martínez Peniche

Dr. Juan Matus Jiménez

Dra. Elizabeth Pérez Hernández

Dr. Carlos Rafael Procell Villalobos

Dr. Jacobo Saleme Cruz

Dra. Ana María Serrano Ardila

COEDITORES INTERNACIONALES

Dr. Javier Masquijo – Argentina

Dra. Elena Vacas Sánchez – España

Dr. Alex Beteck – EUA

Dr. Pablo Castañeda Leeder – EUA

COORDINADOR MÉDICO

Dr. Francisco Guillermo Castillo Vázquez

ASESOR EN ÉTICA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Jesús Javier Briseño Pérez

ASESORA CIENTÍFICA

Dra. Gabriela Angélica Martínez Nava

COORDINADORA EDITORIAL

Lic. María Fernanda González Velasco

CONSEJO EDITORIAL/PAST EDITORS

Dr. M. Iván Encalada Díaz

Dr. Felipe Gómez García

Dr. Octavio Sierra Martínez

CONSEJO DIRECTIVO 2024-2026

PRESIDENTE Dr. Guillermo de Jesús García
Félix Díaz

VICEPRESIDENTE Dr. Daniel Diego Ball

1º SECRETARIO PROPIETARIO Dr. Arturo Joaquín Chávez

TESORERO PROPIETARIO Dr. Ernesto A. Delgado Cedillo

IIº SECRETARIO PROPIETARIO Dr. José Luis Rodríguez Flores

1º SECRETARIO SUPLENTE Dr. Cesáreo Trueba Vasavilbaso

IIº SECRETARIO SUPLENTE Dra. María de la Luz Ortiz Gutiérrez

TESORERO SUPLENTE Dra. Stephany Villanueva Martínez

PRESIDENTE CONGRESO 2025 Dr. Pablo Arturo García Zárate



COLEGIO MEXICANO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA A.C. Sociedad Mexicana de Ortopedia (Fundada en 1946)

World Trade Center México

Montecito Núm. 38, Piso 25, Oficinas 23-27, Col. Nápoles,

C.P. 03810 Ciudad de México

Tel. 55-9000-2790 al 94. Internet: <https://www.colegiocmo.com.mx>

E-mail: revista@colegiocmo.com.mx

COORDINADORES DE COMITÉS ESPECIALES (VOCALES)

Dr. Fidel E. García Dobarganes Barlow

Dra. Alexia Cesin Abdala

Dra. Diana Ramos Cruz

Dra. María Martha Rius Zavala

COORDINADORES DE COMITÉS REGULARES

Artroscopia Ortopedia del Dr. Marcos Acuña Tovar

Deporte y Cartílago

Cadera y Rodilla Dr. Efraín Díaz Borjón

Columna Dr. Sergio Soriano Solís

Desastres Dr. José Noé Salazar López

Dolor Dr. Gustavo Alejandro

Rosas Sánchez

Enfermería Ortopédica Enf. Mahumppti Alejandra

Colmenares Torres

Hombro y Codo Dr. Pedro Peláez Dany

Infecciones Óseas Dr. Arturo Pérez Cuellar

Investigación Dr. Patricio Dabdoub González

Mano y Muñeca Dr. Miguel Ángel

Hernández Álvarez

Médicos Generales Dr. Héctor Antonio Soriano Solís

Metabolismo Óseo Dra. Graciela Gallardo García

Ortobiológicos Dra. Sofía Elisa Pastelín Ruíz

Ortopedia Geriátrica Dra. María Fernanda

López Medina

Ortopedia Pediátrica Dr. Oscar Daniel Isunza Alonso

Peritos en Ortopedia Dr. Juan Manuel Viruega Avalos

Pie y Tobillo Dra. Patricia Parra Téllez

Rehabilitación Reh. Paulina de Regil González

Residentes Dr. Daniel Zimbrón López

Trauma y Osteosíntesis Dr. Leonardo Leonardo González

Tumores del Sistema Dr. Jorge Alberto

Músculo-Esquelético Sánchez Rodríguez

COMITÉ DE CREDENCIALIZACIÓN

Dr. Alejandro Herce Santisteban

Dra. Anel Ramiro Domínguez

Dr. Guillermo Alejandro Salas Morales

COMITÉ DE EDUCACIÓN MÉDICA CONTINUA

Dr. Ignacio Cancino Quiroz

Dr. Enrique Guinchard y Sánchez

Órgano Oficial del Colegio Mexicano de Ortopedia y Traumatología, A.C.
Incluida en LILACS (OMS-OPS), EXTRAMED (OMS), MedLine (NLM)

Acta Ortopédica Mexicana Volumen 39, No. 6, Noviembre-Diciembre 2025, es una publicación bimestral editada por el Colegio Mexicano de Ortopedia y Traumatología, A.C.

Montecito 38. Piso 25. Oficinas 23-27. Col. Nápoles. Alcaldía Benito Juárez. C.P. 03810. Ciudad de México, México. Tel. 55 9000 2790.

www.medigraphic.com/actaortopedica revista@smo.edu.mx. Editor responsable. Dr. Armando Torres Gómez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo

No. 04-2022-060212515100-203. e-ISSN: 2992-8036. Ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Internet, Graphimed, S.A. de C.V., Ing. Luis Rosales Jiménez. Coquimbo 936, Col. Lindavista, Alcaldía Gustavo A. Madero.

C.P. 07300. Ciudad de México, México. Fecha de última modificación: 20 de noviembre de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de **Acta Ortopédica Mexicana**.

Contenido / Contents

EDITORIAL / EDITORIAL

- Flexibilidad intelectual: por qué es importante cambiar de opinión y los riesgos de las convicciones absolutas**
Intellectual flexibility: why changing your mind matters and the risks of absolute beliefs
Masquijo JJ 341

ARTÍCULOS ORIGINALES / ORIGINAL ARTICLES

- Correlación de la laxitud de la articulación de la rodilla con parámetros de bioimpedancia y complexión ósea**
Correlation of knee joint laxity with bioimpedance parameters and bone frame size
Garza-López J, Silos-Martínez HP, Hernández-Treviño CA, Guzmán-De La Garza FJ, Morales-Ávalos R, López-García R, Martínez-Domínguez R, Corona-Arámbula G, Chávez-Ramos A, Casas-Tejada RD, Gutiérrez-De La OJ. 343

- Enfoque diagnóstico y manejo en fracturas cuneiformes. Revisión narrativa de la literatura**
Diagnostic approach and management in cuneiform fractures. Narrative review of the literature
Romero-Ante JM, Abril-Botero C. 352

- Fracturas femorales atípicas en una cohorte mexicana de niños y adolescentes con osteogénesis imperfecta. Análisis de trayectorias**
Atypical femoral fractures in a Mexican cohort of children and adolescents with osteogenesis imperfecta. Analysis of trajectories
Bremer A, Clark P, Méndez-Sánchez L, García-de la Torre G 363

- La infección total de rodilla como indicador de calidad clínica**
Total knee infection as a clinical quality indicator
Torres-Gómez A, Isa-Maturana A, Jasqui-Remba S 369

- Morbimortalidad a un año en artroplastía total de cadera por fractura: comparación entre abordaje anterior directo y abordaje lateral**
One-year morbidity and mortality in total hip arthroplasty for fracture: comparison between direct anterior approach and lateral approach
Vanegas-Medellín M, Castillo-Vázquez FG, Fernández-Palomo LJ 372

- Patrones de metástasis ósea en cánceres sólidos en un centro oncológico terciario**
Bone metastasis patterns in solid cancers at a tertiary cancer center
Rosas LC, García-Ortega DY, Clara-Altamirano MA, Martínez-Said H, Villavicencio-Valencia V, Meléndez-Fernández AP, González-Prieto RE, González-Álvarez C, Cuellar-Hubbe M 380

- Tratamiento quirúrgico de la fractura del epicóndilo medial del húmero mediante la técnica «Inside-out». Descripción de la técnica y resultados**
Surgical treatment of the medial epicondyle fracture of the humerus using the «Inside-out» technique. Description of the technique and results
Valenza WR, Faggion HZ, Lange GJS, Galvão BP, Rampazzo MS, Soni JF 386

CASOS CLÍNICOS / CLINICAL CASES

- Artroplastía total de cadera con impactación de injerto óseo en combinación con malla de titanio para reconstrucción de defecto acetabular óseo secundario a necrosis avascular de la cabeza femoral. Presentación de caso clínico y revisión de literatura**
Total hip arthroplasty with impaction bone grafting combined with titanium mesh for acetabular bone defect reconstruction secondary to avascular necrosis of the femoral head. Clinical case presentation and literature review
Zárate-de la Torre M, Dávila-Godínez GE, Aguilar-Ramírez JJ, Cantillo-de Lucio ED, Barrón-Maldonado F, Téllez-Luna SR 394

- Fracturas femorales atípicas bilaterales causadas por uso prolongado de tratamiento con bifosfonato en osteoporosis postmenopáusica**
Bilateral atypical femoral fractures caused by long-term use of bisphosphonate treatment in postmenopausal osteoporosis
Jasqui-Remba S, Grobeisen-Levin S, Jasqui-Romano S, Rodríguez-Rejón G 401

- Fractura por avulsión femoral aislada en la cabeza medial del músculo gastrocnemio en un gimnasta esqueléticamente inmaduro**
Isolated femoral avulsion fracture at the medial head of the gastrocnemius muscle in a skeletally immature gymnast
Carabajal-Mattar M, Azalim B, Masquijo J 405

Editorial

doi: 10.35366/121811

Flexibilidad intelectual: por qué es importante cambiar de opinión y los riesgos de las convicciones absolutas

Intellectual flexibility: why changing your mind matters and the risks of absolute beliefs

Masquijo JJ*

Sanatorio Allende. Córdoba, Argentina.

En el campo de la ortopedia y la traumatología, los avances en tecnología, los estudios a largo plazo y las nuevas investigaciones redefinen constantemente las prácticas y conceptos aceptados. Hace tan solo unas décadas, ciertas técnicas quirúrgicas o enfoques de manejo eran considerados estándar de oro; sin embargo, con el tiempo, algunos de esos métodos han sido reemplazados o mejorados debido a una comprensión más profunda de la biomecánica y la biología del cuerpo humano. Por ejemplo, el manejo de las fracturas diafisarias de fémur en niños en edad escolar ha pasado de requerir frecuentemente largos periodos de tracción y/o enyesado a utilizar de forma estándar clavos elásticos intramedulares, permitiendo una fijación más estable y una movilización mucho más temprana. O por ejemplo, el manejo del pie equinovaro congénito pasó de depender en gran medida de cirugías complejas en etapas tempranas a adoptar predominantemente el método de Ponseti, basado en manipulaciones suaves y yesos seriados, con mínima o ninguna cirugía mayor para la mayoría de los casos. Cada paso en esta evolución refleja un cambio fundamentado en la acumulación de evidencia y una disposición a reexaminar prácticas previas.

Es en este contexto que la expresión «hoy, creo que es así» cobra relevancia. Reconocer que lo que se considera efectivo hoy puede ser obsoleto mañana, permite a los especialistas mantenerse al día y adoptar prácticas que verdaderamente benefician al paciente. Mantener una mente abierta a nuevos descubrimientos y estudios de largo plazo sobre los efectos de un tratamiento es una señal de competencia y madurez profesional, no de debilidad o indecisión. En la transmisión de conocimientos, ya sea

en un ámbito académico, clínico o en una presentación en un curso o congreso, la tentación de presentar nuestras opiniones y experiencias como verdades absolutas puede ser alta. Este fenómeno se observa cuando, por la pasión o el convencimiento personal de la validez de un enfoque específico, se proyecta una perspectiva individual como universal y definitiva. En el ámbito clínico, esta actitud puede resultar particularmente peligrosa, pues puede llevar a otros médicos a adoptar prácticas sin cuestionarlas o sin adaptarlas a las particularidades de cada paciente. Este tipo de comunicación en ortopedia puede llevar a la propagación de ideas o técnicas que, si bien pueden ser eficaces en ciertos contextos, no lo son en todos los casos. En lugar de ello, los especialistas deben recordar que cada caso clínico es único y que las indicaciones deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a las variabilidades anatómicas, clínicas y personales de cada paciente. Presentar nuestras conclusiones con un enfoque más cuidadoso permite una transmisión de conocimientos que fomenta el pensamiento crítico y la autocritica y no la simple imitación de prácticas.

La actitud de «hoy, creo que es así» promueve la humildad intelectual, recordándonos que no tenemos todas las respuestas y que, en medicina, la verdad absoluta es casi siempre inalcanzable. Adoptar y transmitir esta actitud no solo ayuda a proteger a los pacientes de prácticas inflexibles y desactualizadas, sino que también fomenta un ambiente de aprendizaje y mejora constante entre los colegas. La humildad en la práctica médica no es solo una virtud, sino una necesidad en un ámbito donde el bienestar de los pacientes está en juego.

* Departamento de Ortopedia Pediátrica, Sanatorio Allende, Córdoba, Argentina.

Correspondencia:

Dr. Julio Javier Masquijo

E-mail: jmasquijo@gmail.com

Citar como: Masquijo JJ. Flexibilidad intelectual: por qué es importante cambiar de opinión y los riesgos de las convicciones absolutas. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 341-342. <https://dx.doi.org/10.35366/121811>



Cambiar de opinión no es un signo de inseguridad, sino una demostración de profesionalismo y respeto por el avance continuo del conocimiento. Es responsabilidad de cada especialista mantener una disposición abierta al cambio y evitar proyectar opiniones personales como verdades absolutas, especialmente en contextos formativos y de transmisión de conocimientos. Al reconocer y comunicar que nuestras ideas son tentativas y están sujetas a revisión, promovemos un enfoque que favorece la evolución del conoci-

miento. Este enfoque cauteloso y reflexivo en la comunicación médica es, en última instancia, una de las herramientas más efectivas para mejorar la calidad de la atención en ortopedia y en toda la medicina.

*La ignorancia afirma o niega
rotundamente; la ciencia duda.*
Voltaire

Original article

doi: 10.35366/121812

Correlation of knee joint laxity with bioimpedance parameters and bone frame size

Correlación de la laxitud de la articulación de la rodilla con parámetros de bioimpedancia y complexión ósea

Garza-López J,^{*,‡} Silos-Martínez HP,[‡] Hernández-Treviño CA,[‡]
 Guzmán-De La Garza FJ,[‡] Morales-Ávalos R,[§] López-García R,[¶] Martínez-Domínguez R,[‡]
 Corona-Arámbula G,[‡] Chávez-Ramos A,[‡] Casas-Tejada RD,^{||} Gutiérrez-De La OJ^{§,**}

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina, Monterrey, Nuevo León, México.

ABSTRACT. Introduction: femorotibial laxity plays a crucial role in knee stability, as increased laxity can raise the risk of injuries not only to the anterior cruciate ligament (ACL) but also to other key structures such as the posterior cruciate ligament (PCL) and the posteromedial and posterolateral corners. This study analyzed the factors associated with laxity in young individuals, as identifying the elements that influence this condition is essential for its prevention. The objective was to evaluate knee joint laxity in young people, considering factors such as sex, bone structure, body composition, and physical activity. **Material and methods:** a total of 114 patients over 18 years old without any history of knee ligament injuries were included. Body composition was evaluated with the OMRON HBF-514c body composition monitor and scale. The ACL laxity was measured using the KNEELAX 3[®] arthrometer, while internal and external rotation was measured with PhidgetSpatial Precision inertial sensors. Physical activity was classified with Tegner scale while

RESUMEN. Introducción: la laxitud de la articulación femorotibial desempeña un papel crucial en la estabilidad de la rodilla, ya que un aumento en la laxitud puede elevar el riesgo de lesiones no sólo en el ligamento cruzado anterior (LCA), sino también en otras estructuras clave como el ligamento cruzado posterior (LCP) y las esquinas posteromedial y posterolateral. En este estudio, se analizaron los factores asociados con la laxitud en jóvenes, ya que identificar los elementos que influyen en esta condición es fundamental para su prevención. El objetivo fue evaluar la laxitud de la articulación de la rodilla en jóvenes, considerando variables como el sexo, la complexión ósea, la composición corporal y la actividad física. **Material y métodos:** un total de 114 pacientes mayores de 18 años sin antecedentes de lesiones ligamentarias de rodilla fueron incluidos en este estudio. La composición corporal fue evaluada con la báscula OMRON HBF-514C. La laxitud del LCA fue medida con artrometría (KNEELAX 3[®]), y la rotación interna y

Level of evidence: IV

* Becaria de la Dirección General de Calidad y Educación en Salud, Secretaría de Salud, México.

‡ Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

§ Departamento de Traumatología, Servicios Médicos, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

¶ Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

|| Universidad Emiliano Zapata, Nuevo León.

** Departamento de Anatomía Humana, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Correspondence:

Hazel Paola Silos Martínez

Av. Gonzalitos s/n, Col. Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, México.

E-mail: hazelsilos10@gmail.com

Received: 05-05-2025. Accepted: 09-08-2025.

How to cite: Garza-López J, Silos-Martínez HP, Hernández-Treviño CA, Guzmán-De La Garza FJ, Morales-Ávalos R, López-García R, et al. Correlation of knee joint laxity with bioimpedance parameters and bone frame size. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 343-351. <https://dx.doi.org/10.35366/121812>



Lachman and Pivot Shift tests were performed as well as indicators of the ACL stability. **Results:** the mean age was 21.04 ± 2.2 years. Greater knee laxity (6.9 mm at 88N and 8.9 mm at 132N with p values of 0.047 and 0.001 respectively) and increased internal (28.7°) and external rotation (27.76°) were observed in women. ACL laxity was higher in individuals with smaller bone frame size (8.67 mm at 132N) and higher body fat percentage. In addition, participants with higher physical activity levels showed lower ACL laxity. **Conclusion:** knee joint laxity was found to be greater in women, individuals with smaller bone frame size, and those with higher body fat percentage, which may increase the risk of injuries. Simultaneously, knee joint laxity was found to be lower in individuals with higher activity levels. It was concluded then that strengthening the musculature and making physical activity are essential for ligamentary injury prevention.

Keywords: injuries prevention, Joint hyperlaxity, rotational stability.

externa con sensores inerciales (*PhidgetSpatial Precision*). Las pruebas de Lachman y *Pivot Shift* fueron realizadas como indicadores de la estabilidad del LCA. La actividad física se clasificó con la escala de Tegner. **Resultados:** la media de edad fue 21.04 ± 2.2 años. Una mayor laxitud femorotibial (de 6.9 mm a 88N y de 8.9 mm a 132N con valores de p de 0.047 y 0.001 respectivamente) y mayor rotación interna (28.7°) y externa (27.76°) fue observada en mujeres. La laxitud del LCA fue mayor en personas con menor complexión ósea (8.67 mm a 132N) y mayor grasa corporal. Individuos con mayor actividad física presentaron menor laxitud del LCA. **Conclusión:** la laxitud femorotibial es mayor en mujeres, personas con menor complexión ósea y mayor grasa corporal, lo que puede incrementar el riesgo de lesiones. Se encontró que la laxitud femorotibial es menor en personas con un alto nivel de actividad física. Así, fortalecer la musculatura y realizar actividad física son clave para prevenir lesiones ligamentarias de la rodilla.

Palabras clave: prevención de lesiones, hiperlaxitud articular, estabilidad rotacional.

Abbreviations:

ACL = anterior cruciate ligament
ICC = intraclass correlation coefficient
MCL = medial collateral ligament
MRI = magnetic resonance imaging
PCL = posterior cruciate ligament
PLC = posterolateral corner
PMC = posteromedial corner

Introduction

The stability of the knee joint relies on various anatomical structures, including ligaments, muscles, the joint capsule, menisci, etcetera.^{1,2} The anterior cruciate ligament (ACL) plays a crucial role in preventing anterior displacement of the tibial plateau relative to the femoral condyle and in maintaining stability during rotational movements, this can be attributed to its tensile resistance, measured at $17,256 \pm 269$ N.³ However, kinetic forces acting on the knee, particularly during valgus flexion between 60° and 90° , can exceed the ACL's load-bearing capacity, increasing the risk of injuries such as tears or ruptures.⁴

The diagnosis of ACL injuries involves clinical tests, including the Lachman and Pivot-Shift tests, which demonstrate high sensitivity and specificity.⁵ Additionally, magnetic resonance imaging (MRI) further enhances diagnostic accuracy.^{6,7} In terms of quantitative laxity assessment, arthrometry is considered the gold standard, as it measures ACL laxity by evaluating anterior tibial displacement under varying applied forces.⁸ While not routinely used in individuals without knee conditions, this tool is particularly valuable for diagnosing injuries in athletes.⁹

The posterior cruciate ligament (PCL) plays a crucial role in preventing posterior tibial translation and provides secondary stabilization against varus, valgus, and external

rotational forces.¹⁰ PCL rupture can lead to increased internal and external tibial rotation, negatively impacting joint stability.^{11,12,13} Additionally, rotational stability of the knee depends on the structures of the posterolateral and posteromedial corners.^{14,15,16} The posterolateral corner (PLC) consists of the lateral collateral ligament, the popliteus tendon, and the popliteofibular ligament, which contribute to resisting external tibial rotation and varus stress.^{14,15} The posteromedial corner (PMC) includes the posterior oblique ligament, the semimembranosus expansions, and the medial collateral ligament (MCL), which help control internal tibial rotation and valgus stress.¹⁷ Injury of these structures, in combination with PCL deficiency, can result in significant rotational instability, further compromising knee function.^{14,16,17}

ACL injuries have increased significantly over the last two decades, despite the efforts of researchers and clinicians to mitigate risk.¹⁸ Approximately 200,000 to 250,000 ACL injuries occur annually in the United States, making them the most common cause of knee injuries among young athletes.¹⁹ Furthermore, the incidence of these injuries is three times higher in female athletes participating in contact or high-impact sports involving rotational landings.¹⁹ Additional risk factors include higher body weight which is associated with an increased risk of ACL injury,²⁰ as well as certain anatomical characteristics such as a narrow femoral notch, a steep lateral tibial slope, and reduced medial tibial plateau depth, all of which have been shown to significantly influence the risk of ACL injury, particularly in young women due to differences in skeletal development.²¹ Ligamentous laxity and hormonal fluctuations have also been associated with an increased risk of ACL injury.²²

Although epidemiological data on anterior cruciate ligament (ACL) injuries in Mexico remain limited, a study

conducted in Brazil reported a higher frequency of ACL injuries in women, consistent with global trends.²³

Available national studies have primarily focused on populations already affected by injury or those who have undergone surgical intervention. For instance, one study in adults who underwent ACL reconstruction analyzed risk factors and the frequency of re-ruptures, highlighting the influence of clinical history and physical characteristics on recurrence. However, few investigations have evaluated predisposing factors in healthy populations.²⁴

Evaluating knee laxity while accounting for factors such as gender, age, physical activity level, body composition, medical history, clinical tests, anthropometric and demographic data, and bone frame size is essential for understanding their impact on joint stability. A comprehensive analysis of these factors may help identify predispositions to injury and contribute to the development of preventive strategies based on biomechanics and sports medicine.^{7,18,19,20}

The objective of this study was to assess knee joint laxity in relation to age, gender, bioimpedance, physical activity level, and bone frame size in young individuals, aiming to improve understanding of its impact on musculoskeletal health, injury prevention, and physical performance. Our hypothesis was that knee joint laxity varies according to age, sex, bioimpedance, and bone frame size, with greater laxity observed in females, younger individuals, and those with lower muscle mass and higher body fat percentage, being the latter attributed to both hormonal and biomechanical factors. These differences in laxity may influence the predisposition to ACL injuries and other stabilizing structures of the knee.

Material and methods

An observational, cross-sectional, analytic and prospective study was conducted among students from the faculty of medicine at Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Data collection took place within the school facilities between the months of August and December 2024. Participants were recruited through a social media outreach strategy (Figure 1).

Inclusion criteria included all students enrolled in the Faculty of Medicine at UANL who were of legal age and provided informed consent for participation and data collection. Exclusion criteria included individuals who declined participation, as well as those with a medical history of anterior or posterior cruciate ligament injury, regardless of prior surgical treatment. Additionally, individuals diagnosed with a collagenopathy or presenting with collateral ligament injuries, posterior femorotibial instability, or meniscal lesions at the time of evaluation were excluded from the study.

Prior to data collection, the research team underwent training on the use of the arthrometer KNEELAX 3® (Mr. Systems, Haarlem, The Netherlands), PhidgetSpatial

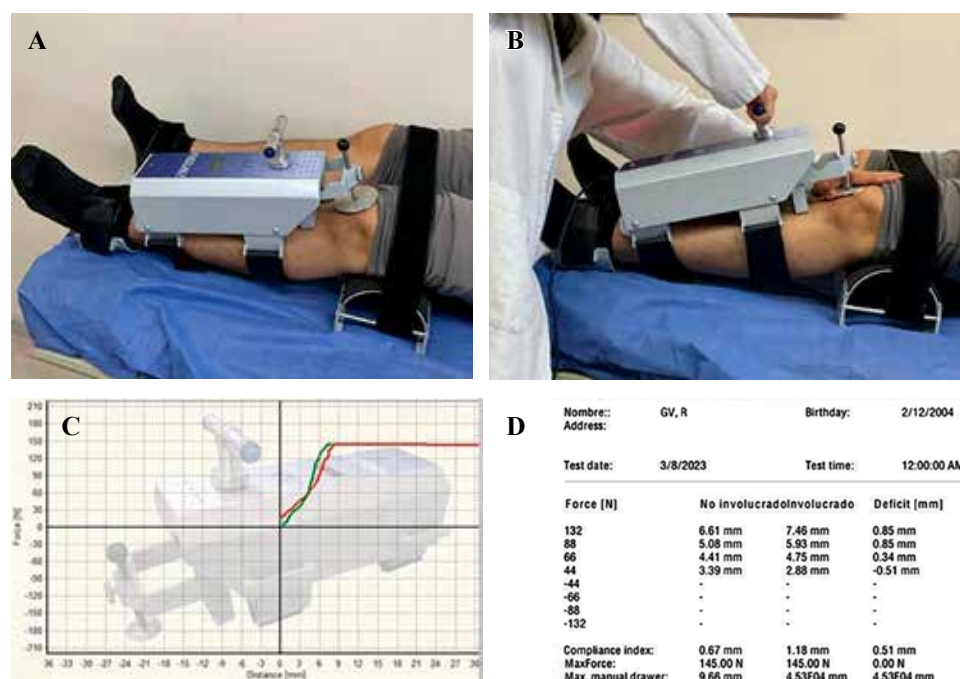
Precision inertial sensors, and physical assessment tests. This training was conducted by the principal investigator, R Morales-Ávalos, to ensure accurate data acquisition. The equipment was calibrated prior to each use through the respective software, ensuring accurate measurements in both the inertial sensors and the KNEELAX 3® system.

KNEELAX 3® was selected due to its ability to provide objective and controlled measurements of anterior tibial translation, with reduced variability in applied force compared to the KT-1000; although absolute values differ, both devices yield comparable side-to-side difference outcomes.²⁴

After obtaining written informed consent from all participants to use their data in the study, their initials were recorded to ensure privacy, and each was assigned a unique study registration number. Additionally, data on age, gender, comorbidities, relevant surgical history, and prior lower limb injuries were collected. Body composition was assessed using the Omron HBF-514C digital scale, which provides seven indicators: BMI, basal metabolic rate, body fat percentage, visceral fat level, skeletal muscle percentage, and body age. Bilateral measurements of waist, thigh, and wrist circumferences were also taken. Physical activity level was assessed using the Tegner Activity Scale,²⁵ a validated tool that ranks functional activity from 0 (sick leave or disability due to knee problems) to 10 (competitive sports at elite level). In this study, a score of > 6 was categorized as high physical activity, as it corresponds to individuals engaged in regular participation in recreational or competitive sports such as running, tennis, soccer, or skiing. This cutoff is supported by previous literature, which has used similar thresholds to distinguish between moderate and high levels of activity in healthy and athletic populations. Moreover, a Tegner score > 6 has been associated with higher functional demands and greater mechanical load on



Figure 1: Recruitment flyer.



the knee joint, making it a relevant indicator for exploring the correlation between activity level and joint laxity.²⁵

Bone frame size was defined using the Grant index, calculated as height (in centimeters) divided by wrist circumference (centimeters), allowing classification of body build as small, medium, or large.

To assess generalized joint laxity, the Beighton score was used,²⁶ evaluating specific criteria, including hyperextension of the fifth metacarpophalangeal joint, elbow and knee hyperextension, thumb-to-forearm contact, and placing both palms flat on the floor with fully extended knees. A score of five or higher indicates hyperlaxity, suggesting excessive bilateral laxity in at least three joints.²⁶ Additionally, the Sit and Reach Test was used to assess flexibility, particularly in the lower back and hamstring muscles, providing further insight into overall joint mobility.²⁷

Measurement techniques

Anterior tibial translation assessment: anterior tibial translation relative to the femur was measured using the KNEELAX 3[®] arthrometer. Participants were positioned in a supine decubitus position with the knee in 30° of flexion and secured with a velcro brace for stability.²⁷ An anterior tibial traction force was applied to assess anterior displacement in both lower limbs at forces of 40, 60, 88, and 132N (Figure 2). The recorded values were documented for analysis.²⁸

Lachman test: the Lachman test was performed with the knee flexed to 20-30°, stabilizing the femur with one hand while applying anterior traction to the tibia with the other. A positive test was defined as significant anterior tibial translation.⁷

Pivot-shift test: the Pivot-Shift test was conducted with the hip flexed and abducted to 30°, applying a valgus force to the knee. A positive test was identified by a sudden subluxation of the lateral tibial condyle.⁷

Sit and reach test: the subjects sat with their feet approximately hip-width apart against a graduated mat. They kept their knees extended, placed their right hand over the left, and slowly reached forward as far as they could by sliding their hands along the mat. They performed the stretch three times, with the third attempt counting as the valid measurement.²⁷

Internal and external tibial rotation were measured using PhidgetSpatial Precision inertial sensors,^{29,30} positioned 5 cm below the patella at the midline. Controlled rotational movements were performed, and data were recorded using specialized software (Figure 3).

Bone frame size assessment: bone frame size was evaluated by measuring wrist circumference in relation to height, classified according to the Grant Index as small, medium, or large, based on established cut-off points³¹ (Table 1).

All tests were conducted by two trained examiners and performed on both knees. These tests were repeated three times, and the average value was then recorded. Simultaneously, interobserver and intraobserver tests were also conducted to ensure consistency and reliability throughout each test.

Ethical considerations

This study complies with the principles outlined in the Declaration of Helsinki, the Mexican Official Standard NOM-012-SSA3-2012, Good Clinical Practice guidelines, and the provisions of the General Health Law on Research. It was approved by the Research Ethics Committee and the Research Committee of the «Dr. José Eleuterio González» University Hospital under approval number FI24-00004.

Statistical methods

To calculate the proper sample size of our population, the *finite population sample size* formula was used. As a result, the sample size necessary was established at an estimated 110 participants. This sample size was properly reached as a total of 114 participants were included in the study.

To assess data normality, the Kolmogorov-Smirnov test was applied. Variables with a parametric distribution were summarized as mean and standard deviation, whereas those

Table 2: Bioimpedance measurement results and physical activity levels (Tegner score).

Variable	All N = 114	Men n = 55	Women n = 59
Age (years)	21.04 ± 2.20	21.20 ± 2.30	20.90 ± 2
Height (cm)	164 ± 9	172.20 ± 5.90	157.90 ± 5
Weight (kg)	67.50 ± 16.40	77.51 ± 15.80	58.20 ± 10.70
BMI (kg/m ²)	24.70 ± 4.70	26.10 ± 4.90	23.30 ± 3.90
% Body fat	30.50 ± 9.40	25.70 ± 8.10	35.60 ± 8.30
% Skeletal muscle	31.20 ± 70	36.90 ± 4.80	25.80 ± 3.70
Tegner > 6	35	19	16

BMI = body mass index.

with a non-parametric distribution were reported as median and interquartile range.

For inferential statistical analysis, the Student's t-test was used for parametric variables, with a p-value ≤ 0.05 considered statistically significant. All statistical analyses were performed using GraphPad Prism (GraphPad Software Inc.), version 9 (2020).

To assess intraobserver and interobserver reliability, three trained observers were selected. Each observer performed repeated measurements of the variables of interest on three consecutive occasions. The intraclass correlation coefficient (ICC) was used for continuous data, calculated using a two-way model with absolute consistency. The results were interpreted according to Cicchetti's (1994) classification. All analyses were performed using SPSS Statistics (IBM), version 25 (2020).

Results

A total of 114 participants were included in the study, comprising 55 men and 59 women. The mean age was 21.04 ± 2.2 years. Significant differences were found in height (men: 172.2 ± 5.9 cm, women: 157.9 ± 5 cm; p < 0.001) and body weight (men: 77.51 ± 15.8 kg, women: 58.2 ± 10.7 kg; p < 0.001). BMI was significantly higher in men (26.1 ± 4.9) compared to women (23.3 ± 3.9; p = 0.002) (Table 2).

Body fat percentage was significantly higher in women (35.6 ± 8.3%) than in men (25.7 ± 8.1%) (p < 0.005). Conversely, skeletal muscle percentage was greater in men (36.9 ± 4.8%) compared to women (25.8 ± 3.7%) (p < 0.005). Regarding physical activity levels, 35 participants had a Tegner score > 6, with a similar distribution between sexes (Table 2).

Women exhibited significantly greater internal rotation (28.7° ± 1.4° vs 20.8° ± 1.8° in men; p < 0.001) and external rotation (27.76° ± 2.1° vs 18.5° ± 1.6° in men; p < 0.001).

Anterior translation of the ACL, measured using the KNEELAX 3® arthrometer, increased with higher applied forces, becoming statistically significant at 88N and 132N (p = 0.47 and p = 0.001 respectively). At 40 N, translation was greater in men (5.2 ± 2.1 mm) compared to women (4.3 ± 1.8 mm) (p = 0.246). At 60N, men exhibited 6.7 ± 2.5 mm of translation, while women showed 5.8 ± 2.2 mm (p =

Table 1: Cut-off points for the grant index.

	Small	Medium	Large
Men	> 10.40	10.40-9.60	< 9.60
Women	> 10.90	10.90-9.90	< 9.90

The grant index is calculated by dividing height (cm) by wrist circumference (cm), resulting in a unitless ratio.

0.257). At 88N, the values were 7.9 ± 3.1 mm for men and 6.9 ± 2.4 mm for women, showing a statistically significant difference ($p = 0.047$). Similarly, at 132N, anterior translation was significantly higher in women (8.9 ± 3.7 mm) compared to men (7.6 ± 2.5 mm) ($p = 0.001$) (Table 3).

A higher Beighton score was associated with increased knee laxity, as measured by arthrometry. Participants with generalized joint hypermobility (Beighton score ≥ 5) exhibited significantly greater anterior tibial translation (8.4 ± 2.1 mm) compared to those with lower Beighton scores (< 5) (6.9 ± 1.8 mm) ($p = 0.003$).

Additionally, participants with a body fat percentage $> 30\%$ exhibited greater ACL translation (8.77 ± 1.3 mm) compared to those with $< 30\%$ body fat (7.5 ± 1.3 mm) ($p = 0.002$). Similarly, individuals with smaller bone frame size showed greater ACL translation (8.67 ± 2.3 mm) compared to those with larger bone frame size (7.4 ± 2.3 mm) ($p = 0.002$) (Table 4).

Furthermore, participants with higher physical activity levels (Tegner score > 6) demonstrated lower ligament laxity (7.26 ± 2.6 mm) compared to those with a Tegner score < 6 (8.23 ± 2.4 mm) ($p = 0.001$).

In addition to the findings related to knee joint laxity, flexibility was assessed using the Sit and Reach test, which measures hamstring and lower back flexibility. Participants with higher physical activity levels (Tegner score > 6) exhibited significantly greater flexibility, with an average Sit and Reach score of 21.4 ± 4.2 cm, compared to those with lower physical activity levels (Tegner score < 6), who had an average score of 16.8 ± 3.9 cm ($p = 0.004$). These results suggest that individuals with higher physical activity levels not only demonstrate lower ligament laxity but also superior flexibility, which may contribute to better overall joint function and injury prevention.

Overall, these results suggest that femorotibial joint laxity is greater in women, individuals with smaller bone frame size, higher body fat percentage, and lower levels of physical activity.

Interobserver and intraobserver reliability

The results showed an ICC of 0.91 (95% CI: 0.85-0.96) for inter-observer reliability and 0.93 (95% CI: 0.88-

0.97) for intra-observer reliability, indicating excellent consistency in both cases.

Discussion

The main finding of our study was that ACL laxity, as measured by the KNEELAX 3[®] arthrometer, is significantly greater in women compared to men, particularly at higher applied forces (88N and 132N). Additionally, increased ACL translation was observed in individuals with higher body fat percentage and smaller bone frame size, while greater physical activity levels were associated with lower ligament laxity.

The results of this study reinforce the notion that knee joint laxity is influenced by multiple factors, including sex, body composition, bone frame size, and physical activity level.⁹ The greater ACL translation observed in women aligns with previous studies indicating a higher predisposition to knee instability and ACL injuries, particularly in high-impact or contact sports.¹⁹ This finding may be attributed to anatomical, biomechanical, and hormonal differences, as elevated estrogen levels have been associated with reduced ligament stiffness and an increased risk of injury.^{30,32}

Similarly, the observed relationship between higher body fat percentage and increased ACL translation suggests that excess adipose tissue may negatively impact joint stability, potentially due to a lower proportion of muscle mass, which plays a key role in dynamic knee stabilization. Additionally, adipose tissue is an active endocrine organ

Table 4: Anterior cruciate ligament translation by body fat percentage, bone frame size and physical activity. Greater translation was observed in participants with higher body fat, smaller bone frame size and lower physical activity.

	Translation 132N	p
$> 30\%$ Fat body (mm)	8.77 ± 1.30	0.002
$< 30\%$ Fat body (mm)	7.50 ± 1.30	
> 6 Tegner (mm)	7.26 ± 2.60	0.001
< 6 Tegner (mm)	8.23 ± 2.40	
Small bone frame size (mm)	8.67 ± 2.30	0.002
Large bone frame size (mm)	7.40 ± 2.30	

Table 3: Comparison of internal and external rotation angles and ACL anterior translation between men and women. Women showed significantly greater rotation and ACL translation (measured with KNEELAX 3[®] arthrometer).

	Men	Women	p	95% CI
Internal rotation	$20.80^\circ \pm 1.80$	$28.70^\circ \pm 1.40$	0.001	-8.50 - -7.30
External rotation	$18.50^\circ \pm 1.60$	$27.76^\circ \pm 2.10$	0.001	-9.95 - -8.57
Translation 40N (mm)	5.20 ± 2.10	4.30 ± 1.80	0.264	0.17 - 1.63
Translation 60N (mm)	6.70 ± 2.50	5.80 ± 2.20	0.257	0.02 - 1.78
Translation 88N (mm)	7.90 ± 3.10	6.90 ± 2.40	0.047	-0.03 - 2.03
Translation 132N (mm)	7.60 ± 2.50	8.90 ± 3.70	0.001	-2.46 - -0.14

ACL = anterior cruciate ligament.

that secretes pro-inflammatory cytokines, such as leptin and adiponectin, which have been implicated in altered collagen metabolism and reduced ligament integrity.²⁰ This hormonal influence may further contribute to increased ligament laxity and a higher risk of ACL injury. Two main mechanisms have been proposed through which increased body fat may influence joint laxity. The first involves low-grade systemic inflammation, mediated by adipokines such as leptin, which may disrupt connective tissue homeostasis and promote increased ligamentous compliance.³³ The second mechanism relates to muscular disuse, where excess fat may reduce physical activity levels, leading to decreased muscle tone and dynamic joint support, thereby allowing for greater passive laxity.³⁴ Both factors may act synergistically, contributing to an increased risk of joint instability.

In this context, the lower ACL translation observed in individuals with higher physical activity levels may indicate that muscle strengthening and improved neuromuscular control play a crucial role in preventing excessive laxity and, consequently, ligament injuries. Moreover, the stability of the posteromedial and posterolateral corners of the knee is critical in controlling excessive rotational movement and preventing secondary ligamentous injuries.^{15,16,17} These structures, including the posterior oblique ligament, arcuate ligament, and popliteofibular complex, play a significant role in resisting rotational forces that may contribute to ACL and PCL instability. Deficiencies in these stabilizing structures can lead to excessive tibial rotation, increasing the risk of ligament and meniscal injuries. Strengthening and proprioception training should incorporate elements that enhance the stability of these knee regions, particularly in athletes engaged in pivoting and high-impact sports.

Our findings are consistent with those reported by Shalhoub et al.,³² who identified that knee bone morphology, including femoral epicondylar width, femoral curvature, and tibial concavity, significantly influences joint laxity.²⁶ In our analysis, we observed that greater bone frame size in the knee is associated with lower laxity, suggesting that increased geometric restriction may contribute to greater joint stability. This reinforces the importance of considering bone frame size when assessing knee laxity, particularly when designing injury prevention and treatment strategies.

The use of the KNEELAX 3[®] arthrometer and inertial sensors allowed for objective quantification of ACL and PCL laxity, reinforcing their diagnostic utility in evaluating femorotibial stability. A study comparing the KNEELAX 3[®] and KT-1000 arthrometers found that, while absolute values of anterior tibial translation differed between devices, the side-to-side differences were not significantly different, indicating comparable effectiveness in assessing knee laxity.²⁴ Combined with clinical tests such as Lachman and Pivot-Shift, these measures could improve the early identification of individuals at higher risk of ligament injuries, enabling the early implementation of preventive strategies.

From a clinical and sports medicine perspective, these findings highlight the importance of an integrated

approach to ACL and PCL injury prevention. Evaluating factors such as body composition and physical activity level could be crucial in identifying high-risk individuals, allowing for the implementation of strengthening and neuromuscular control programs aimed at improving joint stability.^{31,35}

Given the increased risk of ACL injuries in women, injury prevention programs have been developed to enhance neuromuscular control and reduce knee joint instability. The FIFA 11+ program, designed for soccer players, incorporates dynamic warm-up exercises that improve strength, proprioception, and landing mechanics, significantly reducing ACL injury rates in female athletes.³⁶ Similarly, the ACTIVATE program, developed for rugby players, focuses on progressive neuromuscular training, including balance and agility drills, to decrease lower limb injuries, including ACL tears.³⁵ These initiatives are particularly relevant in light of findings from a Brazilian population-based study by Astur et al., which reported a higher incidence of ACL injuries in women and noted that such injuries are frequently associated with significant functional limitations.²³

Another effective program is GAA 15, tailored for Gaelic football and hurling athletes, which emphasizes plyometric exercises, core stability, and proper landing techniques to mitigate ACL injury risk.^{33,37} These structured injury prevention programs highlight the importance of targeted training interventions in reducing ACL injuries in female athletes. Integrating such evidence-based programs into training routines could be a key strategy for minimizing injury risk and enhancing long-term joint health.

The FIFA 11+, ACTIVATE, and GAA 15 programs are primarily designed to prevent ACL injuries but also help reduce the risk of injuries to other knee structures, such as the menisci and collateral ligaments, by focusing on muscle strengthening, proprioception, joint stability, and improved movement mechanics.^{33,35,36,37}

Athletes with a small build may have anatomical differences and lower muscle mass that influence joint biomechanics, making it necessary to personalize prevention programs. Employing low initial levels of load and intensity, focusing on strengthening the posterior chain and core muscles, and correcting landing techniques will enable athletes with low body mass to achieve a high neuromuscular level, compensating for their structural disadvantages.^{34,38,39}

Finally, the evidence from this study underscores the necessity for further research on the biomechanical and structural factors influencing ligament laxity, particularly in young and active populations. Future studies should explore additional variables such as lower limb alignment, muscle fatigue, hormonal influences, bone morphology, and genetic predispositions affecting joint stability. Investigating these factors could help refine injury prevention and treatment strategies for the knee joint, leading to more personalized and effective interventions.

Limitations

One of the main limitations of this study is the lack of direct measurements of soft tissue structures, such as muscles and the joint capsule, which are fundamental to knee stability. This aligns with the observations of Shalhoub et al.,³⁶ who highlighted that variability in joint laxity is influenced not only by bone morphology but also by soft tissue characteristics such as ligament length and insertion points. Additionally, the study did not include dynamic, load-bearing assessments, that are essential for evaluating knee behavior under functional conditions. This limits the extrapolation of the findings to real-life activities where neuromuscular control plays a critical role. Moreover, the exclusive inclusion of medical students as participants introduces a potential selection bias, as this population may be more physically active and health-conscious than the general population, reducing the external validity of the results. Future studies should incorporate a more diverse sample and include dynamic testing protocols alongside direct soft tissue measurements to better understand the complex factors influencing knee laxity.

Conclusion

Knee joint laxity is greater in women, individuals with higher body fat percentages, and those with smaller bone frame sizes. This increased laxity represents a significant risk factor for ligament ruptures and other joint injuries. Promoting physical activity and implementing targeted strengthening exercises for the hamstrings and quadriceps are essential strategies to reduce the risk of ligament injuries.

References

- Busto-Villarreal J, Martínez-Guerrero J, Monroy-Maya R, De la Cruz-Hernández L. Correlación diagnóstica entre resonancia magnética y hallazgos artroscópicos en lesiones de ligamento cruzado anterior. *Acta Ortop Mex.* 2022; 36(5): 303-7. Available in: <https://doi.org/10.35366/111165>
- Kittl C, Inderhaug E, Williams A, Amis AA. Biomechanics of the anterolateral structures of the knee. *Clin Sports Med.* 2017; 37(1): 21-31. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.07.004>
- West RV, Harner CD. Graft Selection in Anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005; 13(3): 197-207. Available in: <https://doi.org/10.5435/00124635-200505000-00006>
- Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res.* 2003; 22(1): 85-9. Available in: [https://doi.org/10.1016/s0736-0266\(03\)00133-5](https://doi.org/10.1016/s0736-0266(03)00133-5)
- Huang W, Zhang Y, Yao Z, Ma L. Clinical examination of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2016; 50(1): 22-31. Available in: <https://doi.org/10.3944/aott.2016.14.0283>
- Sri-Ram K, Salmon LJ, Pinczewski LA, Roe JP. The incidence of secondary pathology after anterior cruciate ligament rupture in 5086 patients requiring ligament reconstruction. *Bone Joint J.* 2013; 95-B(1): 59-64. Available in: <https://doi.org/10.1302/0301-620x.95b1.29636>
- Benjaminse A, Gokeler A, Van Der Schans CP. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36(5): 267-88. Available in: <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2011>
- Klasan A, Putnis SE, Kandhari V, Oshima T, Fritsch BA, Parker DA. Healthy knee KT1000 measurements of anterior tibial translation have significant variation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019; 28(7): 2177-83. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05768-w>
- Mouton C, Theisen D, Seil R. Objective measurements of static anterior and rotational knee laxity. *Curr Rev Musculoskeletal Med.* 2016; 9(2): 139-47. Available in: <https://doi.org/10.1007/s12178-016-9332-0>
- Grood ES, Stowers SF, Noyes FR. Limits of movement in the human knee. Effect of sectioning the posterior cruciate ligament and posterolateral structures. *J Bone Joint Surg Am.* 1988; 70(1): 88-97.
- Gill TJ, DeFrate LE, Wang C, et al. The biomechanical effect of posterior cruciate ligament reconstruction on knee joint function. *Am J Sports Med.* 2003; 31(4): 530-6. Available in: <https://doi.org/10.1177/03635465030310040901>
- Li G, Gill TJ, DeFrate LE, Zayontz S, Glatt V, Zarins B. Biomechanical consequences of PCL deficiency in the knee under simulated muscle loads-an in vitro experimental study. *J Orthop Res.* 2002; 20(4): 887-92. Available in: [https://doi.org/10.1016/s0736-0266\(01\)00184-x](https://doi.org/10.1016/s0736-0266(01)00184-x)
- Kennedy NI, Wijdicks CA, Goldsmith MT, et al. Kinematic analysis of the posterior cruciate ligament, part 1. *Am J Sports Med.* 2013; 41(12): 2828-38. Available in: <https://doi.org/10.1177/0363546513504287>
- Figueroa F, Figueroa D, Putnis S, Guiloff R, Caro P, Espregueira-Mendes J. Posterolateral corner knee injuries: a narrative review. *EFORT Open Rev.* 2021; 6(8): 676-85. doi: 10.1302/2058-5241.6.200096.
- Toyooka S, Persson A, LaPrade RF, Engebretsen L, Moatshe G. Injury patterns in posterolateral corner knee injury. *Orthop J Sports Med.* 2023; 11(8): 23259671231184468. doi: 10.1177/23259671231184468.
- Bohe O, Greve F, Höger S, Mehl J, Siebenlist S, Willinger L. Posteromedial corner injuries result in the same posterior translation as posterolateral corner injuries in PCL ruptures. *J Exp Orthop.* 2024; 11(4): e70118. doi: 10.1002/jeo2.70118.
- Chahla J, Kunze KN, LaPrade RF, et al. The posteromedial corner of the knee: an international expert consensus statement on diagnosis, classification, treatment, and rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021; 29(9): 2976-86. doi: 10.1007/s00167-020-06336-3.
- Arundale AJH, Silvers-Granelli HJ, Myklebust G. ACL injury prevention: Where have we come from and where are we going? *J Orthop Res.* 2022; 40(1): 43-54. doi: 10.1002/jor.25058.
- Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, et al. Anterior cruciate ligament injury risk in sport: a systematic review and meta-analysis of injury incidence by sex and sport classification. *J Athl Train.* 2019; 54(5): 472-82. Available in: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-407-16>.
- Evans KN, Kilcoyne KG, Dickens JF, et al. Predisposing risk factors for non-contact ACL injuries in military subjects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 20(8): 1554-9. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1755-y>
- Hosseinzadeh S, Kiapour AM. Sex differences in anatomic features linked to anterior cruciate ligament injuries during skeletal growth and maturation. *Am J Sports Med.* 2020; 48(9): 2205-12. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546520931831>
- Mancino F, Kayani B, Gabr A, Fontalis A, Plastow R, Haddad FS. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: risk factors and strategies for prevention. *Bone Jt Open.* 2024; 5(2): 94-100. Available in: <http://dx.doi.org/10.1302/2633-1462.52.BJO-2023-0166>
- Astur DC, Xerez M, Rozas J, Debieux PV, Franciozi CE, Cohen M. Anterior cruciate ligament and meniscal injuries in sports: incidence, time of practice until injury, and limitations caused after trauma. *Rev Bras Ortop.* 2016; 51(6): 652-6. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2016.04.008>
- Velázquez-Rueda ML, Martínez-Ávila JP, Pérez-Serna AG, Gómez-García F. Factores de riesgo y frecuencia de rerupturas del ligamento cruzado anterior en adultos. *Acta Ortop Mex.* 2016; 30(2): 61-66. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022016000200061&lng=es

25. Paine R, Lowe W. Comparison of Kneelax and KT-1000 knee ligament arthrometers. *J Knee Surg.* 2012; 25(2): 151-4. doi: 10.1055/s-0032-1313916
26. Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee. *Am J Sports Med.* 2009; 37(5): 890-7. Available in: <https://doi.org/10.1177/0363546508330143>
27. Malek S, Reinhold EJ, Pearce GS. The Beighton Score as a measure of generalised joint hypermobility. *Rheumatol Int.* 2021; 41(10): 1707-16. doi: 10.1007/s00296-021-04832-4
28. López-Miñarro PA, Andújar PS, Rodríguez-García PL. A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *J Sports Sci Med.* 2009; 8(1): 116-22.
29. Monitored Rehab Systems. KNEELAX Installation and user manual. In: Monitored rehab systems. (2012) Available in: <https://www.kneelax.com>
30. León-Román VE, García-Mato D, López-Torres II, et al. The knee prosthesis constraint dilemma: Biomechanical comparison between varus-valgus constrained implants and rotating hinge prosthesis. A cadaver study. *J Orthop Res.* 2020; 39(7): 1533-9. Available in: <https://doi.org/10.1002/jor.24844>
31. Sigward SM, Pollard CD, Powers CM. The influence of sex and maturation on landing biomechanics: implications for anterior cruciate ligament injury. *Scand J Med Sci Sports.* 2011; 22(4): 502-9. Available in: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01254.x>
32. Grant JP, Custer PB, Thurlow J. Current techniques of nutritional assessment. *Surg Clin North Am.* 1981; 61(3): 437-63. doi: 10.1016/s0039-6109(16)42430-8
33. Schlingermann BE, Lodge CA, Gissane C, Rankin PM. Effects of the Gaelic Athletic Association 15 on lower extremity injury incidence and neuromuscular functional outcomes in Collegiate Gaelic Games. *J Strength Cond Res.* 2018; 32(7): 1993-2001. doi: 10.1519/JSC.0000000000002108.
34. O'Malley E, Murphy JC, McCarthy Persson U, Gissane C, Blake C. The effects of the Gaelic Athletic Association 15 training program on neuromuscular outcomes in Gaelic football and hurling players: a randomized cluster trial. *J Strength Cond Res.* 2017; 31(8): 2119-30. doi: 10.1519/JSC.0000000000001564.
35. Magoshi H, Hoshiba T, Tohyama M, Hirose N, Fukubayashi T. Effect of the FIFA 11+ injury prevention program in collegiate female football players over three consecutive seasons. *Scand J Med Sci Sports.* 2023; 33(8): 1494-508. doi: 10.1111/sms.14379
36. Shalhoub S, Cyr A, Maletsky LP. Correlation between knee anatomy and joint laxity using principal component analysis. *J Orthop Res.* 2022; 40(11): 2502-9. Available in: <https://doi.org/10.1002/jor.25294>
37. Barden C, Hancock MV, Stokes KA, Roberts SP, McKay CD. Effectiveness of the Activate injury prevention exercise programme to prevent injury in schoolboy rugby union. *Br J Sports Med.* 2022; 56(14): 812-7. doi: 10.1136/bjsports-2021-105170.
38. Liu Z, Xie W, Li H, et al. Novel perspectives on leptin in osteoarthritis: focus on aging. *Genes & Diseases.* 2023; 11(6): 101159. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S23523042230004427?via%3Dihub#sec3>
39. Asgari M, Alizadeh MH, Shahrbanian S, Nolte K, Jaitner T. Effects of the FIFA 11+ and a modified warm-up programme on injury prevention and performance improvement among youth male football players. *PLoS One.* 2022; 17(10): e0275545. Available in: <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0275545>

Conflicts of interest: the authors declare no conflicts of interest related to the conduct of this study. No external funding or financial support was received from institutions, companies, or commercial organizations. Specifically, there was no sponsorship from the manufacturers of the equipment used, including the KNEELAX 3[®] arthrometer system and the inertial sensors employed. All equipment, materials, and supplies required for data collection were independently acquired, managed, and operated by the research team using their own resources. This independence ensures the objectivity and transparency of the results presented.

Artículo original

doi: 10.35366/121813

Enfoque diagnóstico y manejo en fracturas cuneiformes. Revisión narrativa de la literatura

Diagnostic approach and management in cuneiform fractures. Narrative review of the literature

Romero-Ante JM,* Abril-Botero C†

Hospital Alma Máter de Antioquía. Medellín, Antioquia, Colombia.

RESUMEN. Introducción: las fracturas y luxaciones de los huesos cuneiformes representan un desafío diagnóstico y terapéutico debido a su baja incidencia y complejidad anatómica. El objetivo de este trabajo se enfoca en la relevancia clínica del arco romano del mediopie y su susceptibilidad a lesiones por traumas directos e indirectos. **Material y métodos:** se realizó una revisión de la bibliografía consultando las bases de datos PUBMED, EMBASE, COCHRANE, en inglés, español y francés, empleando los términos MeSH: «cuneiforme», «fractura», «luxación», «tratamiento», «cirugía», «rehabilitación», «fijación», «biomecánica», «trauma» y «Lisfranc». Se obtuvieron un total de 69 artículos, de los cuales se excluyeron 10 por estar duplicados y uno por no poder obtenerse el texto completo, para un total de 58 artículos elegibles. De igual forma, la búsqueda se extendió a libros de texto clásicos desde junio de 1990 hasta junio de 2024, sin restricciones respecto al tipo de estudio. **Resultados:** se lleva a cabo una revisión de tipo narrativo de la literatura a lo largo de los últimos 34 años, intentado lograr sintetizar los aspectos más importantes con relación a la anatomía, epidemiología, mecanismo de trauma, imágenes diagnósticas, clasificación, tratamiento y rehabilitación en el abordaje de las lesiones cuneiformes. **Conclusión:** la identificación temprana y la reducción anatómica son críticas para mejorar los resultados funcionales y

ABSTRACT Introduction: fractures and dislocations of the cuneiform bones represent a diagnostic and therapeutic challenge due to their low incidence and anatomical complexity. The objective of this work focuses on the clinical relevance of the Roman arch of the midfoot and its susceptibility to injuries from direct and indirect trauma. **Materials and methods:** a review of the literature was carried out by consulting the PUBMED, EMBASE, COCHRANE, in English, Spanish, and French databases, using the MeSH terms: «cuneiform», «fracture», «dislocation», «treatment», «surgery», «rehabilitation», «fixation», «biomechanics», «trauma», and «Lisfranc», a total of 69 articles were obtained, of which 10 were excluded because they were duplicates and one because the full text could not be obtained. for a total of 58 eligible items. Similarly, the search was extended to classic textbooks from June 1990 to June 2024, with no restrictions on the type of study. **Results:** a narrative review of the literature over the last 34 years is carried out, trying to synthesize the most important aspects in relation to anatomy, epidemiology, trauma mechanism, diagnostic images classification, treatment, and rehabilitation in the approach to cuneiform lesions. **Conclusion:** this narrative review allows us to conclude that early identification and anatomical reduction are critical to improve functional

Nivel de evidencia: IV

* Cirujano ortopeda. Hospital Alma Máter de Antioquía. Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0002-9390-9496

† Residente de Ortopedia y Traumatología. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0002-8499-9741

Correspondencia:

Juan Manuel Romero Ante
Hospital Alma Máter de Antioquia
Calle 69 #51 c-24. Medellín, Colombia
Código postal: 050010
E-mail: juanmaorto@hotmail.es
juanmaro04041977@gmail.com

Recibido: 19-12-2024. Aceptado: 30-08-2025.

Citar como: Romero-Ante JM, Abril-Botero C. Enfoque diagnóstico y manejo en fracturas cuneiformes. Revisión narrativa de la literatura. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 352-362. <https://dx.doi.org/10.35366/121813>



prevenir complicaciones a largo plazo, como la artrosis y la pseudoartrosis. La debilidad de nuestro trabajo radica en la falta de estudios de revisión sistemática, casos y controles o grandes series de casos, disponibles en la literatura que permitan establecer guías de manejo en este tipo de lesiones.

Palabras clave: fracturas cuneiformes, mediopié, manejo quirúrgico, diagnóstico, rehabilitación.

outcomes and prevent long-term complications, such as osteoarthritis and pseudoarthrosis. The weakness of our work lies in the lack of systematic review studies, cases and controls or large case series, available in the literature that allow us to establish management guidelines for this type of injury.

Keywords: cuneiform fractures, midfoot, surgical management, diagnosis, rehabilitation.

Abreviatura:

AO: Fundación AO, Grupo de Trabajo sobre Temas de Osteosíntesis (del alemán: *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*)

Introducción

El pie humano, dada su anatomía, ha sido adaptado a un modelo multisegmentado, dividiéndolo así en tres partes: retropié (incluye el astrágalo y calcáneo), mediopié (escafoides, tarsiano, cuboides, tres huesos cuneiformes) y antepié (cinco metatarsianos y dedos).¹

En los seres humanos, el pie tiene un arco longitudinal y un arco transversal. El primero tiene dos componentes: medial y lateral. El medial se compone de un pilar anterior conformado por los tres primeros metatarsianos con sus respectivos huesos cuneiformes y el escafoide tarsiano. El astrágalo está en la cúspide de éste. Por el contrario, el arco longitudinal lateral es plano, se compone de los dos metatarsianos externos y el hueso del cuboide. El calcáneo representa el pilar posterior común para ambos arcos.² El arco transversal del pie está conformado por el cuboide, los huesos cuneiformes y las bases de los cinco metatarsianos, los cuales se combinan entre sí para formar el complejo articular de Lisfranc. El cuneiforme intermedio forma el ápex del arco transversal, por lo cual se le denomina «piedra angular del arco romano» estabilizado por una serie de ligamentos interóseos.³

En la articulación escafo-cuneiforme, 75.4% de la superficie distal del escafoide tarsiano está cubierta de cartílago articular. Por otra parte, los huesos cuneiformes medial, intermedio y lateral tienen 69.6, 75.7 y 75.8% de su área total de superficie cubiertas de cartílago, respectivamente.⁴

Los huesos cuneiformes, al pertenecer tanto al arco longitudinal como al transversal, pueden verse expuestos a lesiones traumáticas (fracturas o luxaciones),⁵ y ser blanco de enfermedades inflamatorias y metabólicas (artritis reumatoide, diabetes mellitus complicada por pie diabético, alcoholismo crónico, malnutrición y deficiencia de vitamina B12), lo cual trae consigo el riesgo de secuelas tales como artritis, artrosis y deformidad sintomáticas.⁶

Se realizó una búsqueda bibliográfica con relación a los huesos cuneiformes del pie, en bases de datos tales como: PUBMED, EMBASE, COCHRANE, en inglés, español y francés, empleando los términos MeSH: «cuneiforme»,

«fractura», «luxación», «tratamiento», «cirugía», «rehabilitación», «fijación», «biomecánica», «trauma» y «Lisfranc». Se obtuvieron un total de 69 artículos, de los cuales se excluyeron 10 por estar duplicados y uno por no poder obtenerse el texto completo. De igual forma, la búsqueda se extendió a libros de texto clásicos desde junio de 1990 hasta junio de 2024, sin restricciones respecto al tipo de estudio.

El objetivo de esta revisión narrativa es examinar las generalidades en anatomía, epidemiología, clasificación y manejo de las lesiones traumáticas que afectan estos huesos del llamado «arco romano del mediopié», así como las estrategias en rehabilitación temprana con el fin de disminuir las secuelas postraumáticas asociadas que generan gran morbilidad, alteran el patrón de marcha y calidad de vida de los pacientes.

Anatomía

La articulación escafo-cuneiforme está conformada por el hueso del navicular o escafoide tarsiano, el cual tiene una superficie articular anterior, posterior, dorsal y plantar. La cara articular anterior del escafoide tarsiano tiene una altura promedio de 19.9 ± 3.2 mm y un diámetro a lo ancho de 34.7 ± 5.6 mm. Posee tres facetas articulares para alojar los tres huesos cuneiformes: medial, intermedio y lateral, que poseen forma de cuña con su base dorsal y ápex plantar. El cuneiforme intermedio es el más grande de los tres, tiene un promedio de altura y un diámetro transversal de 20.4 ± 2.6 mm y 16.9 ± 3.3 mm, respectivamente. Está localizado 8 mm más proximal con relación al medial y 4 mm con respecto al lateral, consideraciones anatómicas para tener presente al momento de realizar procedimientos de fijación interna o de fusión articular.⁷

El complejo articular de Lisfranc, del cual hacen parte los huesos cuneiformes, se encuentra estabilizado por fuertes ligamentos plantares e interóseos, que conectan las bases de los metatarsianos entre sí y éstas, a su vez, con los huesos cuneiformes y el cuboide. La porción dorsal de estos ligamentos representa la debilidad del aparato ligamentario.⁸

El cuneiforme medial está fijado por fuertes ligamentos cuneo naviculares, el ligamento intercuneiforme que lo fija al cuneiforme intermedio. Por otra parte, el cuneiforme lateral está fijado por los ligamentos cuneo-escafoideo, tres ligamentos cuneo-cuboideo y ligamentos metatarso-cunei-

formas dorsales y plantares. De esta manera, el cuneiforme intermedio al solo tener débiles y delgados ligamentos dorsales que lo conectan al segundo metatarsiano y al escafoide tarsiano, lo convierte en la parte débil del arco.⁹

El ligamento de Lisfranc es considerado el estabilizador primario de mediopié. Es un ligamento interóseo, originado desde la parte lateral del cuneiforme medial y se inserta en la cara medial de la base del segundo metatarsiano. Recientemente, ha sido descrito un ligamento bien definido originándose desde la base del quinto metatarsiano e insertándose en la cara plantar lateral del segundo metatarsiano, denominado como ligamento lateral de Lisfranc o ligamento metatarsiano suspensorio transversal.¹⁰

Epidemiología

Se estima que las lesiones óseas que afectan los huesos cuneiformes representan 1.7% de todas las lesiones del tarso.¹¹ Esto se debe principalmente a que la parte ósea media del pie está protegida mediante ligamentos y tendones que le proporcionan rigidez y estabilidad a su estructura.¹²

En 2019, Fitschen-Oestern S y colaboradores evaluaron entre 2002 y 2014, un total de 34,019 pacientes con politrauma; encontraron lesiones en el pie en 7.4%, de éstas 6.6% fueron fracturas y 0.8% lesiones ligamentarias. No obstante, lesiones no diagnosticadas en el pie, en el momento de la evaluación inicial, fueron un total de 6.5%, la mayoría de éstas, secundarias a accidentes de tránsito (44.3%) o a caídas de altura de más de tres metros (25.4%).¹³ Estas últimas frecuentemente en casos de lesiones autoinfligidas, dado que las extremidades inferiores reciben en primera instancia la energía de la caída.¹⁴

Smith asociados encontraron luxaciones aisladas y luxofracturas que involucraban el cuneiforme intermedio en 67% de sus pacientes.¹⁵ Por otra parte, las fracturas aisladas son raras, limitadas a sólo reporte de casos.^{16,17}

Mecanismo de trauma

Las fracturas o luxaciones de los huesos cuneiformes se dan de manera directa o indirecta. Las lesiones directas se presentan cuando existe una fuerza de alto impacto sobre el dorso del pie y las indirectas durante caídas, accidentes de tránsito con hiperflexión plantar e hipersupinación.¹⁵

La carga axial del antepié durante la posición en equino resulta en una plantiflexión del antepié más abducción, con una tensión dorsal a nivel de la articulación escafo-cuneiforme. Esto genera una rotura de los ligamentos dorsales escafo-cuneo-metatarsianos y, por lo tanto, la luxación cuneiforme intermedia. Adicionalmente, si se presenta supinación o pronación va a generar lesiones de Lisfranc o de los metatarsianos.¹⁸ Por otra parte, tenemos una fuerte fascia plantar con un hueso cuneiforme intermedio localizado en el ápex del «arco romano»; éstos son factores que explican la mayor frecuencia de luxaciones dorsales, que las plantares. De esta

manera, la cantidad de daño depende de la fuerza aplicada al pie y su posición en el momento del trauma.¹⁹

En relación con la forma anatómica de los cuneiformes, el intermedio en forma de prisma y de base dorsal sumado a unos fuertes ligamentos plantares, favorecen la luxación dorsal. Por el contrario, la morfología en cuña de base plantar ancha del cuneiforme medial, explican la mayor frecuencia de luxación medial-plantar. Finalmente, la forma de cuña y base dorsal del cuneiforme lateral, lo predispone a la luxación dorsal.²⁰

Lesiones por mecanismos más inusuales reportadas en la literatura incluyen: fracturas no desplazadas del cuneiforme medial, secundarias a lesión aguda indirecta durante la práctica de danza,²¹ y durante la realización de carreras de atletismo.²²

Evaluación clínica

Durante la evaluación inicial, el edema localizado en la cara dorsal-medial del pie, equimosis circular localizada bajo el arco medial o también conocido como signo de Mondor, deformidad hacia dorsal, sensibilidad marcada a la palpación subcutánea de las estructuras óseas subyacentes en especial sobre la articulación tarsometatarsiana están frecuentemente presentes, así como la imposibilidad para el apoyo de la extremidad. Examinar la presencia e integridad del pulso pedio, así como la sensibilidad distal es muy recomendable.²³

La presencia de heridas sobre la zona traumática, que sugieran o evidencien claramente la posible presencia de una fractura y/o luxación abiertas, debe alertar al evaluador para poder dirigir adecuadamente el plan de manejo con esquema de antibiótico, lavado y desbridamiento en sala de cirugía.²⁴

En el caso de pacientes con politrauma, las lesiones del pie pueden pasar desapercibidas, resultado de la priorización que tiene lugar durante la evaluación inicial al momento del ingreso del paciente. Sin embargo, desde el establecimiento por parte del Colegio Americano de Cirujanos del curso de Soporte Vital Avanzado en Trauma (ATLS), que incluye la evaluación primaria, secundaria y terciaria, realizadas y repetidas en varios momentos durante las primeras 24 horas tras el ingreso, se ha reducido el riesgo de lesiones olvidadas.²⁵

Imágenes diagnósticas

La evaluación radiográfica inicial debe hacerse con la serie completa de radiografías del pie, en lo posible con proyección anteroposterior con el rayo centrado en el segundo metatarsiano con 15° de angulación caudal, la proyección oblicua con el pie en rotación interna de 30° y finalmente una proyección lateral, las cuales proporcionan información para evaluar el complejo de Lisfranc y, por ende, los cuneiformes. En el caso de radiografías tomadas sin carga, puede no diagnosticarse o presentarse subdiagnóstico hasta en 31.1% de lesiones a este nivel.²⁶

El diagnóstico de fracturas cuneiformes puede ser difícil debido a la estructura medial del pie, en la cual la presencia de múltiples huesos y sus intrincadas articulaciones se superponen, generando así confusión visual.²⁴

Han sido descritos algunos signos radiológicos que pueden orientar la presencia de una fractura cuneiforme, tales como el signo de *fleck*, en dos pacientes con avulsión ósea del cuneiforme medial, en la zona de inserción del tendón tibial anterior. Las radiografías de estos casos mostraban un pequeño fragmento óseo desplazados sobre el primer cuneiforme, en la radiografía oblicua del pie.^{27,28}

El signo del *cuneiforme vacío* ha sido reportado en paciente con luxación aislada del cuneiforme medial, como la ausencia de éste de su posición normal en la radiografía anteroposterior del pie.²⁹

A diferencia de las lesiones complejas, las luxaciones o fracturas aisladas de la articulación cuneo-escafoidea son difíciles de diagnosticar, pero cuando más de un hueso cuneiforme ha sido afectado, esta lesión es más fácilmente detectada. De esta manera, en caso de dudas con el estudio radiológico de la serie de trauma o en caso de sospecha de fractura inducida por una fuerza indirecta (militares, bailarines o corredores), deberían tomarse estudios de imagen más avanzados tales como tomografía axial computarizada o resonancia magnética articular.^{30,31}

En el caso de la tomografía axial computarizada esta ha sido por años el método de elección, con 25 a 33% más sensibilidad que la radiografía convencional para diagnosticar lesiones de Lisfranc, dada su capacidad de evidenciar fracturas, luxaciones, fracturas ocultas o la avulsión ósea en la base del segundo metatarsiano del ligamento de Lisfranc (signo de la hojuela), visualizado en el espacio entre el cuneiforme medial y el segundo metatarsiano, en el contexto de lesiones agudas. En lesiones inveteradas o crónicas, permite evaluar el número de articulaciones afectadas, la degeneración articular y la presencia de quistes subcondrales.³²

La resonancia magnética nuclear tiene su papel en las lesiones agudas o sutiles, dada su capacidad para detectar edema óseo a lo largo de la base del segundo metatarsiano en la fase T2, así como la evaluación de los ligamentos de Lisfranc y plantares.³³

Recientemente, las imágenes tomadas con carga surgen como una alternativa para evaluar grados variables en lesiones de Lisfranc. La tomografía axial con carga permite la detección de variaciones significativas en mediciones tales como: la distancia entre el primero-segundo metatarsiano, distancia primer cuneiforme-segundo metatarsiano, permitiendo una evaluación más comprensiva de la articulación de Lisfranc.³⁴

Clasificación

En la literatura se presentan varias clasificaciones para las lesiones que afectan los huesos cuneiformes. La clasificación AO les asigna el número 85, debido a que el pie como región anatómica se denomina con el número 8, los

cuneiformes como número 5. A su vez cada cuneiforme por su localización recibe el número 1 = medial, 2 = intermedia y 3 = lateral. Las denominaciones con letras que subdividen cada una según el compromiso óseo, se toman como A: fractura avulsiva, B: fractura parcial articular y C: fractura con compromiso total articular.³⁵

Mehlhorn y colaboradores (2016), tras la revisión de 55 casos de lesiones cuneiformes desde 1967 a 2014, a los que suman cinco casos propios, proponen una clasificación con parámetros semejantes a la establecida por la AO. En su sistema de clasificación propuesto, establecen como A: lesiones de un solo hueso cuneiforme, B: lesión de dos cuneiformes y C: lesión de los tres cuneiformes. Además, les asignan el número 1 al 3, de acuerdo con: si la lesión es una fractura se representa con el número 1, en caso de luxación con el número 2 y en lesiones combinadas con luxofractura, el número 3 (*Figura 1*).²⁰

Este sistema de clasificación visual fue evaluado con relación a la confiabilidad interobservador, con un sustancial nivel de concordancia ($k = 0.68$), de acuerdo con Landis y Koch.³⁶

Recientemente, un nuevo sistema de clasificación basado en la localización anatómica de la lesión ha sido publicado. Éste asigna el número 1 a las lesiones con compromiso en la articulación metatarso-cuneiforme o escafo-cuneiforme, el número 2 en las lesiones localizadas en la región dorsal o plantar del hueso cuneiforme y el número 3 si se localizan medial o lateral. El sistema de clasificación permitiría establecer una localización más precisa de la lesión, forma de abordarla y debería alertar al evaluador acerca de la posibilidad de lesiones asociadas como una lesión de Lisfranc.³⁷

Numerosos sistemas de clasificación para las lesiones de Lisfranc han sido descritos. Para luxofracturas de alta energía, la clasificación modificada de Hardcastle descrita por Myerson, ha sido la más ampliamente empleada para caracterizar la morfología de la lesión en los tipos: incongruencia total, parcial o divergente. Una variante proximal de lesión con extensión hacia la articulación intercuneiforme y naviculo-cuneiforme, fue también descrita por este mismo autor. En el caso de lesiones de baja energía, Nunley y Vertullo propusieron un sistema de clasificación que combina hallazgos clínicos, radiografías con apoyo y gammagrafía ósea.³⁸

Tipos de lesiones

Aisladas

Las lesiones de este tipo han sido descritas como luxación o fractura pura, afectan sólo un hueso cuneiforme.^{16,17,18,19,21,22,23,29,30,31,39} Otra forma de lesiones únicas han sido reportadas como avulsiones óseas del sitio de inserción del tendón tibial anterior en el cuneiforme medial, por mecanismos de tracción secundarios a contracción excéntrica, con tres casos hasta el momento de esta revisión.^{27,28}

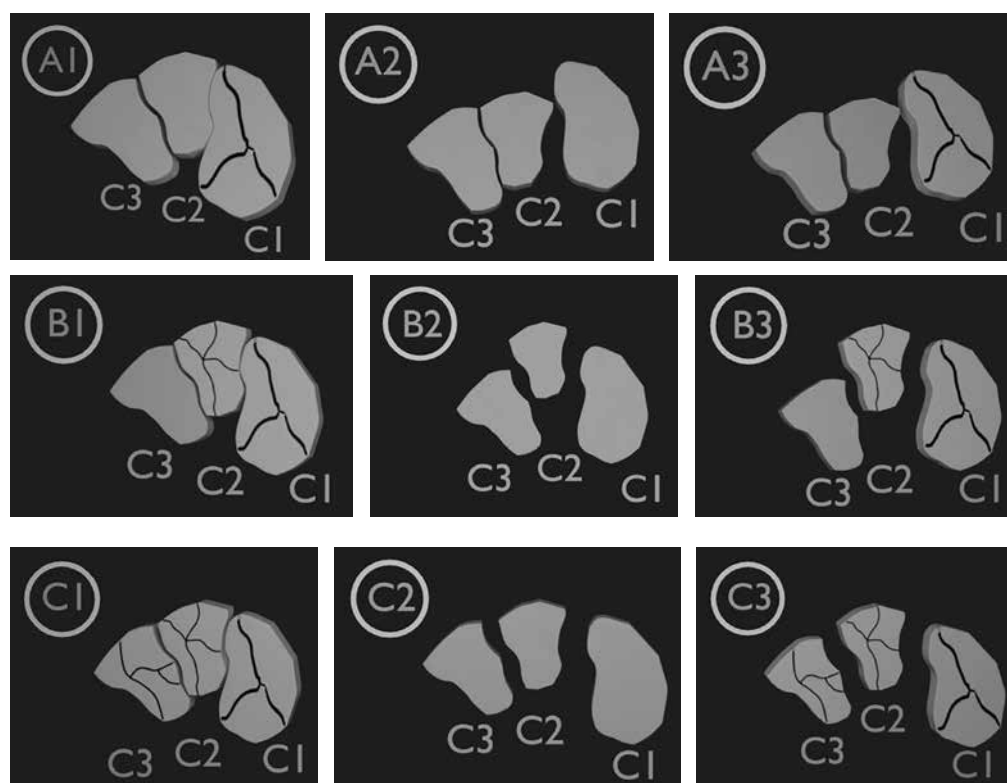


Figura 1:

Representación esquemática de la clasificación de Mehlhorn y colaboradores. A1, A2 y A3) Fractura, luxación y luxofractura involucrando un solo hueso cuneiforme. B1, B2 y B3) Fractura, luxación y luxofractura involucrando dos huesos cuneiformes. C1, C2 y C3) Fractura, luxación y luxofractura involucrando todos los huesos cuneiformes. Modelado 3D. Cortesía Juan Fernando Romero Rosero.

Combinadas

Por un lado, lesiones cuneiformes asociadas a otras fracturas, luxaciones, luxofracturas de una o más cuneiformes adyacentes, han sido previamente descritas.^{40,41,42} Por otro lado, en trauma complejo de mediopié con lesiones de Lisfranc y compromiso de huesos cuneiformes, en especial la luxación del cuneiforme intermedio, han sido presentadas en forma de reportes aislados de caso (*Figura 2 y 3*).^{43,44}

Métodos de manejo

Conservador

Las fracturas aisladas no desplazadas de huesos cuneiformes son susceptibles de manejo conservador, lo cual incluye la terapia con reposo, hielo, inmovilización, elevación con restricción del apoyo por tres semanas, al término de las cuales la incorporación de una ortesis con soporte de arco medial e inicio de apoyo parcial en la cuarta semana; progresando hasta la sexta semana con carga total. El inicio de terapia física se propone en este punto.²² En deportistas de alto rendimiento, programas de rehabilitación que integran terapia acuática, ejercicios de fortalecimiento muscular y acondicionamiento cardiovascular tienen como objetivo el retorno temprano al juego.⁴⁵

La reducción cerrada temprana de las luxaciones cuneiformes debe hacerse para evitar lesión de las estructuras neurovasculares dorsales del pie y disminuir la tensión de

los tejidos blandos a nivel del mediopié. La reducción en caso de la luxación cuneiforme medial se logra de forma manual con tracción del antepié y presión directa desde plantar o medial plantar, hasta recuperar el contorno anatómico normal, mas no así en el caso de luxación del cuneiforme intermedio, el cual es mucho más inestable.⁴⁶

Algunos autores recomiendan la reducción abierta por dos razones: al emplear la técnica abierta, todas las barreras anatómicas que pudiesen interponerse a la reducción congruente pueden ser removidas, permitiendo así una fácil reducción. Al realizar la reducción abierta no sólo se logra la reducción adecuada, sino que también se pueden inspeccionar los huesos cuneiformes adyacentes, haciendo menos probable pasar por alto la presencia de fracturas concomitantes.²⁰

Métodos de fijación

Agujas de Kirschner

Son implantes de bajo costo, fácilmente accesibles, se colocan mediante perforación directa, percutánea y de manera atraumática.⁴⁷ Disponibles en acero inoxidable, titanio y nitinol con diversas propiedades para cada uno; en el caso del titanio con menos tendencia a la formación de biofilm, el nitinol con mayor flexibilidad y el acero inoxidable con mayor resistencia a la carga cíclica.⁴⁸ En términos generales, es el método de estabilización empleado en el manejo de luxaciones y luxofracturas cuneiformes, más frecuentemente

encontrado en los reportes de caso. Se pueden utilizar como parte del control de daño en trauma o como manejo definitivo, en cuyo caso se dejan entre cuatro a seis semanas para su posterior retiro en forma ambulatoria.^{18, 24, 29}

Placa puente

Lesiones por aplastamiento del mediopié, la presencia de patrones de fractura con conminución y acortamiento, comprometen la estabilidad de la columna media del pie. En estas situaciones, la utilización de fijador externo y/o agujas de Kirschner puede no proporcionar suficiente rigidez para sostener la reducción sobre el tiempo. La fijación con placa puente es la opción para lograr mantener la fijación en forma más estable, hasta que la consolidación sea alcanzada. Esta placa se extiende desde el primer metatarsiano al escafoide tarsiano o incluso al cuello del talo, si el escafoide presenta gran conminución que precluya la fijación en este

lugar.⁴⁹ En este último caso, el retiro de la placa después de cuatro a nueve meses debe hacerse para restaurar la función en el arco transverso y en la articulación subtalar, dado el efecto deletéreo que genera el bloqueo de la articulación escafoastragalina sobre la articulación calcáneo cuboidea y subtalar (*Figura 4*).⁵⁰

Tornillos

Las luxaciones de los huesos cuneiformes, en especial asociadas a lesiones de Lisfranc, requieren estabilización con tornillos, generalmente de 3.5 mm, dado que representan un sistema más estable de fijación que ofrece una rápida recuperación con baja incidencia de desplazamiento secundario comparado con la técnica de fijación con agujas de Kirschner, las cuales son fáciles de insertar y remover, pero presentan hasta 32% de desplazamiento secundario o subóptima reducción. Los tornillos corticales sólidos o canu-

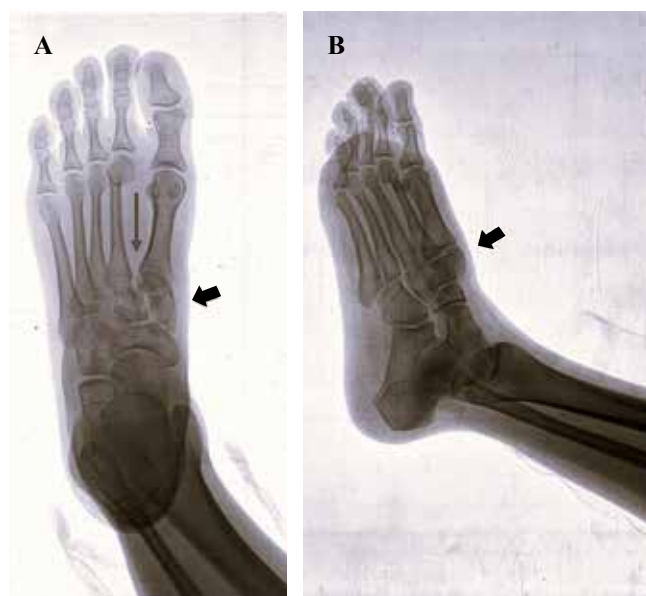


Figura 2: Radiografía de pie derecho. **A)** Proyección anteroposterior; se observa fractura de cuneiforme medial conminuta (flecha corta) y apertura de espacio de Lisfranc (flecha larga). **B)** Proyección oblicua; se aprecia desplazamiento dorsal de cuneiforme medial (flecha).



Figura 4: Radiografía de pie con fijación de luxofractura de Lisfranc. **A** y **B)** Proyección anteroposterior y oblicua; muestra placa puente escafo-metatarsiana por gran conminución cuneiforme y estabilización de espacio de Lisfranc, con tenosuspensión.

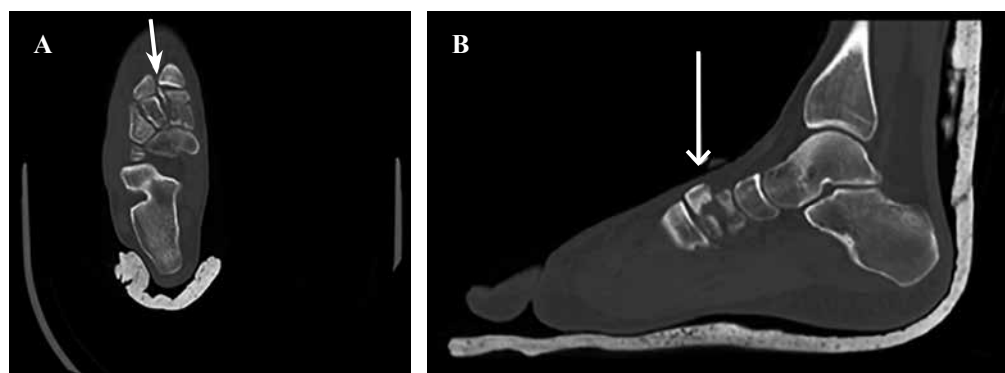


Figura 3:

Tomografía axial de pie derecho. **A)** Corte axial con signo de la hojuela (flecha). **B)** Corte sagital con luxofractura de cuneiforme medial (flecha).

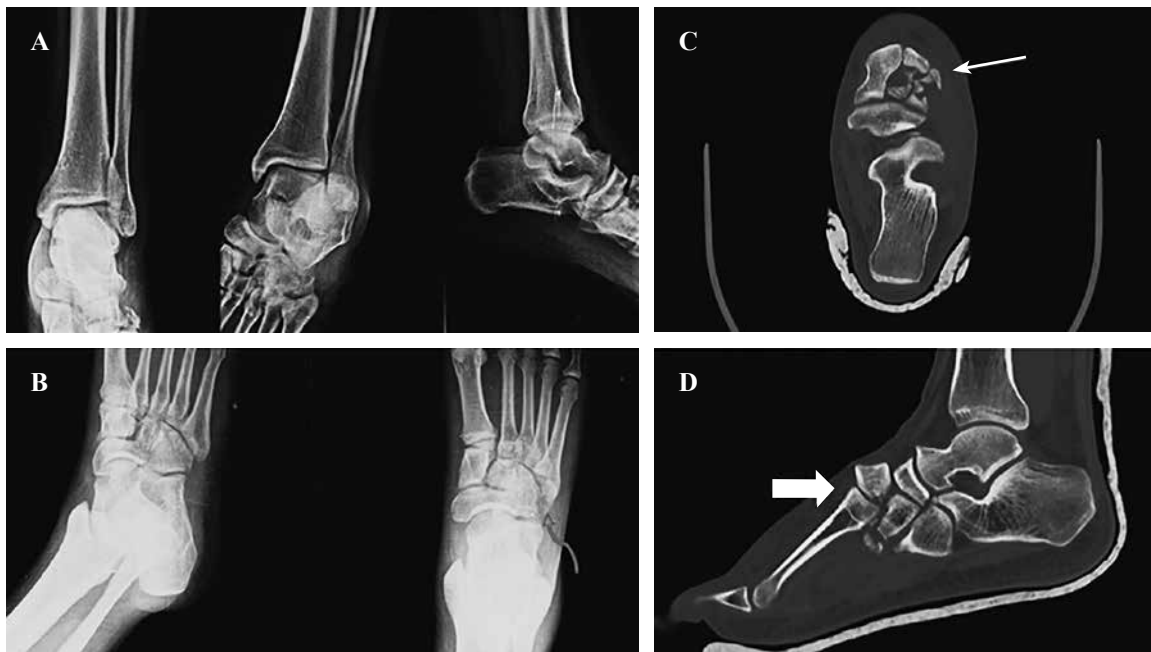


Figura 5: Paciente con luxofractura de Lisfranc compleja del pie. **A)** Radiografía con serie de trauma con irregularidad en escafo-cuneiforme. **B)** Radiografía de pie con fractura de cuboide (flecha curva). **C)** Tomografía axial; muestra conminución de segundo y tercer cuneiforme (flecha). **D)** Tomografía sagital; se observa luxofractura dorsal cuneiforme (flecha).

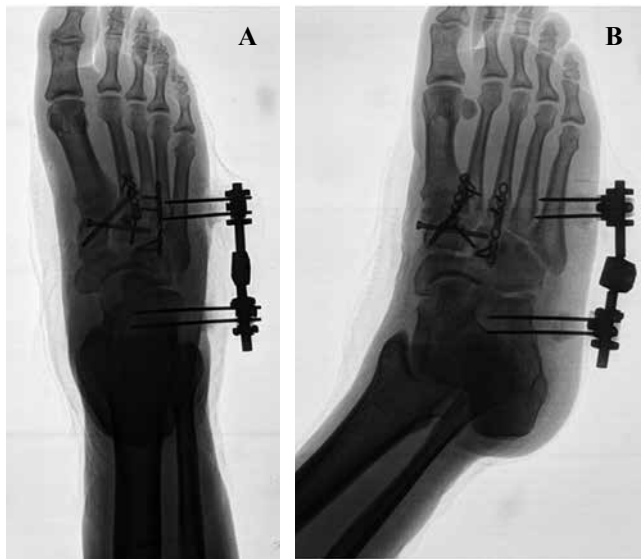


Figura 6: Radiografía de pie postquirúrgica. **A)** Anteroposterior, muestra fijación con tornillos canulados rosca parcial intercuneiforme y tornillo de Lisfranc. **B)** Radiografía oblicua con placa fijando columna intermedia: metatarso-cuneiforme. Fijador externo en columna lateral del pie.

lados con rosca parcial tienen similar fuerza de sujeción y resistencia a la deformación con el apoyo parcial.⁵¹

También debe tenerse presente que un solo tornillo de 3.5 mm, genera un daño entre 2 a 4% de la superficie articular del cuneiforme medial, intermedio y de las bases de primero y segundo metatarsiano.⁵² Sin embargo, la clave en estos casos es la restauración anatómica con una fijación estable de la articulación intercuneiforme y del resto

del complejo del mediopié, para facilitar un aceptable resultado clínico.⁵³

Fijación externa

El fijador externo ideal debe ser fácil de usar y aplicar, ligero, versátil, poco costoso, facilitar el cuidado de heridas y la función del pie. Para lesiones aisladas del mediopié, la fijación uniplanar es generalmente empleada.⁵⁴

En pacientes con lesiones de alta energía del mediopié: fracturas/luxaciones y significativo daño de tejidos blandos, el protocolo de manejo por etapas incluye la fijación externa. Ésta permite recuperar la longitud y alineación de las columnas óseas favoreciendo la recuperación de las partes blandas, antes de realizar la fijación interna definitiva (*Figuras 5 y 6*).^{55,56}

Artrodesis intercuneiforme

La prevalencia de artritis postraumática después de luxofracturas tarsometatarsianas puede ser alta, en especial si hay daño articular y reducciones no adecuadas. Las articulaciones escafo-cuneiforme e intercuneiforme presentan poca movilidad durante el ciclo de la marcha, por lo cual se les denomina articulaciones «no esenciales». La fusión primaria postraumática ha sido reportada en dos casos de lesión con gran inestabilidad de estas articulaciones, asociadas a severa lesión osteocondral.⁵⁷

La forma en arco de piedra angular de los huesos cuneiformes con forma en cuña de base dorsal y ápex plantar, sumado al hecho de la gran área articular de la faceta cunei-

forme media e intermedia, se constituyen en un parámetro a considerar al momento de realizar artrodesis con tornillos en esta área. Al realizar la implantación de la fijación interna debería ser en una posición más dorsal, permitiendo así mayor compresión por área.⁵⁸ Por otro lado, una reciente serie de 62 pacientes manejados con placas de colocación plantar en artrodesis de mediopié para corrección de diversas patologías, entre éstas lesiones de Lisfranc y Chopart, obtuvo una tasa de no unión de 6.4%, más baja de lo que reporta la literatura en general (5 a 10%).⁵⁹

Un aspecto de gran controversia y amplias discusiones en lesiones de Lisfranc, está representado en cuál método de manejo quirúrgico primario es el ideal para lograr la mejor estabilización y resultados funcionales. La bibliografía en favor de una y otra es robusta en comparación a otras áreas de controversia en ortopedia. Sin embargo, un metaanálisis de 2024 sugiere que la artrodesis primaria es superior a la reducción abierta con fijación interna, con relación a escalas funcionales y retorno más temprano a la actividad.⁶⁰

Rehabilitación

En cuanto al manejo posoperatorio de los pacientes después de realizar una fijación y estabilización de forma

quirúrgica, procede realizar un protocolo de rehabilitación para reducir las posibles secuelas que acompañan este tipo de fracturas. Se describe en general, para la rehabilitación del mediopié, en el posoperatorio inmediato y por cuatro a seis semanas posteriores, marcha con apoyo parcial a tolerancia con una bota ortopédica con control del movimiento del tobillo (bota tipo CAM/Control de Movimiento Activo); posteriormente, entre la semana siete y doce, se debe retirar la bota e iniciar con actividad física tres veces a la semana, tales como caminar o nadar, por cinco a diez minutos inicialmente e ir aumentando la duración en forma progresiva. A partir de este momento, se pueden iniciar ejercicios pliométricos y en superficies inestables con el cien por ciento del arco de movilidad.⁴⁵ Adicional a la terapia física, en reportes de caso, se han descrito terapias adyuvantes, por ejemplo el masaje para drenaje linfático posterior a la cicatrización de las heridas quirúrgicas.²⁰

Resultados

Basado en la literatura revisada, se propone un algoritmo de enfoque en el manejo, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación (*Figura 7*).

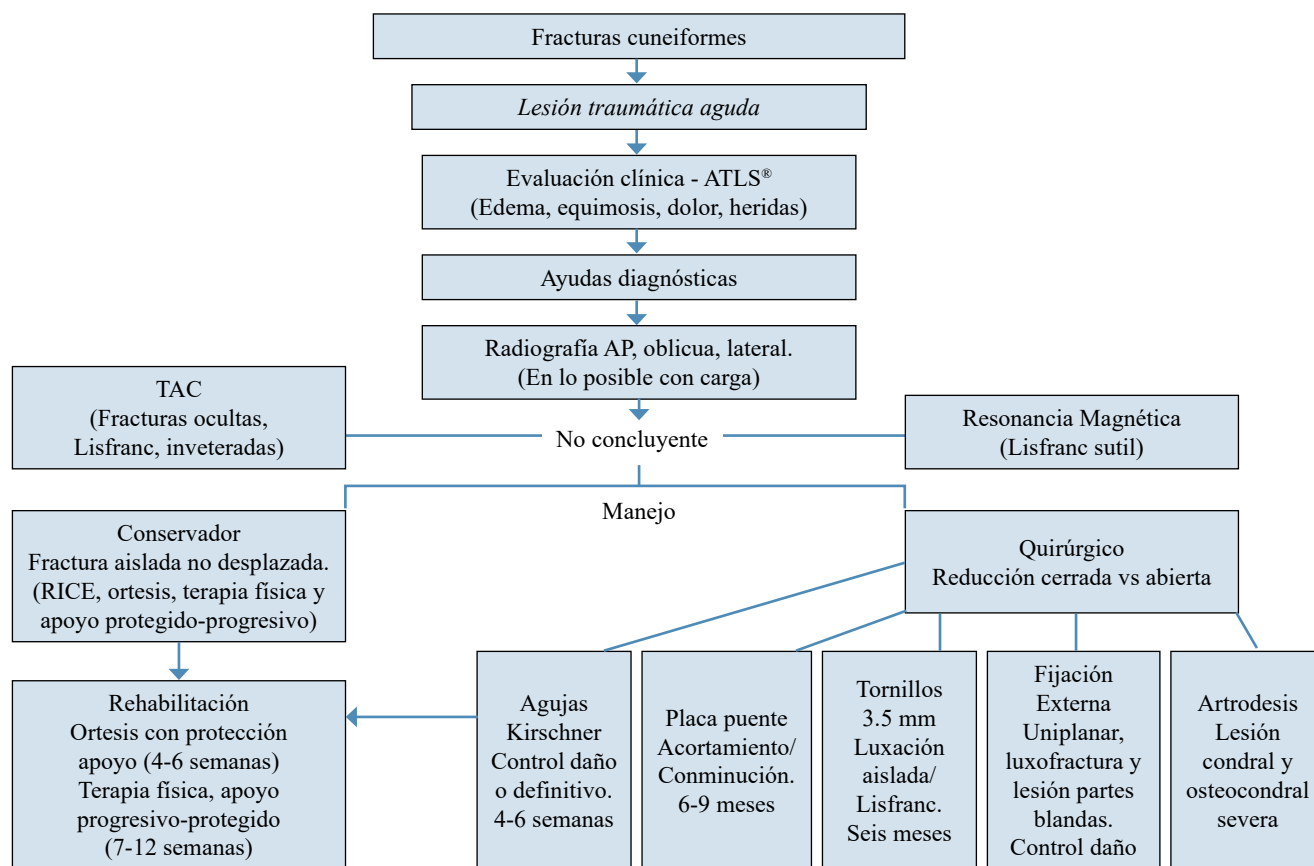


Figura 7: Algoritmo: enfoque de manejo, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación.

ATLS = Advanced Trauma Life Support (soporte vital avanzado en trauma). RICE = Rest, Ice, Compresion, Elevation (reposo, hielo, compresión, elevación). TAC = tomografía axial computarizada.

Evolución

En la revisión de Mehlhorn y colaboradores de 2016, se plantea la hipótesis de que los dos factores más importantes para el desenlace funcional de estos pacientes son: la lesión múltiple, a mayor número de cuneiformes, peor el resultado; y las luxofracturas, más que las fracturas o luxaciones aisladas.²⁰

La baja incidencia de este tipo de lesiones hace que sean propensas a un diagnóstico tardío o a pasar desapercibidas, lo que empeora los resultados a largo plazo en cuanto a la funcionalidad del paciente. Relacionado con esto se han descrito casos de osteoartritis resultante de luxofracturas, pero no de lesiones traumáticas individuales,⁴² pseudoartrosis dolorosas,⁵⁶ entre otros.

Discusión

Las lesiones de tipo luxación, fractura o combinación de estos patrones traumáticos que afectan los huesos cuneiformes, tienen escasa descripción en la literatura y está en gran parte representada en forma de reporte de casos aislados. Si este tipo de lesiones se presenta en conjunto o asociada a compromiso traumático con estructuras óseas adyacentes, tales como los metatarsianos, el hueso escafoides e incluso el cuboides, la literatura que las describe, en especial en los casos de lesiones de Lisfranc, es más robusta.

Este trabajo de revisión narrativa de la literatura se basa en la búsqueda de información específica a lo largo de los últimos 34 años, con relación a la lesión de cuneiformes su diagnóstico, evaluación, manejo y plan de rehabilitación. Se pretende mejorar la comprensión y abordaje acerca de este tema. Proponemos un algoritmo de enfoque diagnóstico y terapéutico, con base en la información revisada.

Reconocemos las limitaciones metodológicas y sesgos de este trabajo de diseño narrativo, dado que pudimos haber omitido información por subjetividad en otras lenguas, bases de datos o literatura gris. Sumado a la escasa información disponible en la literatura en relación a estudios del tipo revisiones sistemáticas, metaanálisis, casos y controles.

Conclusión

Dentro de la cinemática del trauma que pueden afectar el mediopié, sumado a las estrechas relaciones articulares de los huesos cuneiformes, no es de extrañar que lesiones conjuntas se puedan presentar simultáneamente, con una combinación de fracturas, luxaciones y la concurrencia de ambas, afectando más de un cuneiforme o las articulaciones adyacentes.

A pesar de ser una patología rara, con literatura escasa que se basa en reportes de caso y experiencias de autores, es una afección que puede producir gran limitación funcional a largo plazo, por lo que es de vital importancia realizar un diagnóstico temprano, apuntar siempre a una reducción anatómica, empleando los métodos de fijación más estables,

buscando así alcanzar los mejores resultados funcionales, lo cual reduce el riesgo de cambios degenerativos ulteriores.

Se requieren trabajos futuros que permitan comparar métodos de manejo y hacer seguimientos clínicos, radiológicos, a mediano y largo plazo.

Referencias

1. Leardini A, Benedetti MG, Berti L, Bettinelli D, Nativio R, Giannini S. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. *Gait Posture*. 2007; 25(3): 453-62. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.05.017.
2. Moore A. Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. 41st Ed. Elsevier; 2020.
3. Asghar A, Naaz S. L'arche transversale du pied humain : une revue narrative de son évolution, de son anatomie, de sa biomécanique et de ses implications cliniques. *Morphologie*. 2022; 106(355): 225-34. doi: 10.1016/j.morpho.2021.07.005.
4. Borrelli GJ, Qatu M, Traynor CJ, Weistroffer J, Jastifer JR. Anatomy of the naviculocuneiform joint. *Foot Ankle Orthop*. 2022; 7(1): 2473011421S00119. doi: 10.1177/2473011421S00119.
5. Moracia-Ochagavia I, Rodríguez-Merchán EC. Lisfranc fracture-dislocations: current management. *EFORT Open Rev*. 2019; 4(7): 430-44. doi: 10.1302/2058-5241.4.180076.
6. Rosskopf AB, Loupatatzis C, Pfirrmann CWA, Boni T, Berli MC. The Charcot foot: a pictorial review. *Insights Imaging*. 2019; 10(1): 77. doi: 10.1186/s13244-019-0768-9.
7. Renner K, McAlister JE, Galli MM, Hyer CF. Anatomic description of the naviculocuneiform articulation. *J Foot Ankle Surg*. 2017; 56(1): 19-21. doi: 10.1053/j.jfas.2016.09.013.
8. Zwipp H, Rammelt S. Anatomical reconstruction of chronically instable Lisfranc's ligaments. *Unfallchirurg*. 2014; 117(9): 791-7. doi: 10.1007/s00113-014-2600-9.
9. Sarrafian SK, Kelikian AS. Anatomy of the foot and ankle. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
10. Mason L, Jayatilaka MLT, Fisher A, Fisher L, Swanton E, Molloy A. Anatomy of the lateral plantar ligaments of the transverse metatarsal arch. *Foot Ankle Int*. 2020; 41(1): 109-14. doi: 10.1177/1071100719873971.
11. Jin L, Guo J, Chang H, Xing E, Ju L, Tian Y, et al. Epidemiological investigation of adult single fractures of cuneiform in the east and west areas in China from 2010 through 2011. *Chin J Orthop Trauma*. 2018; 20(2): 152-6. doi: 10.3760/CMA.J.ISN.1671-7600.2018.02.011.
12. Papanikolaou A, Maris J, Arealis G, Papadimitriou G, Charalambidis C. Dislocation of the lateral cuneiform: report of two cases. *Foot Ankle Surg*. 2010; 16(4): e91-5. doi: 10.1016/j.fas.2009.11.006.
13. Fitschen-Oestern S, Lippross S, Lefering R, Besch L, Klüter T, Schenzer-Hoffmann E, et al. Missed foot fractures in multiple trauma patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019; 20(1): 121. doi: 10.1186/s12891-019-2501-8.
14. David JS, Gelas-Dore B, Inaba K, Levrat A, Riou B, Gueugniaud PY, et al. Are patients with self-inflicted injuries more likely to die? *J Trauma*. 2007; 62(6): 1495-500. doi: 10.1097/01.ta.0000250495.77266.7f.
15. Smith BR, Begeman PC, Leland R, Meehan R, Levine RS, Yang KH, et al. A mechanism of injury to the forefoot in car crashes. *Traffic Inj Prev*. 2005; 6(2): 156-69. doi: 10.1080/15389580590931635.
16. Guler F, Baz AB, Turan A, Kose O, Akalin S. Isolated medial cuneiform fractures: report of two cases and review of the literature. *Foot Ankle Spec*. 2011; 4(5): 306-9. doi: 10.1177/1938640011416354.
17. Eraslan A, Ozyurek S, Erol B, Ercan E. Isolated medial cuneiform fracture: a commonly missed fracture. *BMJ Case Rep*. 2013; 2013: bcr2013010093. doi: 10.1136/bcr-2013-010093.
18. Aggarwal PK, Singh S, Kumar S. Isolated dorsal dislocation of the intermediate cuneiform: a case report and review of the literature.

- Arch Orthop Trauma Surg.* 2003; 123(5): 252-3. doi: 10.1007/s00402-003-0503-2.
19. Saxby TS, Sharp RJ, Rosenfeld PF. Plantar fracture-dislocation of the intermediate cuneiform: case report. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(9): 742-5. doi: 10.1177/107110070602700916.
 20. Mehlhorn AT, Schmal H, Legrand MA, Südkamp NP, Strohm PC. Classification and outcome of fracture-dislocation of the cuneiform bones. *J Foot Ankle Surg.* 2016; 55(6): 1249-55. doi: 10.1053/j.jfas.2016.01.019.
 21. Liszka H, Gadek A. Isolated bilateral medial cuneiform fracture: a case report. *Przegl Lek.* 2012; 69(9): 708-10.
 22. Yamauchi K, Miyake S, Kato C, Kato T. Isolated, non-displaced medial cuneiform fractures: report of two cases. *Foot Ankle Online J.* 2017; 10(2): 1. doi: 10.3827/foaj.2017.1002.0001.
 23. Paisan G, Magister S, Bridgforth A, Yarbboro S. Non-traumatic isolated medial cuneiform fracture: a unique mechanism of a rare injury. *SAGE Open Med Case Rep.* 2017; 5: 2050313X17744483. doi: 10.1177/2050313X17744483
 24. Orozco-Villaseñor SL, Turrubiates-Lucero E, Miguel-Andrés I. Luxación expuesta de la primera y segunda cuña y fractura in situ de la tercera cuña del pie: caso clínico y revisión de la literatura. *Acta Ortop Mex.* 2019; 33(4): 256-60.
 25. Keijzers GB, Campbell D, Hooper J, Bost N, Crilly J, Steele MC, et al. A prospective evaluation of missed injuries in trauma patients, before and after formalizing the trauma tertiary survey. *World J Surg.* 2014; 38(1): 222-32. doi: 10.1007/s00268-013-2226-z.
 26. Joannas G, Filippi J. How to identify unstable Lisfranc injuries? Review of diagnostic strategies and algorithm proposal. *Foot Ankle Clin.* 2020; 25(4): 697-710. doi: 10.1016/j.fcl.2020.08.011.
 27. Kim D, Berkowitz M, Hrutkay J. "Fleck Sign": traumatic avulsion fracture of the medial cuneiform by anterior tibialis tendon. *Int J Foot Ankle.* 2017; 1 (1): 10.23937/ijfa-2017/1710001. doi: 10.23937/ijfa-2017/1710001.
 28. Ahn SH, Kim HC, Kim KY, Yoon HJ, Kim IY. Avulsion fracture of medial cuneiform by tibialis anterior tendon (A case report). *J Korean Foot Ankle Soc.* 2010; 14(2): 194-6.
 29. Shanmugasundaram K, Thangaraj A, Sivasenthil A. An isolated middle cuneiform dislocation with a rare violence: case report and literature review. *J Clin Orthop Trauma.* 2014; 5(3): 167-71. doi: 10.1016/j.jcot.2014.07.001.
 30. Verma A, Sharma VK, Batra S, Rohria MS. Neglected isolated plantar dislocation of middle cuneiform: a case report. *BMC Musculoskelet Disord.* 2007; 8: 5. doi: 10.1186/1471-2474-8-5.
 31. Taylor SF, Heidenreich D. Isolated medial cuneiform fracture: a special forces soldier with a rare injury. *South Med J.* 2008; 101(8): 848-9. doi: 10.1097/SMJ.0b013e31817dae10.
 32. Haapamaki V, Kiuru M, Koskinen S. Lisfranc fracture-dislocation in patients with multiple trauma: diagnosis with multidetector computed tomography. *Foot Ankle Int.* 2004; 25(9): 614-9. doi: 10.1177/107110070402500903.
 33. Hofbauer MH, Babu SS, Vonasek A. Lisfranc injuries. *Clin Podiatr Med Surg.* 2024; 41(3): 407-23. doi: 10.1016/j.cpm.2024.01.014.
 34. Talaski GM, Baumann AN, Walley KC, Anastasio AT, de Cesar Netto C. Weightbearing computed tomography vs conventional tomography for examination of varying degrees of Lisfranc injuries: a systematic review of the literature. *Foot Ankle Orthop.* 2023; 8(4): 24730114231209767. doi: 10.1177/24730114231209767.
 35. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS, Karam MD, Kellam JF. Fracture and dislocation classification compendium-2018. *J Orthop Trauma.* 2018; 32(Suppl 1): S1-170. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063.
 36. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977; 33(1): 159-74.
 37. Choi JY, Lee DJ, Ngissah R, Nam BJ, Suh JS. Categorization of single cuneiform fractures and investigation of related injuries: a 10-year retrospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019; 27(3): 2309499019866394. doi: 10.1177/2309499019866394.
 38. Yan A, Chen SR, Ma X, Shi Z, Hogan M. Updates on Lisfranc complex injuries. *Foot Ankle Orthop.* 2021; 6(1): 2473011420982275. doi: 10.1177/2473011420982275.
 39. Olson RC, Mendicino SS, Rockett MS. Isolated medial cuneiform fracture: review of the literature and report of two cases. *Foot Ankle Int.* 2000; 21(2): 150-3. doi: 10.1177/107110070002100210.
 40. Akan B, Yildirim T. Dorsal dislocation of the intermediate cuneiform with a medial cuneiform fracture: A case report and review of the literature. *Case Rep Orthop.* 2013; 2013: 238950. doi: 10.1155/2013/238950.
 41. Baltas C, Mylonas T, Lamprou D, Koskinitis AE, Arnaoutoglou C. Dorsal dislocation of intermediate cuneiform with multiple cuneiform and cuboid fractures combined with Lisfranc injury: a case report. *Cureus.* 2023; 15(12): e50689. e50689.
 42. Can E, Dincel YM. Plantar dislocation of the middle cuneiform bone with medial cuneiform subluxation: a case report. *Cureus.* 2023; 15(11): e49505. doi: 10.7759/cureus.49505.
 43. Bumann H, Wonerow M. The forgotten brick: case report of a Lisfranc injury with "Pericuneiform" dislocation. *Int J Foot Ankle.* 2021; 5: 57. doi: 10.23937/2643-3885/1710057.
 44. Asuma MP, Mansfield TD, Turner EK, Robbins J. Closed distal dislocation of the intermediate cuneiform in a complex lisfranc fracture-dislocation: a case report. *JBJS Case Connect.* 2019; 9(3): e0332. doi: 10.2106/JBJS.CC.18.00332.
 45. Hensley CP, Dirschl DR. Diagnosis and rehabilitation of a middle cuneiform fracture in a hockey player. *Am J Phys Med Rehabil.* 2016; 95(7): e98-e102. doi: 10.1097/PHM.0000000000000459.
 46. Hidalgo-Ovejero AM, García-Mata S, Ilzarbe-Ibero A, Gozzi-Vallejo S, Martínez-Grande M. Complete medial dislocation of the first cuneiform: a case report. *J Foot Ankle Surg.* 2005; 44(6): 478-82. doi: 10.1053/j.jfas.2005.08.004.
 47. Franssen BB, Schuurman AH, Van der Molen AM, Kon M. One century of Kirschner wires and Kirschner wire insertion techniques: a historical review. *Acta Orthop Belg.* 2010; 76(1): 1-6.
 48. Jastifer JR, Gustafson PA, Silva LF, Noffsinger S, Coughlin MJ. Nitinol, stainless steel, and titanium Kirschner wire durability. *Foot Ankle Spec.* 2021; 14(4): 317-23. doi: 10.1177/1938640020914677.
 49. Schildhauer TA, Nork SE, Sangeorzan BJ. Temporary bridge plating of the medial column in severe midfoot injuries. *J Orthop Trauma.* 2003; 17(7): 513-20. doi: 10.1097/00005131-200308000-00007.
 50. Aston DJ, Deland JT, Otis JC, Kenneally S. Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997; 79(2): 241-6. doi: 10.2106/00004623-199702000-00012.
 51. Rozell JC, Chin M, Donegan DJ, Hast MW. Biomechanical comparison of fully threaded solid cortical versus partially threaded cannulated cancellous screw fixation for Lisfranc injuries. *Orthopedics.* 2018; 41(2): e222-7. doi: 10.3928/01477447-20180103-03.
 52. Chen J, Sagoo N, Panchbhavi VK. The Lisfranc injury: a literature review of anatomy, etiology, evaluation, and management. *Foot Ankle Spec.* 2021; 14(5): 458-67. doi: 10.1177/1938640020950133.
 53. Gu W, Xu H, Shi Z, Zhang H, Mei G, Xue J, et al. Clinical evaluation and management for Lisfranc injury with cuneiform fracture. *Foot Ankle Orthop.* 2019; 4(4): 2473011419S00191. doi: 10.1177/2473011419S00191.
 54. Hamilton GA, Ford LA. External fixation of the foot and ankle. Elective indications and techniques for external fixation in the midfoot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2003; 20(1): 45-63. doi: 10.1016/s0891-8422(02)00053-8.
 55. Tarkin IS, Murawski CD, Mittwede PN. Temporizing care of acute traumatic foot and ankle injuries. *Orthop Clin North Am.* 2022; 53(1): 95-103. doi: 10.1016/j.ocl.2021.09.002.
 56. Pablo-Randolino J, Gaitán L, Slullitel G, Gonzalez E, Lopez V. A novel uni- and biplanar external fixator for initial and definitive complex foot trauma. *Foot Ankle Orthop.* 2024; 9(3): 24730114241265113. doi: 10.1177/24730114241265113.
 57. Grambart S, Patel S, Schuberth JM. Naviculocuneiform dislocations treated with immediate arthrodesis: a report of two cases. *J Foot Ankle Surg.* 2005; 44(3): 228-35. doi: 10.1053/j.jfas.2005.05.005.
 58. Budny AM, Grossman JP. Naviculocuneiform arthrodesis. *Clin Podiatr Med Surg.* 2007; 24(4): 753-63. doi: 10.1016/j.cpm.2007.06.001.

59. Fraser TW, Miles DT, Huang N, Davis FB, Dunlap BD, Doty JF. Radiographic outcomes, union rates, and complications associated with plantar implant positioning for midfoot arthrodesis. *Foot Ankle Orthop.* 2021;6(3):24730114211027115. doi: 10.1177/24730114211027115.
60. Ahn BJ, Quinn M, Zhao L, He EW, Dworkin M, Naphade O, et al. Statistical fragility analysis of open reduction internal fixation vs primary arthrodesis to treat lisfranc injuries: a systematic review. *Foot Ankle Int.* 2024; 45(4): 298-308. doi: 10.1177/10711007231224797.

Agradecimientos: Juan Fernando Romero Rosero de Ingeniería de Sistemas, por su ayuda en el diseño, modelado y realización de figura con modelo 3D.

Conflicto de intereses: los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: los autores declaran que se han realizado todos los esfuerzos para no publicar los datos de los pacientes y que se obtuvo el consentimiento informado firmado para hacer uso de sus imágenes.

Original article

doi: 10.35366/121814

Atypical femoral fractures in a Mexican cohort of children and adolescents with osteogenesis imperfecta. Analysis of trajectories

*Fracturas femorales atípicas en una cohorte mexicana de niños y adolescentes con osteogénesis imperfecta. Análisis de trayectorias*Bremer A,* Clark P,† Méndez-Sánchez L,§ García-de la Torre G[¶]

Clinical Epidemiology Unit HIMFG/UNAM. Faculty of Medicine and Psychology, UABC, Tijuana, Baja California, México.

ABSTRACT. Introduction: osteogenesis imperfecta (OI) is a rare inherited bone disorder resulting from defects in type I collagen synthesis or structure. It is characterized by increased bone fragility, recurrent fractures, and early-onset hearing loss. Management requires a multidisciplinary approach aimed at reducing fracture incidence, enhancing mobility, and promoting functional independence. Since 1998, bisphosphonates (BPs) have been used as compassionate therapy in OI. **Objective:** to characterize children with osteogenesis imperfecta (OI) and report the incidence of atypical femoral fractures (AFFs) in relation to the duration of zoledronic acid treatment. **Material and methods:** a single group ambispective cohort study of pediatric patients diagnosed with osteogenesis imperfecta according to the Sillence criteria and treated with zoledronic acid (0.1 mg/kg/year); the retrospective period spanned from January 2008 to July 2017, while the prospective period extended from October 2017 to March 2024. **Results:** a total of 68 patients were included, with 24 fractures identified in 21 patients (31%). Fractures were more frequent in males (67%), adolescents (76%) and those receiving continuous treatment (76%). The duration of treatment before developing an AFF was also shorter in males (69 months) compared to females (77 months). Cox regression analysis showed that male patients with OI had a hazard ratio (HR) 3.13 (95% CI 1.18-8.26, $p = 0.021$)

RESUMEN. Introducción: la osteogénesis imperfecta (OI) es un trastorno óseo hereditario poco frecuente causado por defectos en la síntesis o estructura del colágeno tipo I. Se caracteriza por una mayor fragilidad ósea, fracturas recurrentes y pérdida auditiva de inicio temprano. Su tratamiento requiere un enfoque multidisciplinario dirigido a reducir la incidencia de fracturas, mejorar la movilidad y promover la independencia funcional. Desde 1998, los bifosfonatos (BF) se utilizan como tratamiento compasivo en la OI. **Objetivo:** caracterizar a niños y adolescentes con osteogénesis imperfecta (OI) y reportar la incidencia de fracturas femorales atípicas (FFA) en relación con la duración del tratamiento con ácido zoledrónico. **Material y métodos:** estudio de cohorte ambispectivo de un solo grupo, conformado por pacientes pediátricos diagnosticados con OI según los criterios de Sillence y tratados con ácido zoledrónico (0.1 mg/kg/año). El período retrospectivo abarcó de enero de 2008 a julio de 2017, y el periodo prospectivo de octubre de 2017 a marzo de 2024. **Resultados:** se incluyeron 68 pacientes, con un total de 24 fracturas identificadas en 21 pacientes (31%). Las fracturas fueron más frecuentes en niños (67%), adolescentes (76%) y en aquellos que recibieron tratamiento continuo (76%). La duración del tratamiento antes de presentar una FFA fue menor en hombres (69 meses) en comparación con mujeres (77 meses). El análisis de regresión de Cox mostró que los pacientes con OI

Level of evidence: II

* Faculty of Medicine and Psychology. Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Tijuana Baja California. ORCID: 0000-0002-0053-936X

† Clinical Epidemiology Research Unit. Hospital Infantil Federico Gómez (HIMFG). México City, México. ORCID: 0000-0001-7981-5357

§ Cochrane UNAM, Library System. Faculty of Medicine. Universidad Nacional Autónoma de México. México City, Mexico. ORCID: 0000-0001-7569-2310

¶ Department of Public Health, Faculty of Medicine. Universidad Nacional Autónoma de México, México City, Mexico. ORCID: 0000-0002-2322-3333

Correspondence:

Clark, Patricia MD, PhD

E-mail: osteoclark@gmail.com

Received: 06-30-2025. Accepted: 07-05-2025.

How to cite: Bremer A, Clark P, Méndez-Sánchez L, García-de la Torre G. Atypical femoral fractures in a Mexican cohort of children and adolescents with osteogenesis imperfecta. Analysis of trajectories. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 363-368. <https://dx.doi.org/10.35366/121814>



indicating a significantly higher risk of developing an AFF compared to female patients. **Conclusion:** there may be an association between prolonged use of zoledronic acid and the occurrence of AFFs. Male and adolescents exhibited a higher risk of AFFs (HR 3.13, 95% CI 1.18-8.26). These fractures may not be limited to the femur, as other long bones could also be affected. Larger cohorts and longer follow-up periods, including control groups not exposed to zoledronic acid, are needed to establish causation.

Keywords: osteogenesis imperfecta, atypical femoral fractures, bisphosphonates, pediatric.

presentaron una razón de riesgo (HR) de 3.13 (intervalo de confianza [IC] del 95%: 1.18-8.26; $p = 0.021$), indicando un riesgo significativamente mayor de desarrollar una FFA en comparación con las pacientes femeninas. **Conclusión:** podría existir una asociación entre el uso prolongado de ácido zoledrónico y la aparición de FFA. Los varones y los adolescentes presentaron un mayor riesgo de fractura (HR 3.13; IC95%: 1.18-8.26). Estas fracturas podrían no limitarse únicamente al fémur, ya que otros huesos largos también podrían verse afectados. Se requieren cohortes de mayor tamaño y periodos de seguimiento más prolongados, incluyendo grupos control no expuestos a ácido zoledrónico, para establecer una relación causal.

Palabras clave: osteogénesis imperfecta, fracturas femorales atípicas, biofosfatos, pediatría.

Abbreviations:

AFFs = atypical femoral fractures

ASBMR = American Society for Bone and Mineral Research

BMD = bone mineral density

BPs = bisphosphonates

OI = osteogenesis imperfecta

ZA = zoledronic acid

Introduction

Osteogenesis imperfecta (OI) is a rare inherited metabolic bone disorder caused by a defect in type I collagen synthesis and function. This condition is characterized by bone fragility, early-onset hearing loss, and multiple fractures.¹ Clinically, OI can be classified into four subtypes, as classified by Van Dijk and Sillence.² The most common OI phenotypes are types I, III and IV.³ The treatment of OI requires a multidisciplinary approach aimed at reducing fracture incidence, promoting mobility, and fostering patient independence. Bisphosphonates (BPs) are the preferred pharmacological agents, as they inhibit bone resorption, increase bone mineral density, and decrease calcium release from bones into the bloodstream. These drugs have been used in OI management since 1998.⁴

The rationale for using BPs, particularly zoledronic acid (ZA), in OI is based on their ability to enhance bone mineral density and reduce fracture rates by up to 60%.⁵ Additionally, BPs help with pain control.⁶ However, concerns have been raised regarding long-term BP use, particularly the development of atypical fractures. atypical femoral fractures (AFFs) are rare complications associated with prolonged BP use in both adults and pediatric patients with OI.^{7,8} AFFs are defined as subtrochanteric femoral fracture characterized by: (1) occurrence in the femoral shaft, (2) a predominantly transverse and minimally comminuted pattern, (3) lateral cortical thickening at the fracture site, and (4) minimal or no trauma preceding the fracture.⁸ The American Society for Bone and Mineral Research (ASBMR) has established a major and minor

criteria to facilitate AFF identification and classification. For a fracture to be considered atypical, it must be associated with prolonged bisphosphonate use and meet at least four of the five major criteria.

Although these criteria were initially developed for adults, they are also applied to pediatric patients.

Several cohort studies have described AFF in pediatric OI patients following prolonged BP therapy.^{3,9,10} Nicolaou et al.,¹¹ reported 16 AFFs in 11 patients treated with pamidronate for a median duration of six years. Vuorimies et al.⁹ categorized patients into three groups based on treatment duration: a) continuous BP treatment b) intermittent BP treatment with a one-year pause after 2-3 years, and c) untreated patients. They found a higher incidence of fractures in the continuous treatment group compared to the intermittent group after 4.1 years of BP therapy (pamidronate, zoledronic acid or risedronate). Trejo et al.³ reported a shorter time to AFF onset, averaging 2.7 years of BP exposure.

Given these findings, this study aims to characterize children with OI and assess the incidence of AFFs in relation to zoledronic acid treatment duration.

Material and methods

We designed a single-group ambispective cohort study^{12,13} of pediatric patients diagnosed with osteogenesis imperfecta according with the Sillence criteria.

The retrospective period spanned January 2008 to July 2017, while the prospective period extended from October 2017 to March 2024. The inclusion criteria were: (1) Children diagnosed with osteogenesis imperfecta based on the Sillence criteria (both sexes, aged 2 to 18 years) who had been treated with zoledronic acid (0.1 mg/kg/year). Patients with complete clinical record and X-ray documentation were included.

For the prospective study, all patients met the same criteria as the retrospective cases, with the addition of laboratory tests including 25 OHD, creatinine, albumin,

calcium, phosphorus, magnesium, acid phosphatase and bone densitometry. Prospective cases underwent follow-ups every six months. All radiographs were collected and re-evaluated by two of the authors (A.B and P.C). The ASBMR criteria for adult atypical femoral fracture were applied. Traumatic fractures were excluded. Descriptive statistics were used to characterize the sample, with means and standard deviations for continuous variables and frequencies and percentages for categorical variables. Age subgroups were classified as children (2-9 years 11 months) and adolescents (≥ 10 years). A stratified analysis by sex was conducted. A visual trajectories analysis was performed to describe cohort patterns, and Kaplan-Meier curves were generated to define the cumulative incidence of fractures and treatment duration. Cox regression analyses were conducted using age, sex and treatment type as covariates. Statistical analyses were performed using SPSS Version 24.

This study was conducted in accordance with the Helsinki Declaration of Clinical Research on Humans.¹⁴ All procedures followed ethical standards established by institutional and/or national research committee, in compliance with the 1964 Declaration and its subsequent amendments. This protocol was approved by the Research, Ethics and Biosafety Committees with the reference number HIM2018/010. Informed consent was obtained from parents or guardians, and informed assent was obtained from participants aged seven years and older.

Results

The total sample consisted of 68 patients, 38 were analyzed retrospectively using clinical and radiographic records, while 30 were diagnosed and followed prospectively. The mean age of the patients was 10.5 years, and half of the population was female (*Table 1*). As the demographic and clinical characteristics were similar in both the retrospective and prospective phase; the data were analyzed as a single cohort.

A visual trajectory analysis was performed for each patient in the cohort. The observation period ranged from 6 to 85 months. Three patients developed two AFFs at different anatomical sites and times during follow-up. All AFFs met the ASBMR criteria. Although no specific pattern was identified, patients receiving intermittent treatment exhibited a lower frequency of AFFs.

Of the 68 patients, 21 (31%) experienced one or more AFFs, 67% of whom were male, and 16 (76%) were adolescents (≥ 10 years). Among the 21 patients with AFFs, 16 (76%) were on continuous treatment, and 5 (24%) were on intermittent treatment. Seventeen of the 21 affected patients had received three or more doses of zoledronic acid (*Table 2*). The OI subtype for each case is also reported in this table.

Kaplan-Meier cumulative incidence curves were used to estimate the time to first AFF in patients undergoing prolonged treatment with bisphosphonates. Half of the cohort experienced an AFF by 69 months of treatment

(95% CI 61-76 months). When stratified by sex, males developed AFFs by 60 months (95% IC50.2-70.3), while females developed them by 77 months (95%IC 67.5-86.9) ($p = 0.12$). When stratified by age, a significant difference was observed: adolescents developed AFFs by month 48 (95% CI 45.6-55.5) compared to 84 months (95% CI 81.6-88.8) for younger children ($p = 0.001$). A Cox regression analysis including sex, age, and treatment type (continuous or intermittent) showed that male patients with OI had a 3.13-fold higher risk (95% CI 1.18-8.26 $p = 0.021$) of developing an AFF compared to females (*Figures 1 to 3*).

Discussion

This study describes the clinical characteristics and fracture incidence in a cohort of 68 children and adolescents with osteogenesis imperfecta (OI) treated with zoledronic acid (ZA), with a focus on the time to development of AFFs (*Figure 4 and 5*). The average duration of ZA exposure before an AFF occurred was 69 months. When analyzed

Table 1. Baseline characteristics of the population with Osteogenesis Imperfecta. This was a homogeneous sample with a mean age of 10.5 years. During the prospective follow-up of the patients, a bone chemistry panel was performed.

	Retrospective N = 38 n (%)	Prospective N = 30 n (%)
Demographic		
Age*	10.8 $\pm$ 4.26	10.2 $\pm$ 4.30
Gender		
Female	21 (55)	13 (43)
Male	17 (45)	17 (57)
Size (cm)*	NA	109.34 $\pm$ 25.34
Weight (kg)*	NA	31.92 $\pm$ 26.70
Clinical Data		
Type of OI [silence classification]		
I	18 (47)	18 (60)
III	15 (40)	9 (30)
IV	5 (13)	3 (10)
Wandering	26 (68)	22 (73)
Blue sclera	38 (100)	18 (60)
Dentinogenesis	21 (55)	20 (67)
Total fractures before BP treatment (types) [‡]		
I	7 [4-9]	6 [2-7]
III	23 [8-31]	7 [3-25]
IV	30 [15-26]	10 [3-22]
Laboratory and cabinet		
Patients with DXA initial Laboratories*	22 (55)	30 (100)
Creatinine	NA	0.42 $\pm$ 0.15
Albumin	NA	4.35 $\pm$ 0.22
Calcium	NA	9.56 $\pm$ 0.49
Phosphorus	NA	5.15 $\pm$ 0.77
Magnesium	NA	2.11 $\pm$ 0.23
Alkaline Phosphatase	NA	258 $\pm$ 90.9
25-OHD	NA	28.2 $\pm$ 14.06

* Data indicate mean $\pm$ standard deviation. [‡] Data expressed by range.
BP = bisphosphonate. NA = not available. OI = osteogenesis imperfecta.

Table 2: Atypical fractures observed during the follow-up period of the cohort from 2008 to 2024.
Most fractures occurred in patients under continuous treatment.

Type of OI	Age	Gender	Number of doses	Location	Type of treatment
I	15	Female	10	Femur	Continuous
I	11	Male	6	Femur	Continuous
I	12	Female	10	Bilateral femur	Continuous
IV	6	Female	3	Femur	Continuous
III	15	Male	15	Femur	Continuous
III	3	Female	3	Femur	Intermittent
III	15	Male	4	Femur	Continuous
IV	8	Male	14	Humerus	Continuous
IV	18	Female	9/13	Femur/ulna	Continuous
III	10	Male	10	Femur	Continuous
I	12	Male	14	Femur	Continuous
III	9	Male	4	Femur	Continuous
I	15	Male	12	Radius	Intermittent
I	15	Male	9	Femur	Continuous
III	8	Male	6	Femur	Intermittent
III	14	Male	3	Femur	Intermittent
III	12	Male	6/12	Right femur /left femur	Continuous
IV	14	Female	7	Femur	Intermittent
I	14	Male	6	Femur	Continuous
IV	10	Male	3	Femur	Continuous
I	11	Female	10	Femur	Continuous

OI = osteogenesis imperfecta. F = female. M = male. C = continuous treatment. I = intermittent treatment.

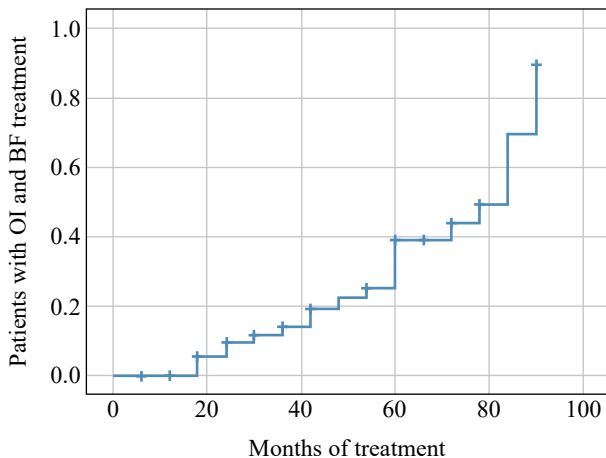


Figure 1: Kaplan-Meier cumulative incidence curves of patients with osteogenesis imperfecta and bisphosphonate treatment by month of follow. BP = bisphosphonate. OI = osteogenesis imperfecta.

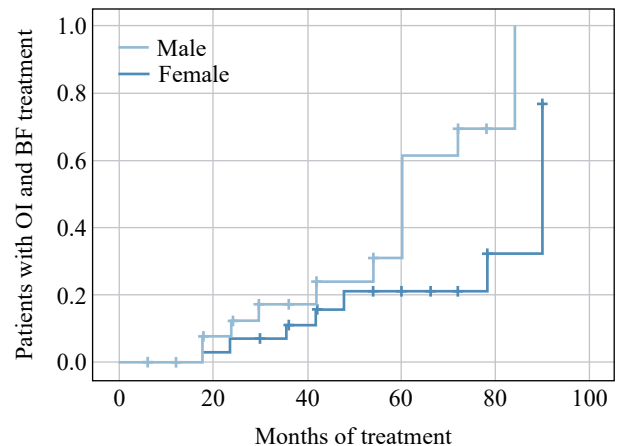


Figure 2: Kaplan-Meier cumulative incidence curves of male and female patients with osteogenesis imperfecta and bisphosphonate treatment by month of follow ($p = 0.021$). BP = bisphosphonate. OI = osteogenesis imperfecta.

by sex, males developed AFFs earlier than females (60 vs 77 months). Similarly, adolescents (≥ 10 years) developed AFFs sooner than younger children (48 vs 84 months). Cox regression revealed that male sex was associated with a significantly higher risk of AFF (HR 3.13, 95% CI 1.18–8.26, $p = 0.021$).

Bisphosphonates have been used in pediatric patients with OI for more than a decade as a compassionate treatment to improve bone mineral density (BMD) and reduce fracture incidence. All patients in this cohort received bisphosphonates as part of standard care at our institution.

A review of the literature identified four pediatric OI cohorts with similar objectives, all of which focused on the association between prolonged bisphosphonate therapy and AFF risk.^{15,16} These cohorts included patients with moderate to severe OI. In contrast, our study also included patients with mild OI, based on BMD z-scores of -2 SD or lower, as per our inclusion criteria.

Our cohort combined retrospective ($n = 38$) and prospective ($n = 30$) data. While most AFFs in previous studies were in the femur, three atypical fractures observed in our prospective group occurred in locations not previously reported (arm and

forearm). These fractures met all ASBMR criteria for AFFs except for anatomical location. To our knowledge, only one other report by Carpintero in 2014¹⁷ has described a non-femoral atypical fracture (tibia) in a pediatric patient with OI type IV treated with pamidronate nine cycles.¹⁸

Unlike other studies, we analyzed our cohort by sex and age, revealed key insights. Specifically, 31% of patients developed at least one AFF, slightly higher than the 8-26% reported in other studies. The average time to AFF in our cohort (69 months) was also comparable to previous studies (4.1-6 years).

Our trajectory analysis showed that patients receiving intermittent treatment had fewer AFFs than those on continuous therapy (24 vs 76%). In adults, continuous ZA use may cause over-suppression of bone turnover, leading to the concept of a «drug holiday» to reduce AFF risk.^{19,20} A similar approach could be advisable in children, with treatment cessation considered after three years of continuous ZA therapy. In this study, most AFFs were treated surgically with a telescopic femoral nail; treatments also included high-dose vitamin D (4,000 IU/day) and cessation of ZA therapy.

Age and sex were notable risk factors. Adolescents (≥ 10 years) had a higher incidence of AFFs than younger children (16 fractures vs 5). This may reflect physiological bone growth and hormonal changes during adolescence, especially the pronounced bone mass accrual seen in males. Since peak bone mass accrual in males is more prolonged than in females,²¹ this may contribute to the threefold higher risk of AFFs in males observed in this study.

Conclusion

This study suggests a possible association between continuous bisphosphonate use and the development of AFFs in children with OI. While most AFFs occur in the femur, other long bones may also be affected. Male sex and adolescence are associated with higher risk, with male patients showing

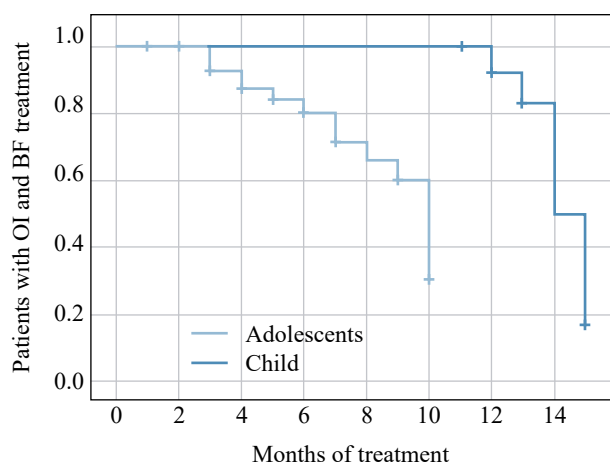


Figure 3: Kaplan-Meier cumulative incidence curves of adolescents and child patients with osteogenesis imperfecta and bisphosphonate treatment by month of follow ($p = 0.001$). BP = bisphosphonate. OI = osteogenesis imperfecta.



Figure 4:

Anteroposterior (AP) radiograph of the thigh, a previously performed osteotomy can be observed. The absence of cortical bulging at this site distinguishes it from an atypical femoral fracture.



Figure 5:

Anteroposterior (AP) radiograph of the hip, showing bulging of the lateral cortex followed by an incomplete fracture line extending toward the medial cortex.

a threefold increase in AFF incidence; further research involving larger cohorts, longer follow-up, and ideally control groups not exposed to bisphosphonates is warranted.

Acknowledgments

Authors are grateful to Angelitos de Cristal Foundation (a non-profit organization that covers the cost of treatment and administration of ZA) and to The Federico Gómez Children's Hospital.

References

1. Marini JC, Forlino A, Bachinger HP, Bishop NJ, Byers PH, Paeppe A, et al. Osteogenesis imperfecta. *Nat Rev Dis Primers*. 2017; 3: 17052. Available in: <http://doi.org/10.1038/nrdp.2017.52>
2. Van Dijk FS, Sillence DO. Osteogenesis imperfecta: clinical diagnosis, nomenclature and severity assessment. *Am J Med Genet A*. 2014; 164A(6): 1470-81. Available in: <http://doi.org/10.1002/ajmg.a.36545>
3. Trejo P, Fassier F, Glorieux FH, Rauch F. Diaphyseal femur fractures in osteogenesis imperfecta: characteristics and relationship with

- bisphosphonate treatment. *J Bone Miner Res.* 2017; 32(5): 1034-9. Available in: <http://doi.org/10.1002/jbmr.3071>
4. Glorieux FH, Bishop NJ, Plotkin H, Chabot G, Lanoue G, Travers R. Cyclic administration of pamidronate in children with severe osteogenesis imperfecta. *N Engl J Med.* 1998; 339(14): 947-52. Available in: <http://doi.org/10.1056/nejm199810013391402>
 5. Camacho NP, Raggio CL, Doty SB, Root L, Zraick V, Ilg WA, et al. A controlled study of the effects of alendronate in a growing mouse model of osteogenesis imperfecta. *Calcif Tissue Int.* 2001; 69(2): 94-101. Available in: <http://doi.org/10.1007/s002230010045>
 6. Celin MR, Simon JC, Krzak JJ, Fial AV, Kruger KM, Smith PA, et al. Do bisphosphonates alleviate pain in children? A systematic review. *Curr Osteoporos Rep.* 2020; 18(5): 486-504. Available in: <http://doi.org/10.1007/s11914-020-00621-3>
 7. Manolopoulos KN, West A, Gittoes N. The paradox of prevention--bilateral atypical subtrochanteric fractures due to bisphosphonates in osteogenesis imperfecta. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013; 98(3): 871-2. Available in: <http://doi.org/10.1210/jc.2012-4195>
 8. Andersen JD, B  nger MH, Rahbek O, Hald JD, Harslof T, Langdahl BL. Do femoral fractures in adult patients with osteogenesis imperfecta imitate atypical femoral fractures? A case series. *Osteoporos Int.* 2019; 30(2): 513-7. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4769-1>
 9. Vuorimies I, Mayranpaa MK, Valtta H, Kr  ger H, Toiviainen-Salo S, Makitie O. Bisphosphonate treatment and the characteristics of femoral fractures in children with osteogenesis imperfecta. *J Clin Endocrinol Metab.* 2017; 102(4): 1333-9. Available in: <http://doi.org/10.1210/jc.2016-3745>
 10. Hegazy A, Kenawey M, Sochett E, Tile L, Cheung AM, Howard AW. Unusual femur stress fractures in children with osteogenesis imperfecta and intramedullary rods on long-term intravenous pamidronate therapy. *J Pediatr Orthop.* 2016; 36(7): 757-61. Available in: <http://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000552>
 11. Nicolaou N, Agrawal Y, Padman M, Fernandes JA, Bell MJ. Changing pattern of femoral fractures in osteogenesis imperfecta with prolonged use of bisphosphonates. *J Child Orthop.* 2012; 6(1): 21-7. Available in: <http://doi.org/10.1007/s11832-011-0380-0>
 12. Méndez RI, Namihiro GD, Moreno AL, Sosa de Martínez C. *El protocolo de investigación*. Lineamientos para su elaboraci  n y análisis. 2   ed. Trillas. 2016. CDMX.
 13. Bel Ferr   MN, Ingl  s NM, Pi  ol MJL. Estudios de cohorte. *Fisioterapia.* 2009; 31(5): 218-23. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.ft.2009.03.001>
 14. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. The Journal of the American College of Dentists. Available in: <http://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199241323.003.0025>
 15. Holm J, Eiken P, Hyldstrup L, Jensen JE. Atypical femoral fracture in an osteogenesis imperfecta patient successfully treated with teriparatide. *Endocr Pract.* 2014; 20(10): e187-90. Available in: <https://doi.org/10.4158/EP14141.CR>
 16. Tan JY, Seow CJ. Management of atypical femoral fracture in a patient with osteogenesis imperfecta. *BMJ Case Rep.* 2017; 2017: bcr2017221835. Available in: <https://doi.org/10.1136/bcr-2017-221835>
 17. Etxebarria-Foronda I, Carpintero P. An atypical fracture in male patient with osteogenesis imperfecta. *Clin Cases Miner Bone Metab.* 2015; 12(3): 278-81. Available in: <http://doi.org/10.11138/ccmbm/2015.12.3.278>
 18. Carpintero P, Del Fresno JA, Ruiz-Sanz J, Jaenal P. Atypical fracture in a child with osteogenesis imperfecta. *Joint Bone Spine.* 2015; 82(4): 287-8. Available in: <http://doi.org/10.1016/j.jbspin.2014.10.014>
 19. Odvina CV, Zerwekh JE, Rao DS, Maalouf N, Gottshalk FA, Pak CY. Severely suppressed bone turnover: a potential complication of alendronate therapy. *J Clin Endocrinol Metab.* 2005; 90(3): 1294-301. Available in: <http://doi.org/10.1210/jc.2004-0952>
 20. Shane E. Evolving data about subtrochanteric fractures and bisphosphonates. *N Engl J Med.* 2010; 362(19): 1825-7. Available in: <http://doi.org/10.1056/nejme1003064>
 21. Pasco JA, Lane SE, Brennan-Olsen SL, Holloway KL, Timney EN, Bucki-Smith G, et al. The epidemiology of incident fracture from cradle to senescence. *Calcif Tissue Int.* 2015; 97(6): 568-76. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00223-015-0053-y>

Conflict of interest: declared we have no conflict of interest.

Funding: None.

Original article

doi: 10.35366/121815

Total knee infection as a clinical quality indicator

La infección total de rodilla como indicador de calidad clínica

Torres-Gómez A,* Isa-Maturana A,* Jasqui-Remba S*

Centro Médico ABC, Ciudad de México, México.

ABSTRACT. Total knee arthroplasty infection (TKAI) is an important surgical outcome and quality indicator. We present a statistical method to analyze the rate of occurrence of TKAI based upon the binomial distribution. The rationale, process and interpretation are presented to obtaining the exact and cumulative probability of having k infections after n procedures with a predetermined health quality indicator goal. In other words, to find out in a scientific manner whether there are too many infections or not.

Keywords: total knee arthroplasty, joint replacement, prosthetic infection, epidemiology, indicator.

RESUMEN. La infección de artroplastia total de rodilla (IATR) es un importante indicador de resultados y calidad quirúrgica. Presentamos un método estadístico para analizar la tasa de incidencia de IATR según la distribución binomial. Se presentan la justificación, el proceso y la interpretación para obtener la probabilidad exacta y acumulada de k infecciones después de n procedimientos con un objetivo predeterminado de indicador de calidad de salud. En otras palabras, para determinar científicamente si hay demasiadas infecciones o no.

Palabras clave: artroplastia total de rodilla, reemplazo articular, infección protésica, epidemiología, indicador.

Abbreviations:

95% CI = 95% confidence interval.

k = Outcome, also called: success rate.

n = Sample (number of TKAs).

p = Observed rate of infection.

P = Probability.

q = (1-p).

TKA = Total Knee Arthroplasty.

TKAI = Total Knee Arthroplasty Infection.

X = Random variable.

Introduction

Quantification of the rate of total knee arthroplasty infection (TKAI) is an important surgical outcome and a clinical quality indicator.¹ Prosthetic infection can be

disabling, costly and devastating.² Proper antimicrobial prophylaxis programs are designed to reduce the incidence of TKAI.³ The incidence of TKAI is reported in percentage; as the rate of infections relative to the number of total knee arthroplasties (TKA) performed. Blanco, Díaz, Melchor, Da Casa and Pescador report ranges of infection from 0.29 to 2%; and the incidence at the Mayo Clinic of 1.2% of 3,000 primary TKAs.^{4,5} In 2022, Vaisman, Casas, Bianchi and Edwards, reported an infection rate of 1.47% after TKA.⁶

From a clinical quality standpoint, it seems reasonable to establish a target by defining a low infection rate and aim to keep the rate of infections equal or below that goal. However, several challenges arise. A critical one is that the

Level of evidence: V

* Centro Médico ABC. Ciudad de México, México.

Correspondence:

Armando Torres-Gómez, MD

E-mail: atorresmd@yahoo.com

Received: 08-29-2025. Accepted: 09-11-2025.

How to cite: Torres-Gómez A, Isa-Maturana A, Jasqui-Remba S. Total knee infection as a clinical quality indicator. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 369-371. <https://dx.doi.org/10.35366/121815>


www.medigraphic.com/actaortopedica


confidence interval could be too wide, potentially leading to misleading conclusion.

Example 1.

The quality department of a given hospital established a goal of TKAI to 1.1% (a very low rate of infection, as reported by the Mayo Clinic). During the first quarter of the year, 35 TKAs were performed and 1 infection was identified. This yields a rate of 2.86% ($1/35 = 0.0286$). A superficial interpretation might suggest that the observed rate of infection is more than two times the goal (exactly: 2.6x). However, such interpretations are erroneous. Derived from the 95% confidence interval (95% CI) for a proportion.^{7,8} We obtain that such 95% CI ranges from 0 to 8.38%. Since the lower bound derived from the formula was -2.66%, a non-viable value, it is adjusted to 0.

$$CI_{95\%} = p \pm 1.96 \sqrt{\frac{pq}{n}} \quad \text{Equation (1)}$$

Where p is the observed rate of infection, or the proportion of infected patients; q is $(1-p)$ and n is the sample or number of TKAs performed.

Substituting with the values from the example:

$$CI_{95\%} = 0.0286 \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.0286 \times 0.9714}{35}} = -0.0266 - 0.0838$$

Equation (2)

We can observe that the 95% CI «engulfs» the goal of 1.1%. We now see that the observed rate of infections at this hospital lies inside the «safe zone» defined by the 95% CI.

This example illustrates a simple method to determine whether the observed rate of TKAI falls within the confidence interval. However, it does not provide a precise measure of how well the hospital is performing in terms of TKAI prevention.

Another problem is that infections occur as discrete events. A discrete event or variable is one that takes whole-number values, can only obtain values from a finite state, and is obtained by counting. This means that we cannot observe «half an infected patient», «three quarters of an infected patient», or «10% of an infected patient». We can only observe zero, one, two, three (or more) infections. A discrete variable, therefore, is expressed as a sequence of successive integers that cannot be meaningfully subdivided into smaller units.^{9,10}

A robust strategy to assess the fulfillment of a clinical quality goal for a discrete variable such as the rate of TKAI is to analyze the event (infection) as a discrete variable. If we denote the number of infections as k and the number of TKAs performed as n , and base the analysis on a discrete probability distribution-specifically, the Binomial

Distribution-we apply the appropriate mathematical framework.

Example 2.

We will use the same numbers as in example 1, but make the analysis with the binomial distribution:⁷

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \quad \text{Equation (3)}$$

Where $P(X = k)$ is read as «the probability of a random variable (X) to have the outcome (k)». n is the sample or number of TKAs performed; p is the goal (0.011), and q is defined as $(1-p)$. The term $\binom{n}{k}$ reads as « n choose k » and represent a combination which can be also expressed as ${}_nC_k$ and can be easily computed on a scientific calculator, smartphone, or computer.

Substituting with the values from the example:

$$P(X = k) = \binom{35}{1} \times 0.011^1 \times 0.989^{34} = 0.2643 = 26.43\%$$

Equation (4)

This result (26.43%), can be interpreted as: «The probability of having exactly one infection out of 35 TKAs is of 26.43%».

What would the result be if no infection was seen among the 35 TKAs?

$$P(X = k) = \binom{35}{0} \times 0.011^0 \times 0.989^{35} = 0.6790 = 67.90\%$$

Equation (5)

This means that the probability of not having any infections is 67.90%.

The different values for k (number of infections) are displayed from 0 to 5 in [Table 1](#). As we can see, the probability of having exactly 2 infections out of 35 TKAs is 0.05; this value lies outside the expected range and the rate of 2 infections can be considered as «significantly» high-suggesting that two infections were «too many». For many health managers, researchers, and policymakers, the conventional significance threshold of 0.05 is used to judge whether an event frequency is unusually high (or unusually low). Nonetheless, Feinstein emphasizes that the ultimate interpretation of these values depends «on how you interpret the results».⁹

In addition to the computation of exact probabilities, we can calculate the cumulative probability of having k or more events ($P(X \geq k)$). The results are displayed in [Table 2](#) and can be interpreted as follows: For $P(X \geq 0) > 0.9999$, the probability of having none or more infections (i.e., 0, 1, 2, 3 ... 35) is essentially 100%. For $P(X \geq 1) = 0.3210$, the probability of having at least one infection (i.e., 1, 2, 3 ... 35) is 32.10%. For $P(X \geq 2) = 0.0567$, the probability of having two or more infections (i.e., 2, 3 ... 35) is 5.67%.

Table 1: Probability of having k infections out of 35 TKAs.

k	0	1	2	3	4	5
$P(X = k)$	0.6790	0.2643	0.0500	0.0061	0.0005	< 0.0001
k = outcome, in this case: number of infected TKAs. $P(X = k)$ = the probability of having exactly k events.						

Table 2: Cumulative probability of having k infections out of 35 TKAs.

k	0	1	2	3	4	5
$P(X \geq k)$	> 0.9999	0.3210	0.0567	0.0067	0.0006	< 0.0001
k = outcome, in this case: number of infected TKAs. $P(X \geq k)$ = the probability of having k events or more.						

This value is very close to the conventional significance threshold of 0.05, indicating that from this point ($k = 2$), the number of infections may be considered excessive.

These analytical methods provide a more realistic view of how events occur in practice. The cumulative probability approach reflects the likelihood of observing not only an exact number of infections but also that number or more. As the sample size (n) increases, exact and cumulative probabilities tend to converge (or get closer). The choice and interpretation of either technique (exact vs. cumulative) should be guided by methodological rigor and the specific monitoring objectives of each health facility.

The goal of 1.1% used as an example was drawn from data by the Mayo Clinic; however, each facility can establish its own benchmark based on realistic expectations. Community hospitals, for instance, may choose rates reported on studies performed in comparable centers and avoid unrealistic targets. Quality departments should therefore define institutional goals using a balance of external evidence, internal performance data, and available resources, ensuring that targets are both ambitious and achievable.

There are several websites that provide binomial distribution calculators. Here are two useful links. Note that «success» refers to «outcome», and that notation can vary—for example, k represented sometimes represented as x .

1. <http://stattrek.com/online-calculator/binomial.aspx>
2. <http://vassarstats.net/binomialX.html>

Conclusion

We recommend analyzing discrete variables, such as number of TKAs, when the expected rate of infection is known or has been set as a goal to assess quality outcomes,

with the strategy of the binomial distribution described herein. The goal of 1.1% used in this manuscript was set for educational purposes, in this case drawn from the rate reported from the Mayo Clinic; each hospital or health service should determine its own targets based on local needs, resources, and patient population. Future work will address the appropriate methodology for analyzing quality indicators expressed as the number of events over a defined time-period.

References

1. Weinstein EJ, Stephens-Shields AJ, Newcomb CW, Silibovsky R, Nelson CL, O'Donnell JA, et al. Incidence, microbiological studies, and factors associated with prosthetic joint infection after total knee arthroplasty. *JAMA Netw Open*. 2023; 6(10): e2340457.
2. Sarasa RM, Angulo CMC, Zamora LM, Lorenzo LR, Ruiz de las Morenas P, Flores San Martín M, et al. Diagnóstico y tratamiento de la infección protésica de cadera y de rodilla. *Rev Electr Portales Medicos*. 2021; 16(2): 94.
3. Brzezinski A, Simon M, Vasudevan S, Scharoch K, Marczak D, Grzelak M, et al. Antibiotic prophylaxis in total joint arthroplasty. *Prerpints.org*. 2025; 1(1): 13.
4. Blanco JF, Díaz A, Melchor FR, da Casa C, Pescador D. Risk factors for periprosthetic joint infection after total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020; 140(2): 239-45.
5. Windsor RE, Bono JV. Infected total knee replacements. *J Am Acad Orthop Surg*. 1994; 2(1): 44-53.
6. Vaisman A, Casas J, Bianchi S, Edwards D. Infecciones periprotésicas en artroplastia total de rodilla: ¿Cuál es nuestra realidad? *Rev Chil Ortop Traumatol*. 2022; 63(2): e87-92.
7. Rosner B. *Fundamentals of Biostatistics*. 7th ed. Boston, MA: Cengage Learning; 2020.
8. Fleiss JL, Levin B, Paik MC. *Statistical methods for rates and proportions*. 3rd ed. Hoboken, N.J.: J. Wiley; 2003, pp. 187-233.
9. Pagano M, Gauvreau K. *Principles of biostatistics*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2022.
10. Guedes M, Almeida F, Andrade P, Moreira L, Pedrosa A, Azevedo A, et al. Surgical site infection surveillance in knee and hip arthroplasty: optimizing an algorithm to detect high-risk patients based on electronic health records. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2024; 13(1): 90.

Artículo original

doi: 10.35366/121816

Morbimortalidad a un año en artroplastía total de cadera por fractura: comparación entre abordaje anterior directo y abordaje lateral

One-year morbidity and mortality in total hip arthroplasty for fracture: comparison between direct anterior approach and lateral approach

Vanegas-Medellín M,* Castillo-Vázquez FG,* Fernández-Palomo LJ‡

Hospital Ángeles Pedregal. Ciudad de México, México.

RESUMEN. Introducción: la fractura de cadera es uno de los padecimientos más comunes en la práctica profesional de un ortopedista. La mortalidad temprana de la artroplastía total de cadera (ATC) primaria por artrosis es de 0.35% con una incidencia de complicaciones de 3.9%. Esto aumenta de forma considerable (3.1%) cuando la ATC se realiza secundaria a fractura. El objetivo principal de este estudio fue determinar si el tipo de abordaje quirúrgico tiene efecto en la mortalidad de los pacientes que son tratados con ATC en el contexto de una fractura. **Material y métodos:** estudio retrospectivo y observacional en el que se incluyó a los pacientes con fracturas intracapsulares de cadera que hayan sido tratados mediante ATC, realizada por abordaje anterior o lateral, por un mismo equipo en un solo centro entre 2007 y 2021. **Resultados:** el abordaje anterior se asocia de forma independiente a un menor riesgo de sangrado con OR = 0.15 (IC95% = 0.051-0.48, p = 0.001) contra el abordaje lateral. La mortalidad global en el abordaje anterior fue de 6.7% frente a 15.2% del abordaje lateral (p = 0.25). **Conclusiones:** este estudio demuestra de forma estadísticamente significativa que los pacientes en quienes se realiza una artroplastía por abordaje lateral tienen mayor riesgo de sangrado. El abordaje anterior en manos de un equipo quirúrgico capacitado es una opción segura para realizar una ATC en pacientes con

ABSTRACT. Introduction: hip fracture is one of the most common conditions in the professional practice of an orthopedic surgeon. The early mortality of primary total hip arthroplasty (THA) for osteoarthritis is 0.35% with an incidence of complications of 3.9%. This increases considerably (3.1%) when THA is performed as the treatment of a hip fracture. The main objective of this study is to determine if the surgical approach has an effect on the mortality of patients who are treated with THA in the context of a fracture. **Material and methods:** we carried out a retrospective and observational study that included patients with intracapsular hip fractures who had been treated with THA, performed through an anterior or lateral approach, by the same team in a single center between 2007 and 2021. **Results:** the anterior approach is independently associated with a lower risk of bleeding with an OR = 0.15 (95% CI = 0.051-0.48, p = 0.001) versus the lateral approach. Overall mortality in the anterior approach was 6.7 versus 15.2% in the lateral approach (p = 0.25). **Conclusions:** this study demonstrates in a statistically significant way that patients who undergo arthroplasty through a lateral approach have a higher risk of bleeding. The anterior approach in the hands of a trained surgical team is a safe option for performing THA in patients with hip

Nivel de evidencia: III

* Traumatología y Ortopedia, Hospital Ángeles Pedregal. Ciudad de México, México.

‡ Traumatología y Ortopedia, Cirugía de Cadera, Centro Médico ABC. Ciudad de México, México.

Correspondencia:

Michelle Vanegas Medellín

Hospital Ángeles Pedregal.

E-mail: vanegasmedellin@gmail.com

Recibido: 21-03-2025. Aceptado: 07-07-2025.

Citar como: Vanegas-Medellín M, Castillo-Vázquez FG, Fernández-Palomo LJ. Morbimortalidad a un año en artroplastía total de cadera por fractura: comparación entre abordaje anterior directo y abordaje lateral. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 372-379. <https://dx.doi.org/10.35366/121816>



fracturas de cadera y tiene el potencial de disminuir algunos de los riesgos asociados al procedimiento.

Palabras clave: artroplastía de cadera, fractura, abordaje anterior, mortalidad.

fractures and has the potential to reduce some of the risks associated with the procedure.

Keywords: arthroplasty, hip, fracture, anterior approach, mortality.

Abreviaturas:

ASA = Sociedad Americana de Anestesiólogos (*American Society of Anesthesiologists*)

ATC = artroplastía total de cadera

Introducción

La artroplastía total de cadera (ATC) es considerada uno de los procedimientos más exitosos y frecuentes en la práctica ortopédica.¹ Su demanda ha incrementado de forma considerable durante las últimas dos décadas,² aumentando su prevalencia en 50% de 1990 a 2002 y se proyecta un incremento de 174% para el 2030.³

En Estados Unidos, la tasa de cirugías ha aumentado 105% del año 2000 al 2014; se proyecta un crecimiento en el procedimiento de 71% para el 2030, esto se traduce en 635,000 ATC por año.⁴

La incidencia anual de las fracturas de cadera es de 1.7 millones a nivel mundial, con una mortalidad a un año de 30%.⁵ La mortalidad temprana (30 días postoperatorios) de la ATC primaria por artrosis es de 0.35 a 0.8%, con una incidencia de complicaciones que va de 3.9 a 4.9%.^{2,6} La mortalidad temprana aumenta de forma considerable (3.1%) cuando la artroplastía de cadera se realiza en el contexto de una fractura de cadera.⁶

Se han descrito factores de riesgo asociados a mortalidad en ATC, como edad mayor de 70 años, enfermedad renal crónica, enfermedades cardíacas previas, ASA > III y sexo masculino.² Sin embargo, no se ha analizado si el tipo de abordaje quirúrgico es un factor determinante en la mortalidad.

Uno de los factores determinantes al hablar de mortalidad es la presencia de complicaciones asociadas al procedimiento quirúrgico. En general, las complicaciones de una ATC no son tan frecuentes, pero de presentarse, tienen un impacto importante en la calidad y expectativa de vida de los pacientes.⁷

Las complicaciones más comunes a tener en cuenta en este procedimiento son: hematomas, tromboembolismo, luxación periprotésica, lesiones neurológicas, lesiones vasculares, fracturas periprotésicas, infección periprotésica u osificación heterotópica.⁷

Las complicaciones tempranas se definen como las que ocurren dentro de los primeros 30 días posteriores al procedimiento quirúrgico. Se ha reportado una incidencia de 3.9% de complicaciones tempranas mayores y de 9.4% de complicaciones tempranas menores.⁷

Las complicaciones tempranas mayores más comunes son: readmisión hospitalaria (2.4%), necesidad de reintervención

quirúrgica (1.4%) e infección profunda (0.4%).⁷ Otras descritas son trombosis venosa profunda y luxación periprotésica.⁸

Sobre las causas que derivan en una reintervención, las más comunes son infección o dehiscencia de la herida quirúrgica (50.3%); inestabilidad protésica (23.2%), fracturas periprotésicas (16.9%) y aflojamiento aséptico. Las complicaciones tempranas menores son necesidad de transfusión en 7.6% e infecciones de vías urinarias en 1.3% (0.6%).⁷

Las complicaciones que se han reportado con mayor impacto en la mortalidad posterior a una ATC son los eventos cardíacos y los pulmonares.⁶

Cuando se habla de ATC secundaria a artrosis, la mortalidad temprana (definida dentro de los primeros 30 días posteriores al proceso quirúrgico) es de 0.35 a 0.8%, con una incidencia de complicaciones que va de 3.9 a 4.9%.^{2,6}

Las fracturas de cadera causan dolor, sangrado, inmovilidad prolongada y activan un estado de estrés metabólico, inflamatorio e hipercoagulante; todo esto propicia que ciertos factores médicos previos puedan empeorar o agudizarse.⁹

La peor complicación de una ATC es la muerte, la cual ocurre en 30% de estos pacientes un año después de la cirugía.¹⁰ En la fase hospitalaria se reporta mortalidad de 2 a 7%; en el primer mes se eleva de 6 a 12%; y el primer año entre 17 y 33%.¹¹ Cuando esta cirugía se realiza a causa de una fractura de cadera, la mortalidad temprana aumenta hasta en 3.1%.⁶

Los adultos mayores son las personas que se encuentran en mayor riesgo de presentar una fractura de cadera, y son también los pacientes con mayor riesgo de presentar comorbilidades múltiples.

Se ha debatido sobre la relación que existe entre la muerte del paciente y la fractura de cadera. Es posible que la propia fractura incida en la salud del paciente al generar complicaciones graves que lleven a la muerte; pero también es factible que la fractura actúe como un factor detonante del desequilibrio, por un pobre estado basal previo del individuo.¹¹

Una fractura de cadera tiene un impacto negativo (de moderado a severo) en la calidad de vida del paciente, en su funcionalidad, independencia y estado de ánimo. La mejoría paulatina en estos factores se presenta en los primeros dos a seis meses.^{12,13}

Se han realizado estudios que analizan distintos factores y su relación con el tipo de abordaje al momento de realizar una ATC. Dentro de los más estudiados se encuentran: días de estancia hospitalaria, recuperación funcional, tiempo quirúrgico, sangrado, necesidad de

transfusión, luxación periprotésica e infecciones. Sin embargo, en la población mexicana no se han diseñado estudios que evalúen si existe alguna diferencia en la mortalidad asociada al abordaje, en el contexto de pacientes con fracturas de cadera.

Los objetivos de este estudio fueron: demostrar si existen diferencias en la tasa de mortalidad en pacientes con fractura de cadera tratados con artroplastía, según el abordaje; determinar las complicaciones más frecuentes para cada uno de los abordajes en la ATC secundaria a fractura y calcular la mortalidad a un año en pacientes con fractura de cadera tratados con ATC para cada uno de los abordajes. El propósito principal de este estudio es analizar si el abordaje quirúrgico influye en la mortalidad a un año en ATC realizadas por fracturas, así como las complicaciones más frecuentemente asociadas a los abordajes estudiados (anterior y lateral).

Materiales y métodos

Se realizó un estudio retrospectivo y observacional en un único centro hospitalario de tercer nivel.

Tamaño de muestra: la mortalidad global a 30 y 60 días en artroplastía primaria de cadera oscila entre 0.3-0.6%, respectivamente.¹⁴ Debido a que no existe información confiable en México para una estimación de tamaño de muestra necesario para mortalidad posterior a artroplastía en pacientes con fractura de cadera, se utilizaron todos los casos consecutivos durante el período de estudio en pacientes con abordaje anterior y se compararon con el abordaje lateral. Se utilizaron los límites superior e inferior de la mortalidad descrita en la literatura (0.3-0.6%), el método para una proporción, una estimación aproximada con poder mínimo de 90% y un alfa a dos colas ajustado a < 0.05 . Se estimó una muestra mínima requerida de 50 pacientes. En la *Figura 1* se detalla cómo se comportaría el desenlace de mortalidad y la muestra requerida para un poder entre 75 y 95%.

Población de estudio: Pacientes con fracturas intracapsulares de cadera que hayan sido tratados con ATC, realizada mediante abordaje anterior o abordaje lateral, por un mismo equipo quirúrgico en un único centro hospitalario de tercer nivel.

Criterios de inclusión: pacientes con fracturas intracapsulares de cadera: fractura capital, fractura subcapital, fractura transcervical, fractura basicervical, que hayan sido tratados con ATC por abordaje anterior o lateral por un mismo equipo quirúrgico en un único centro hospitalario de tercer nivel.

Criterios de exclusión: pacientes con fracturas intracapsulares de cadera: fractura capital, fractura subcapital, fractura transcervical, fractura basicervical que hayan sido tratados mediante osteosíntesis, con fracturas extracapsulares, con fracturas periprotésicas o con fracturas acetabulares.

Se revisaron los expedientes en OnBase 16 (Hyland), TIMSA (Tecnología En Informática Moderna) y PACS

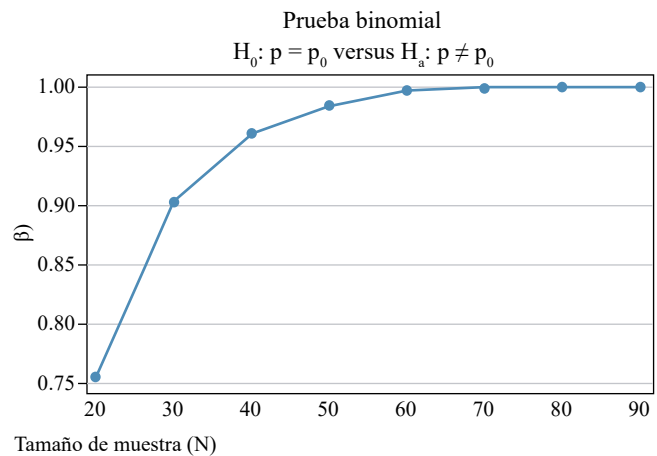


Figura 1: Cálculo de tamaño de muestra para una proporción.

(Picture Archiving and Communication System) de todos los pacientes operados por un mismo equipo quirúrgico por fractura de cadera. Se analizaron un total de 503 expedientes. De éstos, se excluyeron 427 por ser fracturas periprotésicas, acetabulares, fracturas extracapsulares o fracturas intracapsulares sometidas a osteosíntesis. Después de aplicar los criterios de selección, 76 pacientes fueron analizados.

Se recolectaron variables demográficas, comorbilidades y variables clínicas, incluyendo riesgo quirúrgico de acuerdo a la clasificación de ASA, así como complicaciones transoperatorias y postoperatorias, estancia hospitalaria. La mortalidad fue evaluada durante los siguientes períodos: 1-30 días, 30 días a un año, mortalidad global durante un año de seguimiento. Las complicaciones fueron analizadas de forma individual y agrupadas mediante desenlaces compuestos que incluían mortalidad y complicaciones.

Como desenlace primario, se estudió la mortalidad asociada al tipo de abordaje al realizar artroplastía de cadera secundaria a fractura. Como desenlaces secundarios, se estudiaron los factores de riesgo y complicaciones asociadas al tipo de abordaje al realizar artroplastía de cadera en pacientes con fracturas de cadera.

Se definieron como complicaciones mayores: fractura periprotésica, evento trombótico, evento cardíaco, neumonía, intubación no planeada, infección periprotésica, lesión nerviosa motora, luxación periprotésica, necesidad de reintervención quirúrgica, COVID-19. Y como complicaciones menores: infección superficial de herida quirúrgica, lesión nerviosa sensitiva, formación de hematoma.

Análisis estadístico: se utilizó estadística descriptiva con frecuencias absolutas y relativas para variables categóricas o medias y desviación estándar para variables lineales. Las comparaciones entre grupos se realizaron con pruebas de χ^2 o t de Student. El análisis multivariado se construyó mediante regresión logística binaria; y la medida de fuerza de asociación, con razón de momios (OR) con intervalos de confianza de 95% (IC95%). La paquetería estadística utilizada fue STATA SE v13.0.

Resultados

Se incluyeron los datos de 76 pacientes; 30 con abordaje anterior y 46, con abordaje lateral; 57 mujeres (75%) y 19 hombres (25%); el grupo de edad más frecuente fue el de 71 a 80 años (36%).

Las comorbilidades que se presentaron con mayor frecuencia fueron consumo de tabaco (38.2%), hipotiroidismo (23.7%) y cáncer (15.8%); 25% de los pacientes tenían antecedentes de fractura por fragilidad.

No se observaron diferencias significativas entre las variables demográficas, comorbilidades y características principales del diagnóstico entre los pacientes tratados con artroplastía por abordaje anterior comparado con el grupo del abordaje lateral. El resto de las características demográficas, comorbilidades y diagnóstico se detalla en la [Tabla 1](#).

Complicaciones: las complicaciones quirúrgicas y posquirúrgicas en el grupo del abordaje lateral fueron: un paciente presentó una fractura periprotésica; un sujeto tuvo un evento trombótico de tipo pulmonar posterior a la cirugía;

Tabla 1: Características demográficas, comorbilidades y diagnóstico de pacientes tratados con artroplastía de cadera, comparación entre dos grupos: abordaje anterior y abordaje lateral.*

Variables demográficas	Total N = 76 n (%)	Abordaje anterior N = 30 n (%)	Abordaje lateral N = 46 n (%)	p
Grupo de edad, años				0.48
< 40	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
40-50	1 (1.3)	0 (0.0)	1 (2.2)	
51-60	4 (5.3)	2 (6.7)	2 (4.3)	
61-70	9 (11.8)	3 (10.0)	6 (13.0)	
71-80	28 (36.8)	9 (30.0)	19 (41.3)	
81-90	25 (32.9)	13 (43.3)	12 (26.1)	
91-100	8 (10.5)	2 (6.7)	6 (13.0)	
> 100	1 (1.3)	1 (3.3)	0 (0.0)	
Sexo				0.42
Masculino	19 (25.0)	9 (30.0)	10 (21.7)	
Femenino	57 (75.0)	21 (70.0)	36 (78.3)	
Índice de masa corporal, kg/m ²				0.96
< 18.5	2 (2.6)	1 (3.3)	1 (2.2)	
18.5-24.9	34 (44.7)	14 (46.7)	20 (43.5)	
25-29.9	34 (44.7)	13 (43.3)	21 (45.7)	
30-34.9	6 (7.9)	2 (6.7)	4 (8.7)	
35-39.9	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Comorbilidades				
Tabaquismo	29 (38.2)	13 (43.3)	16 (34.8)	0.45
Diabetes mellitus 2	10 (13.2)	2 (6.7)	8 (17.4)	0.18
Insuficiencia cardíaca	5 (6.6)	3 (10.0)	2 (4.3)	0.33
Trombosis	11 (14.5)	2 (6.7)	9 (19.6)	0.12
Cáncer	12 (15.8)	3 (10.0)	9 (19.6)	0.26
EPOC	7 (9.2)	3 (10.0)	4 (8.7)	0.85
Enfermedad renal crónica	7 (9.2)	3 (10.0)	4 (8.7)	0.85
Hipotiroidismo	18 (23.7)	9 (30.0)	9 (19.6)	0.30
Osteoporosis	9 (11.8)	5 (16.7)	4 (8.7)	0.29
Fractura previa	19 (25.0)	6 (20.0)	13 (28.3)	0.42
Enfermedad neurológica	2 (2.6)	2 (6.7)	0 (0.0)	0.08
Enfermedad reumatológica	2 (2.6)	1 (3.3)	1 (2.2)	0.76
Datos clínicos del diagnóstico				
Lateralidad				0.71
Izquierda	36 (47.4)	15 (50.0)	21 (45.7)	
Derecha	40 (52.6)	15 (50.0)	25 (54.3)	
Localización				0.69
Subcapital	51 (67.1)	21 (70.0)	30 (65.2)	
Basicervical	11 (14.5)	4 (13.3)	7 (15.2)	
Transtrocantérica	2 (2.6)	0 (0.0)	2 (4.3)	
Transcervical	12 (15.8)	5 (16.7)	7 (15.2)	
Características				
Impactada	5 (6.6)	0 (0.0)	5 (10.9)	0.06
Desplazada	6 (7.9)	0 (0.0)	6 (13.0)	0.04

EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

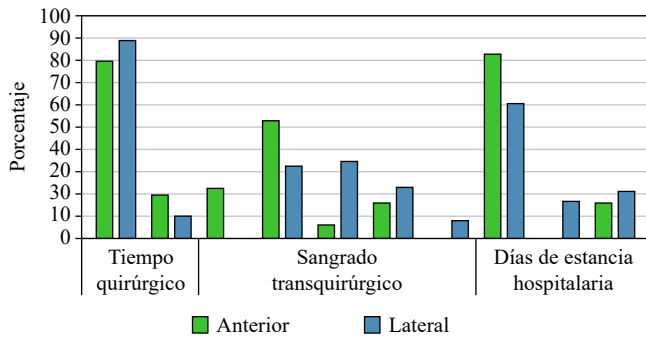


Figura 2: Características transoperatorias y días de estancia en pacientes operados de artroplastia de cadera, comparando dos abordajes.

un caso presentó neumonía; un enfermo requirió una intubación no planeada; un paciente presentó una infección periprotésica temprana y otro requirió una reintervención quirúrgica. Ninguna de estas complicaciones se presentó en el grupo del abordaje anterior (Tabla 2).

Tras realizar un análisis multivariado en el que se ajustó por edad, sexo y comorbilidades, se reveló que el abordaje anterior se asocia de forma independiente a un menor riesgo de sangrado con OR = 0.15 (IC95% 0.051-0.48, p 0.001), comparado contra el abordaje lateral. El resto de las características no alcanzaron significancia estadística en los distintos modelos de regresión multivariada (Tabla 3).

La anestesia general se usó en una mayor proporción de pacientes en el abordaje lateral comparado con el abordaje anterior (60 versus 3.3%, p < 0.001).

Los pacientes que fueron tratados con artroplastia por abordaje lateral presentaron con más frecuencia un sangrado mayor a 1,000 ml (0 versus 8.7%, p < 0.001).

Los pacientes tratados con artroplastia por abordaje lateral requirieron de un mayor tiempo de estancia intrahospitalaria que los pacientes en quienes se utilizó el abordaje anterior, requiriendo más de seis y más de siete días de estancia intrahospitalaria en 17.4 y 21.7%, respectivamente (p = 0.034) (Figuras 2 y 3).

Mortalidad: fue menor en todos los casos en el grupo del abordaje anterior. La mortalidad temprana se estableció en 3.3% en el grupo con abordaje anterior contra 6.5% del grupo con abordaje lateral (p = 0.54). La mortalidad tardía en el abordaje anterior fue 3.3% frente a 8.7% del abordaje lateral (p = 0.35). La mortalidad global en el abordaje anterior fue de 6.7 versus 15.2% del abordaje posterior (p = 0.25).

Al analizar las características de los pacientes que fallecieron, se encontraron algunas particularidades que se señalan a continuación:

Comorbilidades: 100% (n = 2) de los pacientes que fallecieron en el grupo del abordaje anterior tenían enfermedad renal crónica y sobrepeso. Mientras que, en el grupo del abordaje lateral, 71.5% (n = 5) de los sujetos tenían sobrepeso. Cuarenta y tres por ciento (n = 3) de los pacientes

en el grupo del abordaje lateral y 50% (n = 1) del grupo del abordaje anterior presentaban comorbilidades como cáncer e hipertensión arterial. También 43% (n = 3) de los pacientes del grupo del abordaje lateral tenía antecedente de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

ASA: 100% (n = 2) de los pacientes del abordaje anterior y 71.42% (n = 5) del abordaje lateral fueron clasificados como ASA III. El resto fueron catalogados con ASA II.

Temporalidad: 100% (n = 2) de los pacientes del grupo con abordaje anterior y 42.85% (n = 3) de los del grupo con abordaje lateral fueron operados en las primeras 24 horas, tomando en cuenta el tiempo de llegada a urgencias; 28.57% (n = 2) fueron operados en un lapso de 24-48 horas y 28.57% (n = 2) después de 72 horas de su llegada.

Anestesia: en el grupo del abordaje anterior, 28.48% (n = 2) fue operado con anestesia general; en el grupo del abordaje lateral, 71.42% (n = 5) fueron operados con anestesia neuroaxial.

Cementación: solamente 14.28% (n = 1) del grupo del abordaje lateral requirió una técnica de fijación cementada, mientras que, en el grupo del abordaje anterior, ninguno.

Sangrado: un paciente del grupo del abordaje anterior presentó un sangrado transquirúrgico menor a 250 ml; el otro paciente, un sangrado entre 250-499 ml. En el grupo del abordaje lateral, 71.42% (n = 5) tuvo sangrado de 751-1,000 ml; y el restante 28.48% (n = 2) un sangrado entre 500-750 ml.

Transfusión: un paciente (50%) del grupo del abordaje anterior y seis (85.7%) del abordaje lateral requirieron una transfusión sanguínea (trans o postquirúrgica).

Duración: 100% (n = 2) de los pacientes operados por abordaje anterior y 71.42% (n = 5) de pacientes en el abordaje lateral tuvieron tiempos quirúrgicos con duraciones entre dos y tres horas.

Estancia hospitalaria: 100% (n = 2) de los pacientes del grupo del abordaje anterior y 42.85% (n = 3) de los del abordaje lateral estuvieron hospitalizados entre 3-5 días. El resto de pacientes: 28.57% (n = 2) 6-7 días y 28.57% (n = 2) más de siete días.

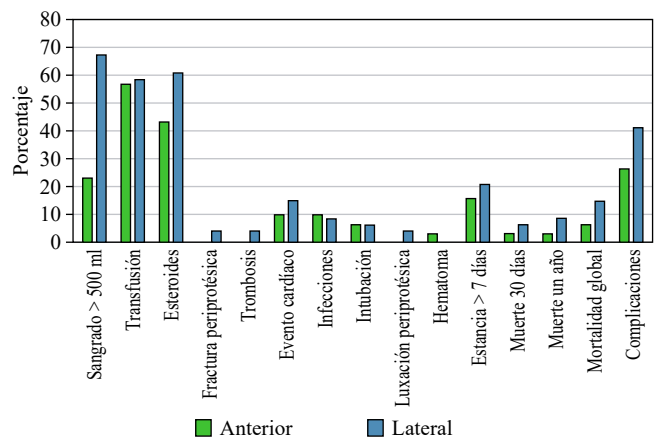


Figura 3: Complicaciones y mortalidad en artroplastia de pacientes con fractura de cadera, comparando dos abordajes quirúrgicos.

Mortalidad temprana versus tardía: en el grupo del abordaje anterior, un paciente tuvo mortalidad temprana y un paciente falleció en el período definido como tardío; los dos pacientes se encontraban en el grupo de edad entre los 81 y 90 años. Para el grupo del abordaje lateral, la muerte temprana se presentó en tres casos y la muerte tardía en cuatro: un paciente del grupo de 51 a 60 años; uno en el grupo de 61-70 años; dos en el grupo de 71 a 80 años; dos en el grupo de 81 a 90 años y un paciente en el grupo de 91 a 100 años.

Discusión

A la fecha no existe un estudio realizado en población mexicana o latinoamericana, que evalúe la mortalidad en pacientes con fracturas de cadera según los abordajes quirúrgicos.

Complicaciones: el grupo de pacientes con abordaje anterior presentó complicaciones generales en 23.3%, en comparación con el grupo del abordaje lateral (34.8%). Estos

Tabla 2: Riesgo quirúrgico, complicaciones trans, postoperatorias y mortalidad en pacientes tratados con artroplastía de cadera, comparación entre abordaje anterior y abordaje lateral*.

	Total N = 76 n (%)	Abordaje anterior N = 30 n (%)	Abordaje lateral N = 46 n (%)	p
Riesgo quirúrgico, ASA				0.63
I	1 (1.3)	0 (0.0)	1 (2.2)	
II	50 (65.8)	21 (70.0)	29 (63.0)	
III	25 (32.9)	9 (30.0)	16 (34.8)	
Tiempo quirúrgico, horas				0.26
1	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
2-3	65 (85.5)	24 (80.0)	41 (89.1)	
3-4	11 (14.5)	6 (20.0)	5 (10.9)	
> 4	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Sangrado transquirúrgico, ml				< 0.001
< 250	7 (9.2)	7 (23.3)	0 (0.0)	
250-499	31 (40.8)	16 (53.3)	15 (32.6)	
500-750	18 (23.7)	2 (6.7)	16 (34.8)	
751-1,000	16 (21.1)	5 (16.7)	11 (23.9)	
> 1,000	4 (5.3)	0 (0.0)	4 (8.7)	
Transfusión	44 (57.9)	17 (56.7)	27 (58.7)	0.86
Tipo de anestesia				< 0.001
General	29 (38.2)	1 (3.3)	28 (60.9)	
Neuroaxial	31 (40.8)	23 (76.7)	8 (17.4)	
Combinada	16 (21.1)	6 (20.0)	10 (21.7)	
Uso de esteroides	41 (53.9)	13 (43.3)	28 (60.9)	0.134
Artroplastía total	13 (17.1)	2 (6.7)	11 (23.9)	0.051
Hemiartróplastía	62 (81.6)	28 (93.3)	34 (73.9)	0.033
Artroplastía cementada	66 (86.8)	30 (100.0)	36 (78.3)	0.006
Días de estancia hospitalaria				0.034
1-2	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
3-5	53 (69.7)	25 (83.3)	28 (60.9)	
6-7	8 (10.5)	0 (0.0)	8 (17.4)	
> 7	15 (19.7)	5 (16.7)	10 (21.7)	
Fractura periprotésica	2 (2.6)	0 (0.0)	2 (4.3)	0.24
Evento trombótico	2 (2.6)	0 (0.0)	2 (4.3)	0.24
Evento cardíaco	10 (13.2)	3 (10.0)	7 (15.2)	0.51
Neumonía	3 (3.9)	1 (3.3)	2 (4.3)	0.82
Intubación no planeada	5 (6.6)	2 (6.7)	3 (6.5)	0.98
Infección periprotésica	1 (1.3)	0 (0.0)	1 (2.2)	0.41
Lesión nerviosa motora	1 (1.3)	0 (0.0)	1 (2.2)	0.41
Luxación periprotésica	2 (2.6)	0 (0.0)	2 (4.3)	0.24
Reintervención	3 (3.9)	1 (3.3)	2 (4.3)	0.82
Infección por SARS-CoV-2	1 (3.8)	1 (3.8)	0 (0.0)	NS
Infección superficial	2 (2.6)	1 (3.3)	1 (2.2)	0.75
Formación de hematoma	1 (1.3)	1 (3.3)	0 (0.0)	0.21
Complicaciones (general)	23 (30.3)	7 (23.3)	16 (34.8)	0.28
Mortalidad a 30 días	4 (5.3)	1 (3.3)	3 (6.5)	0.54
Mortalidad 31-365 días	5 (6.6)	1 (3.3)	4 (8.7)	0.35
Mortalidad global	9 (11.8)	2 (6.7)	7 (15.2)	0.25

ASA = Sociedad Americana de Anestesiólogos (*American Society of Anesthesiologists*). SARS-CoV-2 = *Severe Acute Respiratory Syndrome CoronaVirus 2* (coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave).

Tabla 3: Modelo de regresión logística multivariado, utilizando abordaje anterior contralateral para definir factores asociados a características clínicas y desenlaces.

	OR	IC95%	P
Edad mayor a 80 años	1.67	0.54-5.14	0.36
Sexo femenino	0.40	0.10-1.54	0.18
IMC mayor a 30	0.68	0.077-6.07	0.73
Sangrado mayor a 500 ml	0.15	0.051-0.48	0.001
Estancia mayor a 7 días	1.20	0.14-9.88	0.86
Mortalidad global	0.43	0.04-4.38	0.48
Cualquier complicación	0.75	0.09-5.91	0.78
Cualquier comorbilidad	0.78	0.20-2.99	0.71

IMC = índice de masa corporal. IC95% = intervalo de confianza de 95%.
OR = Odds Ratio (razón de probabilidades).

resultados no son estadísticamente significativos en la población estudiada, pero muestran una diferencia porcentual en frecuencia de presentación, siendo menos frecuentes las complicaciones en el abordaje anterior.

Sangrado: los pacientes operados por abordaje lateral presentaron, con mayor frecuencia, sangrados mayores a 1,000 ml (0 versus 8.7%, $p < 0.001$). Al realizar un análisis de regresión multivariado, comparando el abordaje anterior contra el lateral, se encontró OR de 0.15 (0.051-0.48) con $p = 0.001$ (para sangrados mayores a 500 ml en el abordaje anterior). Estos datos demuestran de forma concreta que el abordaje anterior reduce las necesidades de transfusión.

Luxaciones, fracturas periprotésicas y reintervenciones: en este estudio existió mayor asociación de luxación periprotésica en el abordaje lateral al compararla con el abordaje anterior, puesto que 4.3% de los pacientes en el grupo del abordaje lateral presentaron una luxación periprotésica, comparado con el grupo del abordaje anterior (ningún caso). A pesar de esta diferencia, no alcanzó significancia estadística. La probable explicación es el tamaño de muestra, pues de ser más grande, se podría probar con significancia estadística que el abordaje anterior es una opción más segura en cuanto a luxaciones.

Al hablar de reintervenciones, un paciente tratado con artroplastía por abordaje anterior fue reintervenido; en el grupo del abordaje lateral, 4.3% ($n = 2$). En el grupo del abordaje anterior, las reintervenciones fueron para drenaje de hematoma y dehiscencia de herida; en el grupo lateral, por fracturas periprotésicas.

Infecciones del sitio quirúrgico y periprotésicas: en cuanto a las tasas de infección superficial de la herida quirúrgica, no hubo diferencias en este estudio.

Con respecto a las infecciones periprotésicas, en la literatura se reportan más con el abordaje anterior. Sin embargo, en el presente estudio, esta complicación se presentó solamente en 2.2% ($n = 1$) de los pacientes y en el grupo del abordaje lateral. No hubo ninguna infección periprotésica asociada al abordaje anterior. La explicación de estas diferencias puede radicar en la estandarización de procesos,

frecuencia e indicaciones puntuales del abordaje anterior en el equipo quirúrgico estudiado.

Mortalidad: en esta cohorte, no hubo muertes transoperatorias.

El porcentaje de mortalidad específico para el abordaje anterior en este trabajo fue de 6.6%. La mortalidad reportada para el grupo del abordaje lateral fue de 15.2%.

Entre las prótesis cementadas y no cementadas, no hubo diferencias en complicaciones y mortalidad. Solamente uno de los pacientes requirió la colocación de un vástago cementado (grupo del abordaje lateral).

Este análisis reveló que la mortalidad está ampliamente asociada a la preexistencia de comorbilidades, lo cual se refleja en la asociación de pacientes con clasificación ASA III en el grupo de mortalidad (100% de los pacientes del abordaje anterior y 71.42% de los casos del abordaje lateral).

Conclusiones

Es posible concluir que el abordaje anterior se asocia de forma independiente a un menor riesgo de sangrado en comparación con el abordaje lateral.

Este estudio demuestra, de forma estadísticamente significativa, que los pacientes en quienes se realiza una artroplastía por abordaje lateral tienen mayor riesgo de presentar sangrados mayores a 1,000 ml y requieren anestesia general, con los respectivos riesgos asociados.

En cuanto a la mortalidad, a pesar de no presentar valores estadísticamente significativos, fue menor en el grupo del abordaje anterior.

El abordaje anterior en manos de un equipo quirúrgico capacitado es una opción segura para realizar una artroplastía de cadera en pacientes con fracturas de cadera y tiene el potencial de disminuir algunos de los riesgos asociados al procedimiento.

Referencias

- Putananon C, Tuchinda H, Arirachakaran A, Wongsak S, Narinsorasak T, Kongtharvonskul J. Comparison of direct anterior, lateral, posterior and posterior-2 approaches in total hip arthroplasty: network meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018; 28(2): 255-67. doi: 10.1007/s00590-017-2046-1.
- Belmont PJ Jr, Goodman GP, Hamilton W, Waterman BR, Bader JO, Schoenfeld AJ. Morbidity and mortality in the thirty-day period following total hip arthroplasty: risk factors and incidence. *J Arthroplasty*. 2014; 29(10): 2025-30. doi: 10.1016/j.arth.2014.05.015.
- Higgins BT, Barlow DR, Heagerty NE, Lin TJ. Anterior vs. posterior approach for total hip arthroplasty, a systematic review and meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2015; 30(3): 419-34. doi: 10.1016/j.arth.2014.10.020.
- Mead PA, Bugbee WD. Direct anterior approach to total hip arthroplasty improves the likelihood of return to previous recreational activities compared with posterior approach. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2022; 6(1): e21.00160. doi: 10.5435/JAASGlobal-D-21-00160.
- Dimitriou D, Helmy N, Hasler J, Flury A, Finsterwald M, Antoniadis A. The role of total hip arthroplasty through the direct anterior approach in femoral neck fracture and factors affecting the outcome. *J Arthroplasty*. 2019; 34(1): 82-7. doi: 10.1016/j.arth.2018.08.037.

6. Illingworth KD, El Bitar YF, Banerjee D, Scaife SL, Saleh KJ. Inpatient mortality after primary total hip arthroplasty: analysis from the National Inpatient Sample database. *J Arthroplasty*. 2015; 30(3): 369-73. doi: 10.1016/j.arth.2014.08.002.
7. Hart A, Wyles CC, Abdel MP, Perry KI, Pagnano MW, Taunton MJ. Thirty-day major and minor complications following total hip arthroplasty-a comparison of the direct anterior, lateral, and posterior approaches. *J Arthroplasty*. 2019; 34(11): 2681-5. doi: 10.1016/j.arth.2019.06.046.
8. de Vries LM, Sturkenboom MC, Verhaar JA, Kingma JH, Stricker BH. Complications after hip arthroplasty and the association with hospital procedure volume. *Acta Orthop*. 2011; 82(5): 545-52. doi: 10.3109/17453674.2011.618907.
9. Hip Attack investigators. Accelerated surgery versus standard care in hip fracture (HIP ATTACK): an international, randomised, controlled trial. *Lancet*. 2020; 395(10225): 698-708. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30058-1.
10. Cheng TE, Wallis JA, Taylor NF, Holden CT, Marks P, Smith CL, et al. A prospective randomized clinical trial in total hip arthroplasty-comparing early results between the direct anterior approach and the posterior approach. *J Arthroplasty*. 2017; 32(3): 883-90. doi: 10.1016/j.arth.2016.08.027.
11. Negrete-Corona J, Alvarado-Soriano JC, Reyes-Santiago LA. Fractura de cadera como factor de riesgo en la mortalidad en pacientes mayores de 65 años. Estudio de casos y controles. *Acta Ortop Mex*. 2014; 28(6): 352-62.
12. Alexiou KI, Roushias A, Varitimidis SE, Malizos KN. Quality of life and psychological consequences in elderly patients after a hip fracture: a review. *Clin Interv Aging*. 2018; 13: 143-50. doi: 10.2147/CIA.S150067.
13. Peeters CM, Visser E, Van de Ree CL, Gosens T, Den Ouden BL, De Vries J. Quality of life after hip fracture in the elderly: a systematic literature review. *Injury*. 2016; 47(7): 1369-82. doi: 10.1016/j.injury.2016.04.018.
14. Berstock JR, Beswick AD, Lenguerrand E, Whitehouse MR, Blom AW. Mortality after total hip replacement surgery: a systematic review. *Bone Joint Res*. 2014; 3(6): 175-82. doi: 10.1302/2046-3758.36.2000239.

Original article

doi: 10.35366/121817

Bone metastasis patterns in solid cancers at a tertiary cancer center

Patrones de metástasis ósea en cánceres sólidos en un centro oncológico terciario

Rosas LC,^{*,‡} García-Ortega DY,^{*,§} Clara-Altamirano MA,^{*,‡,¶} Martínez-Said H,^{*,¶} Villavicencio-Valencia V,^{*,§} Meléndez-Fernández AP,^{*,§} González-Prieto RE,^{*,‡} González-Álvarez C,^{*,‡} Cuellar-Hubbe M^{*,§}

Instituto Nacional de Cancerología. Mexico City, Mexico.

ABSTRACT. Introduction: Metastatic Bone Cancer (MBC) is the most common malignancy affecting the skeletal system. The cancers that most frequently metastasize to bone include breast, prostate, lung, kidney, and thyroid cancers (comprising 70% of cases). Metastatic patterns are classified as lytic, blastic, or mixed lesions, often affecting the axial skeleton. **Materials and methods:** this retrospective cohort study included patients with MBC treated between January 1, 2012, and December 31, 2022. Patients over 17 years of age with a diagnosis of solid neoplasia and evidence of metastatic bone disease confirmed by plain radiographs, computed tomography, magnetic resonance imaging, or PET-CT were included. Patients who died from causes unrelated to cancer and those who discontinued follow-up were excluded. Statistical analysis: we performed a descriptive analysis of demographic variables and used a Cox regression model, incorporating variables adapted to the model. Overall Survival (OS) was evaluated using the Kaplan-Meier method. **Results:** we analyzed data from 902 patients with a median age of 61 years. The majority were male (54.4%). Multiple lesions (three or more) were found in 49% of cases, primarily in the axial skeleton. Prostate cancer was the most common primary cancer (32%), while lytic lesions were most often

RESUMEN. Introducción: el cáncer óseo metastásico (MBC) es la neoplasia maligna más frecuente que afecta al sistema esquelético. Los cánceres que con mayor frecuencia metastatizan en los huesos son los de mama, próstata, pulmón, riñón y tiroides (que representan 70% de los casos). Los patrones metastásicos se clasifican en lesiones líticas, blásticas o mixtas, que a menudo afectan al esqueleto axial. **Material y métodos:** este estudio de cohorte retrospectivo incluyó a pacientes con MBC tratados entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2022. Se incluyeron pacientes mayores de 17 años con diagnóstico de neoplasia sólida y evidencia de enfermedad ósea metastásica confirmada mediante radiografías simples, tomografía computada, resonancia magnética o PET-TC. Se excluyeron los pacientes que fallecieron por causas no relacionadas con el cáncer y a los que interrumpieron el seguimiento. **Análisis estadístico:** realizamos un análisis descriptivo de las variables demográficas y utilizamos un modelo de regresión de Cox, incorporando variables adaptadas al modelo. La supervivencia general (SG) se evaluó mediante el método de Kaplan-Meier. **Resultados:** analizamos los datos de 902 pacientes con una mediana de edad de 61 años. La mayoría eran hombres (54.4%). Se encontraron lesiones múltiples (tres o más) en 49% de los casos, principalmente

Level of evidence: II

* Instituto Nacional de Cancerología. Mexico City, Mexico.

‡ Orthopedic Oncologist. Skin, Soft Tissues and Bone Tumors.

§ Surgical Oncologist. Skin, Soft Tissues and Bone Tumors.

¶ ORCID: 0000-0002-2304-5389

¶ Deputy Director of Surgery at the National Cancer Institute.

Correspondence:

Miguel Angel Clara-Altamirano. M.D., MSc, PhD.

Skin, soft tissue and bone tumors department. National Cancer Institute, Mexico City. Av. San Fernando 22, Col. Sección XVI.

Tlalpan, 14080, Mexico City, Mexico.

E-mail: drmiguelclara@gmail.com

Received: 03-04-2025 Accepted: 04-26-2025

How to cite: Rosas LC, García-Ortega DY, Clara-Altamirano MA, Martínez-Said H, Villavicencio-Valencia V, Meléndez-Fernández AP, et al. Bone metastasis patterns in solid cancers at a tertiary cancer center. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 380-385. <https://dx.doi.org/10.35366/121817>



associated with lung cancer (38%). Additionally, 153 patients (17%) had pathological fractures, 77% experienced pain secondary to Hypercalcemia of Malignancy (HCM), and 59% had metastases in organs other than bone. The median OS was 15 months. **Conclusions:** bone metastases are a poor prognostic factor in cancer patients and negatively impact quality of life. Identifying and understanding metastatic patterns is essential for developing effective therapeutic strategies and innovative treatments.

Keywords: metastatic bone cancer, overall survival, mortality, bone metastasis.

en el esqueleto axial. El cáncer de próstata fue el cáncer primario más frecuente (32%), mientras que las lesiones líticas se asociaron con mayor frecuencia al cáncer de pulmón (38%). Además, 153 pacientes (17%) presentaban fracturas patológicas, 77% experimentaba dolor secundario a hipercalcemia maligna (HCM) y 59% presentaba metástasis en órganos distintos de los huesos. La mediana de la SG fue de 15 meses. **Conclusiones:** las metástasis óseas son un factor de mal pronóstico en pacientes con cáncer y afectan negativamente a su calidad de vida. Identificar y comprender los patrones metastásicos es esencial para desarrollar estrategias terapéuticas eficaces y tratamientos innovadores.

Palabras clave: cáncer óseo metastásico, supervivencia general, mortalidad, metástasis ósea.

Abbreviations:

MBC = Metastatic Bone Cancer

OS = Overall Survival

Introduction

Metastatic Bone Cancer (MBC) is the most common malignant neoplastic condition affecting the skeletal system.^{1,2} The five most common histologies associated with MBC are breast, prostate, lung, kidney, and thyroid cancers, accounting for up to 70% of all patients with metastatic disease.^{1,2,3} Neoplasms of hematopoietic origin and soft tissue sarcomas are less frequently associated with bone metastases.⁴

Globally, more than 18 million cancer cases are diagnosed each year, with over 50% progressing to metastatic disease.^{5,6} An estimated 19.3 million new cancer cases and 10 million cancer-related deaths were reported in 2020 alone.⁶

Different reports in the literature consistently show that MBC most frequently affects the spine, ribs, pelvis, and proximal long bones.^{3,7,8,9,10,11} MBC can present as lytic, blastic, or mixed lesions, which are visible in plain radiographs, computed tomography, and magnetic resonance imaging.^{11,12,13} In lytic bone lesions, bone resorption exceeds bone formation. In blastic lesions, however, the opposite occurs.^{3,13} These three patterns of metastasis lead to bone fragility and a greater predisposition to pathological fractures.¹³

Osteolytic lesions are typically associated with bone metastases in triple-negative breast cancer, renal adenocarcinoma, and small-cell lung cancer.^{13,14,15,16,17} In contrast, osteoblastic metastases are more common in prostate cancer.^{4,18,19}

MBC is associated with a poor prognosis in most cancer patients, representing an advanced and aggressive stage of the disease,²⁰ and is currently the leading cause of disability among cancer patients.^{2,10,21,22} This study aims to identify

and evaluate the biological behavior of different bone metastatic patterns in malignant solid neoplasms to develop therapeutic strategies to extend overall survival and improve quality of life.

Material and methods

We conducted a retrospective cohort study including the records of patients diagnosed with metastatic bone cancer (MBC) from January 1, 2012, to December 31, 2022. Patients over 17 years of age who were assessed in the oncology orthopedics clinic with a confirmed diagnosis of solid neoplasia and radiographic evidence of bone metastatic disease from any of the following imaging modalities were included: plain radiographs, computed tomography, magnetic resonance imaging, or PET-CT. Patients who died from causes unrelated to cancer and those who discontinued follow-up were excluded.

The main clinical, radiological, and pathological variables were documented, including the location of metastases, involvement of the axial or appendicular skeleton, type of primary neoplasia, number of bones affected, biological behavior patterns of bone metastases (lytic, blastic, or mixed), Overall Survival (OS) in months, and mortality.

Statistical analysis

A descriptive analysis of demographic variables was conducted, with central tendency measures (mean, median) and dispersion (standard deviation and ranges) calculated based on the normality of the variables, evaluated using the Kolmogorov-Smirnov test.

For the analysis of qualitative variables, the χ^2 test or Fisher's exact test was used, as appropriate. The Student's t-test or Mann-Whitney U test was employed for quantitative variables, as applicable. A Cox regression model was subsequently performed, incorporating variables that best

fit the model. Kaplan-Meier analysis was conducted to evaluate OS. Statistical analysis was performed using SPSS version 29.

Results

A total of 902 patients were analyzed, with a median age at diagnosis of 61 years (range: 17-91 years). MBC was more prevalent in male patients (491 [54.4%]), while 411 patients (45.6%) were female. At diagnosis, 856 patients (94.9%) had metastases, and 46 patients (5.1%) showed

disease progression. The main demographic characteristics of the cohort are summarized in [Table 1](#).

Most metastatic lesions were multiple, involving three or more bones in 751 patients (83.3%). Single metastases were found in 87 patients (9.6%), and two bones were affected in 64 patients (7.1%). The axial skeleton was the most frequent site of metastasis, seen in 448 patients (49.7%), followed by both axial and appendicular skeleton involvement in 377 patients (41.8%), and the appendicular skeleton alone in 77 patients (8.5%) ([Table 1](#), [Figure 1](#)).

The most common primary cancer was prostate cancer (290 patients, 32.2%), followed by lung cancer (251 patients, 27.8%), breast cancer (243 patients, 26.9%), and kidney cancer (39 patients, 4.3%). Other histologies, including sarcomas, colon cancer, and thyroid cancer, were categorized as «other primary tumors», representing 8.8% of the cohort ([Table 1](#)). Demographic variables by cancer type are shown in [Table 2](#).

Regarding bone destruction by histology, a higher percentage of blastic lesions were seen in prostate cancer patients (198 [68.3%]), lytic lesions in lung cancer patients (184 [73.3%]), and mixed lesions primarily in breast and prostate cancer patients (87 [35.8%] and 84 [29%], respectively) ([Table 1](#), [Figure 2](#)).

Among the 902 cases in the cohort, 153 patients (17%) had pathological fractures in previously damaged bones. Pain secondary to bone metastases was reported by 696 patients (77.2%).

Bone-only metastases were present in 367 patients (40.7%), while 535 patients (59.3%) had metastases to other organs ([Table 1](#)). During follow-up, 783 patients (86.8%) died, with a median OS of 15 months (range: 1-180 months). OS by histology is detailed in [Table 3](#). Among breast cancer patients (n = 243), 41% (101 patients) were alive at one year, and 6% (15 patients) at five years. In lung cancer (n = 251), 29% (72 patients) were alive at one year, and 4% (10 patients) at five years. Among renal cancer patients (n = 39),

Variables	Total n (%)
Age (years), median [range]	61 [17–91]
Sex	
Male	491 (54.4)
Female	411 (45.6)
Location	
Axial	448 (49.7)
Appendicular	77 (8.5)
Both	377 (41.8)
Number of bones affected	
One bone	87 (9.6)
Two bones	64 (7.1)
> 3 bones	751 (83.3)
Metastasis to other organs	
Yes	367 (40.7)
No	535 (59.3)
Type of metastasis	
Lytic	345 (38.3)
Blastic	270 (29.9)
Mixed	287 (31.8)
Pain	
Yes	696 (77.2)
No	206 (22.8)
Presence of fracture	
Yes	154 (17.1)
No	748 (82.1)
Type of cancer	
Prostate	290 (32.2)
Lung	251 (27.8)
Breast	243 (26.9)
Kidney	39 (4.3)
Others	79 (8.8)
Overall survival (months), median [range]	15 [1–180]
Death from disease	
Yes	783 (86.8)
No	119 (13.2)

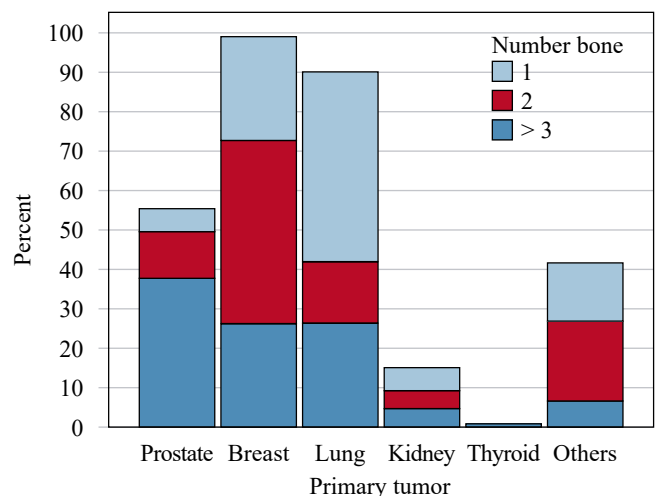


Figure 1: Number of bone lesions observed in the cohort depends on the type of cancer.

Table 2: Distribution of variables based on type of cancer.

Variables	Total N = 902 n (%)	Prostate N = 290 N (%)	Lung N = 251 n (%)	Breast N = 243 n (%)	Kidney N = 39 n (%)	Others N = 79 n (%)	p
Sex							0.001
Male	491 (54.4)	0 (0.0)	136 (54.2)	2 (0.8)	20 (51.3)	43 (54.4)	
Female	411 (45.6)	290 (100.0)	115 (45.8)	241 (99.2)	19 (48.7)	36 (45.6)	
Location							0.001
Axial	448 (49.7)	136 (46.9)	109 (43.4)	143 (58.9)	28 (71.8)	32 (40.5)	
Appendicular	77 (8.5)	8 (2.8)	45 (17.9)	10 (4.1)	3 (7.7)	11 (13.9)	
Both	377 (41.8)	146 (50.3)	97 (38.7)	90 (37.0)	8 (20.5)	36 (45.6)	
Number of bones affected							0.001
One bone	87 (9.6)	5 (1.7)	42 (16.7)	23 (9.5)	4 (10.3)	13 (16.5)	
Two bones	64 (7.1)	8 (2.8)	10 (4.0)	30 (12.3)	3 (7.7)	13 (16.5)	
>3 bones	751 (83.3)	277 (95.5)	199 (79.3)	190 (78.2)	32 (82)	53 (67.0)	
Metastasis to other organs							0.001
Yes	367 (40.7)	21 (7.2)	155 (61.8)	145 (59.7)	8 (20.5)	38 (51.9)	
No	535 (59.3)	269 (92.8)	96 (38.2)	98 (40.3)	31 (79.5)	41 (48.1)	
Type of metastasis							0.001
Lytic	345 (38.3)	8 (2.7)	184 (73.3)	107 (44.0)	12 (30.8)	34 (43.0)	
Blastic	270 (29.9)	198 (68.3)	20 (8.0)	49 (20.2)	0 (0.0)	3 (3.8)	
Mixed	287 (31.8)	84 (29.0)	47 (18.7)	87 (35.8)	27 (69.2)	42 (53.2)	
Pain							0.043
Yes	696 (77.2)	233 (80.3)	185 (73.7)	180 (74.1)	36 (92.3)	62 (78.5)	
No	206 (22.8)	57 (19.7)	66 (26.3)	63 (25.9)	3 (7.7)	17 (21.5)	
Presence of fracture							0.001
Yes	154 (17.1)	48 (16.6)	23 (9.2)	59 (24.3)	6 (15.4)	18 (22.8)	
No	748 (82.1)	242 (83.4)	228 (90.8)	184 (75.7)	33 (84.6)	61 (77.2)	
Death from disease							0.001
Yes	783 (86.8)	259 (89.3)	235 (93.6)	190 (78.2)	36 (92.3)	63 (79.8)	
No	119 (13.2)	31 (10.7)	16 (6.4)	53 (21.8)	3 (7.7)	16 (20.2)	

13% (five patients) were alive at one year, and 8% (three patients) at five years.

The number of affected bones correlated with survival: patients with one affected bone had a median survival of 26.5 months, two affected bones had a median survival of 31.3 months, and three or more affected bones had a median OS of 27.3 months with no statistically significant differences between the groups.

Based on the pattern of bone destruction (lytic, blastic, or mixed lesions), the median OS was 12, 15, and 21 months, respectively. This difference was statistically significant ($p = 0.001$), although no association was found between the different lesion types and mortality (Figure 3).

Discussion

Cancer is one of the leading causes of mortality worldwide and is the first or second leading cause of death in people under 70 years of age in 112 of 183 countries.⁶ Consequently, cancer must be considered a priority in public health policies focused on prevention, early diagnosis, and treatment of the primary disease and its complications, such as metastatic bone disease.

We describe the histological types of cancer most frequently associated with bone metastases in an oncology center, as well as the primary patterns of bone destruction

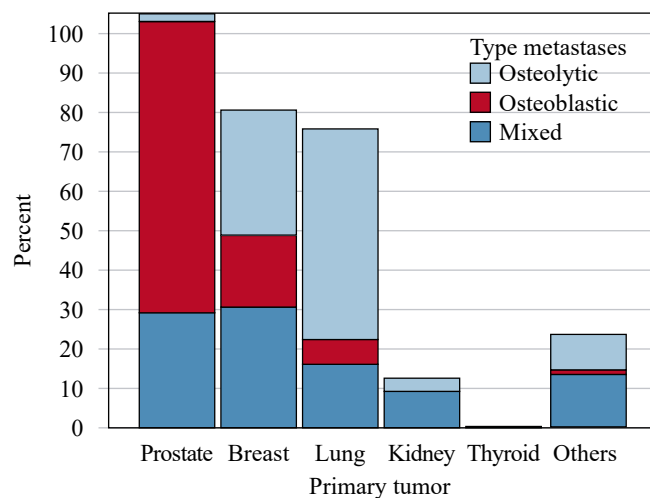


Figure 2: Biological behavior of metastatic bone lesions according to their histological type.

(lytic, blastic, or mixed), their locations, and the number of bone lesions. This information is crucial for preventing skeletal complications, which have a direct impact on patients' quality of life.²

While similar studies have been conducted globally,^{8,21,22} our study represents the most extensive series in Latin

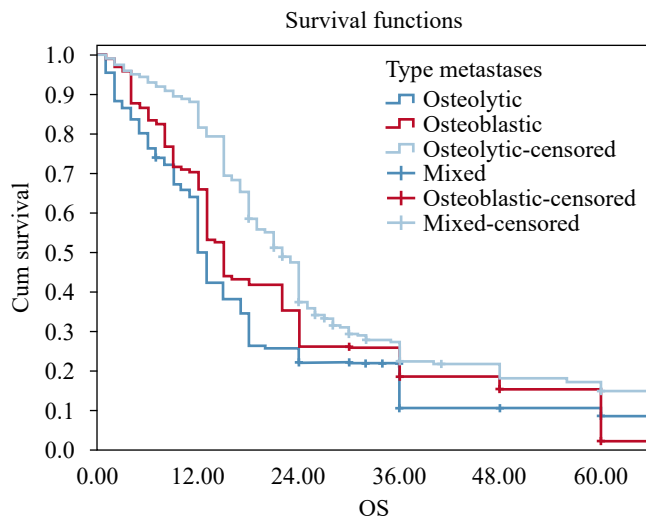


Figure 3: Overall survival and biological behavior of metastatic cancer to bone.

Table 3: Overall survival by type of cancer at one and five years.

Type of cancer	Total	OS at one year (n)	OS at five years (n)
All types	902	—	—
Prostate	290	—	—
Lung	251	72	10
Breast	243	101	15
Kidney	39	5	3
Other types	79	—	—

America regarding the patterns of bone metastasis in patients with Hypercalcemia of Malignancy (HCM). This is significant because bone fragility increases the likelihood of fractures and pain.^{2,12,23,24,25} In our cohort, 77.2% (696 patients) experienced bone pain related to MBC, and 17.1% (154 patients) suffered fractures in previously damaged bones. Therefore, the onset of musculoskeletal pain in an oncology patient without a history of trauma should raise suspicion of MBC.²

The findings of our study regarding the most commonly affected sites in MBC are consistent with those in the literature.^{1,5,10,20,26} In particular, the association between metastases to the axial skeleton and increased mortality (HR 1.1, CI95% 1.05-1.16, $p = 0.04$) was significant and should be considered a prognostic factor in treatment planning.

The high mortality observed in this study reflects the severity and complexity of MBC, regardless of cancer type, as 783 out of 902 patients (86.8%) died during follow-up. The overall survival by cancer type is shown in [Figure 4](#).

The relationship between the biological behavior of MBC and histological subtypes can be seen in prostate cancer. In our series, 290 patients had prostate cancer, accounting for 32.2% of the sample. Of these, 198 patients (68.3%) had

blastic lesions, 84 patients (29%) had mixed lesions, and only eight patients (2.7%) had lytic lesions.

Among the 243 breast cancer patients analyzed, 41.6% (101 patients) were alive at one year, and 6.2% (15 patients) were alive at five years. A similar survival pattern was observed in lung and kidney cancers ([Table 3](#), [Figure 4](#)). All patients with lung adenocarcinoma in this study had the small-cell subtype, and bone was a primary site of metastasis in these patients. The OS for this group is low, as reported in the literature. In our study, 184 of the 251 lung adenocarcinoma patients (73.3%) had lytic bone lesions ($p = 0.01$), 199 patients (79.3%) had lesions in three or more bones ($p = 0.001$), and 155 patients (61.8%) had metastases to other organs ($p = 0.001$), which explains the high mortality in this group.

The 39 patients with clear cell renal cell carcinoma metastatic to the bone had a prognosis similar to those with breast and lung cancer. Only five patients (12.8%) were alive at one year, and three patients (7.7%) were alive at five years. Most of these patients had mixed lesions (27 patients, 69.2%), multiple lesions (32 patients, 82%), and axial skeleton involvement (28 patients, 71.8%). Given these findings, focusing treatment on palliative care that allows short-term functional recovery without interrupting oncological treatment is essential. A multidisciplinary approach is crucial for managing these patients.

One limitation of our study is its retrospective nature, which carries biases inherent to this research design. Additionally, the sample's heterogeneity, due to the various cancer types included, could affect the findings. However, this diversity also allows us to observe the behavior of MBC across different cancer types and compare their characteristics and impact on overall survival.

Analyzing the biological and epidemiological behavior of MBC in various solid neoplasms helps understand the prognosis and the potential to refer these patients to specialists experienced in managing MBC. This may lead

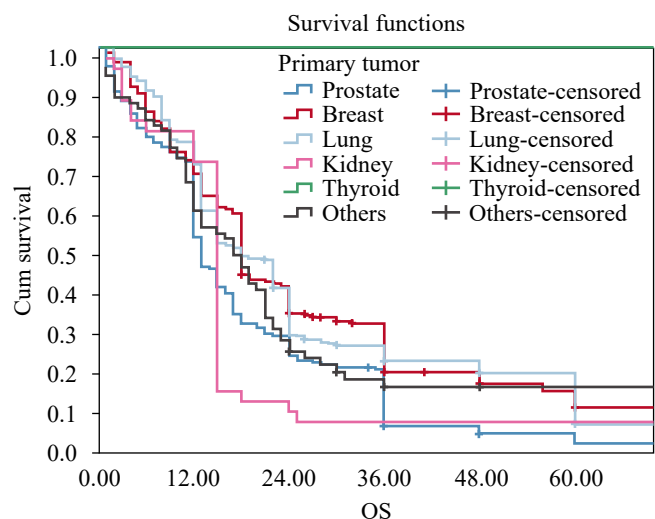


Figure 4: Overall survival of different types of cancer with bone metastasis.

to the development of diagnostic and treatment algorithms for each type of MBC, ultimately improving oncological outcomes for our patients.

Conclusion

Metastatic bone cancer is a marker of poor prognosis in cancer patients, representing an advanced and aggressive stage of the disease. The spread of cancer to the skeleton not only worsens the disease's severity but also negatively impacts the patient's quality of life. Identifying and understanding these metastatic patterns is essential for developing effective therapeutic strategies. This study represents one of the largest collections of metastatic bone cancer cases. The results highlight the need to promote research to develop early detection protocols and innovative treatments that can improve the quality of life for patients with MBC.

References

- Mundy GR. Metastasis to bone: Causes, consequences and therapeutic opportunities. *Nat Rev Cancer*. 2002; 2(8): 584-93.
- Kirkinis MN, Lyne CJ, Wilson MD, Choong PFM. Metastatic bone disease: a review of survival, prognostic factors, and outcomes following surgical treatment of the appendicular skeleton. *Eur J Surg Oncol*. 2016; 42(12): 1787-97. doi: 10.1016/j.ejso.2016.03.036
- Coleman RE, Roodman, Smith, Body, Suva, Vessella. Clinical features of metastatic bone disease and risk of skeletal morbidity. *Clin Cancer Res*. 2006; 12(20 Pt 2): 6243s-6249s.
- Jehn CF, Diel IJ, Overkamp F, Kurth A, Schaefer R, Miller K, et al. Management of metastatic bone disease algorithms for diagnostics and treatment. *Anticancer Res*. 2016; 36(6): 2631-7.
- Coleman RE, Croucher PI, Padhani AR, Clézardin P, Chow E, Fallon M, et al. Bone metastases. *Nat Rev Dis Primers*. 2020; 6(1): 83.
- Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2021; 71(3): 209-49.
- Ashford RU, Pendlebury S, Stalley PD. Management of metastatic disease of the appendicular skeleton. *Curr Orthop*. 2006; 20(4): 299-315. doi: 10.1016/j.cuor.2006.03.005.
- Li S, Peng Y, Weinhandl ED, Blaes AH, Cetin K, Chia VM, et al. Estimated number of prevalent cases of metastatic bone disease in the U.S. adult population. *Clin Epidemiol*. 2012; 4: 87-93.
- Coleman RE, Croucher PI, Padhani AR, Clézardin P, Chow E, Fallon M, et al. Bone metastases. *Nat Rev Dis Primers*. 2020; 6(1): 83.
- Jiang W, Rixiati Y, Zhao B, Li Y, Tang C, Liu J. Incidence, prevalence, and outcomes of systemic malignancy with bone metastases. *J Orthop Surg (Honk Kong)*. 2020; 28(2): 2309499020915989.
- Fornetti J, Welm AL, Stewart SA. Understanding the bone in cancer metastasis. *J Bone Miner Res*. 2018; 33(12): 2099-113.
- Weilbaecher KN, Guise TA, McCauley LK. Cancer to bone: a fatal attraction. *Nat Rev Cancer*. 2011; 11(6): 411-25. doi: 10.1038/nrc3055
- Hamaoka T, Madewell JE, Podoloff DA, Hortobagyi GN, Ueno NT. Bone imaging in metastatic breast cancer. *J Clin Oncol*. 2004; 22(14): 2942-53.
- Sathiakumar N, Delzell E, Morrissey MA, Falkson C, Yong M, Chia V, et al. Mortality following bone metastasis and skeletal-related events among women with breast cancer: a population-based analysis of U.S. Medicare beneficiaries, 1999-2006. *Breast Cancer Res Treat*. 2012; 131(1): 231-8.
- Zulauf N, Brüggmann D, Groneberg D, Oremek GM. Expressiveness of bone markers in breast cancer with bone metastases. *Oncology*. 2019; 97(4): 236-44.
- Riihimäki M, Hemminki A, Fallah M, Thomsen H, Sundquist K, Sundquist J, et al. Metastatic sites and survival in lung cancer. *Lung Cancer*. 2014; 86(1): 78-84. doi: 10.1016/j.lungcan.2014.07.020.
- Dudani S, De Velasco G, Wells JC, Gan CL, Donskov F, Porta C, et al. Evaluation of clear cell, papillary, and chromophobe renal cell carcinoma metastasis sites and association with survival. *JAMA Netw Open*. 2021; 4(1): 1-11.
- Logothetis C, Morris MJ, Den R, Coleman RE. Current perspectives on bone metastases in castrate-resistant prostate cancer. *Cancer Metastasis Rev*. 2018; 37(1): 189-96.
- Kang J, La Manna F, Bonollo F, Sampson N, Alberts IL, Mingels C, et al. Tumor microenvironment mechanisms and bone metastatic disease progression of prostate cancer. *Cancer Lett*. 2022; 530: 156-69. doi: 10.1016/j.canlet.2022.01.015.
- Clara-Altamirano MA, Garcia-Ortega DY, Martinez-Said H, Caro-Sánchez CHS, Herrera-Gomez A, Cuellar-Hubbe M. Surgical treatment in bone metastases in the appendicular skeleton. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed)*. 2018; 62(3): 185-9. doi: 10.1016/j.recote.2017.12.011.
- Hernandez RK, Wade SW, Reich A, Pirolli M, Liede A, Lyman GH. Incidence of bone metastases in patients with solid tumors: Analysis of oncology electronic medical records in the United States. *BMC Cancer*. 2018; 18(1): 44.
- Gartrell BA, Saad F. Managing bone metastases and reducing skeletal-related events in prostate cancer. *Nat Rev Clin Oncol*. 2014; 11(6): 335-45.
- Hiraga T. Bone metastasis: interaction between cancer cells and bone microenvironment. *J Oral Biosci*. 2019; 61(2): 95-8. doi: 10.1016/j.job.2019.02.002.
- Levin BM, Vaughn DJ, Malkowicz BS. Metastatic prostate cancer: optimal management strategies. *Am J Cancer*. 2003; 2(2): 87-94.
- Sathiakumar N, Delzell E, Morrissey MA, Falkson C, Yong M, Chia V, et al. Mortality following bone metastasis and skeletal-related events among men with prostate cancer: a population-based analysis of U.S. Medicare beneficiaries, 1999-2006. *Prostate Cancer Prostatic Dis*. 2011; 14(2): 177-83. doi: 10.1038/pcan.2011.7.
- Pereira J, Body JJ, Gunther O, Sleeboom H, Hechmati G, Maniadas N, et al. Cost of skeletal complications from bone metastases in six European countries. *J Med Econ*. 2016; 19(6): 611-8.

Conflict of interests: the authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

Ethics approval: this research study was conducted retrospectively from clinical files and used for clinical purposes. An Institutional Review Board (IRB) official waiver of ethical approval was granted from the IRB of National Cancerology Institute (NCI).

Funding: the authors declare that they did not receive any funds, grants, or other support during the preparation of this manuscript.

Consent for publication: all authors consent to the publication of this work.

Artículo original

doi: 10.35366/121818

Tratamiento quirúrgico de la fractura del epicóndilo medial del húmero mediante la técnica «*Inside-out*». Descripción de la técnica y resultados

Surgical treatment of the medial epicondyle fracture of the humerus using the «Inside-out» technique. Description of the technique and results

Valenza WR,* Faggion HZ,* Lange GJS,* Galvão BP,* Rampazzo MS,* Soni JF*

Hospital do Trabalhador. Curitiba, Paraná, Brasil.

RESUMEN. Introducción: la técnica «*Inside-out*» es una de las opciones disponibles para la fijación de fracturas del epicóndilo medial del húmero. Consiste en realizar la fijación desde la porción interna hacia la externa, seguida de la estabilización con un tornillo canulado desde la porción externa hacia la interna. El objetivo del estudio es describir nuestra experiencia con esta técnica, sus resultados y complicaciones. **Material y métodos:** se realizó un estudio observacional retrospectivo que incluyó una serie de casos tratados con la técnica «*Inside-out*» para fracturas del epicóndilo medial entre 2020 y 2024. Se analizaron datos demográficos, tiempo de seguimiento, eventos intraoperatorios, complicaciones posoperatorias y resultados funcionales. **Resultados:** se evaluaron 21 pacientes, 61.9% de sexo masculino, con una edad media de 13 años y un seguimiento promedio de 19 meses, 71.4% presentó fracturas en el miembro superior derecho, siendo el mecanismo de trauma más común la caída de bajo nivel. No se observaron fracturas expuestas, 38% presentó luxación de codo con epicóndilo encarcelado, y un paciente tuvo una fractura asociada. No hubo complicaciones intraoperatorias. Un paciente presentó una limitación de 5° en extensión. Todas las fracturas se consolidaron sin lesiones neurológicas ni inestabilidad en valgo. Cuatro pacientes reportaron molestias en la inserción del tornillo, y uno refirió una cicatriz hipertrófica. El puntaje QuickDASH promedio fue de 1.1. **Conclusión:** la

ABSTRACT. Introduction: the «*Inside-out*» technique is one of the options for medial epicondyle fracture fixation of the humerus. It involves preparing the fixation from the internal portion of the fracture to the external portion. Then, the fracture is fixed with a cannulated screw from the external to the internal portion. This study aims to describe our experience with this technique, its outcomes, and its complications. **Material and methods:** this is a retrospective observational study describing a series of cases treated with the «*Inside-out*» technique for medial epicondyle fracture fixation from 2020 to 2024. We evaluated demographic data, follow-up duration, intraoperative events, postoperative complications, and functional outcomes. **Results:** we analyzed 21 patients, 61.9% of whom were male, with a mean age of 13 years and a mean follow-up period of 19 months. Among these, 71.4% had fractures in the right upper limb, with the most prevalent trauma mechanism being a ground-level fall. No open fractures were observed. A total of 38% had dislocated elbows with an incarcerated medial epicondyle, and one patient had an associated fracture. There were no intraoperative complications. One patient had a 5-degree extension limitation, all fractures achieved consolidation, and no postoperative neurological injuries or valgus instability were observed after fixation. Four patients reported discomfort at the site of the screw head

Nivel de evidencia: IV

* Departamento de Ortopedia y Traumatología, Hospital do Trabalhador. Curitiba, PR, Brasil.

Correspondencia:

Heloisa Zimmermann Faggion

Av. República Argentina No. 4406, Novo Mundo, Curitiba, Paraná, 81050000, Brasil.

E-mail: heloisafaggion@gmail.com

Recibido: 23-12-2024. Aceptado: 01-08-2025.

Citar como: Valenza WR, Faggion HZ, Lange GJS, Galvão BP, Rampazzo MS, Soni JF. Tratamiento quirúrgico de la fractura del epicóndilo medial del húmero mediante la técnica «*Inside-out*». Descripción de la técnica y resultados. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 386-393. <https://dx.doi.org/10.35366/121818>



técnica «*Inside-out*» demostró ser segura para la fijación del epicóndilo, evitando fragmentaciones, promoviendo la consolidación ósea, permitiendo una movilización temprana y presentando pocas complicaciones.

Palabras clave: fracturas del codo, epicóndilo medial del húmero, fijación interna de fracturas, reducción abierta, complicaciones.

insertion, and one patient complained of a hypertrophic scar. The functional assessment using the QuickDASH score yielded an average of 1.1. **Conclusion:** the «*Inside-out*» technique provided secure fixation of the medial epicondyle, preventing its fragmentation, ensuring fracture consolidation, allowing early mobility, and resulting in minimal complications.

Keywords: elbow fractures, medial epicondyle of the humerus, internal fixation of fractures, open reduction, complications.

Abreviaturas:

AO = Grupo de Trabajo para Temas de Osteosíntesis. (del alemán: *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*)

DASH = *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (discapacidades del brazo, hombro y mano)

QuickDASH score = prueba rápida DASH

Introducción

La fractura del epicóndilo medial del húmero en niños es la tercera más común, representando 20% de las fracturas de codo en esta población.¹ Afecta con mayor frecuencia a varones en una proporción de 3:1.² Su mecanismo típico de trauma es una caída al piso con el antebrazo y codo extendidos, con una fuerza aplicada en valgo sobre el codo. En 50% de los casos se asocia con luxación del codo, y alteraciones del nervio cubital (neuroprexia) pueden presentarse en hasta en 10-15% de los pacientes.³

El tratamiento de esta fractura sigue siendo controvertido en la literatura, con algunos puntos de consenso, como la indicación de tratamiento conservador para fracturas con desplazamiento menor de 5 mm.^{4,5} Sin embargo, pacientes con fractura expuesta del epicóndilo medial, codos inestables, epicóndilo encarcelado en la articulación y síntomas de lesión del nervio cubital, presentan mayor indicación de tratamiento quirúrgico.^{4,5} Los pacientes con fractura del epicóndilo medial con desplazamiento mayor de 5 mm, pero que no cumplan los criterios mencionados anteriormente para la cirugía, carecen de consenso sobre su tratamiento. En estos casos, el tratamiento puede ser conservador o quirúrgico, y la decisión puede compartirse con la familia.^{4,6,7}

El tratamiento quirúrgico, cuando está indicado, puede realizarse de varias maneras. El paciente puede posicionarse en decúbito dorsal, lateral o ventral. La fijación de los fragmentos puede realizarse con agujas de Kirschner, banda de tensión, anclas, tornillos sin cabeza de compresión automática, clavos absorbibles o, como se realiza comúnmente, con tornillo canulado con o sin arandela.^{2,7,8,9}

Howard, Slongo y Monsell, en el «*Surgical Reference*» publicado en el sitio web de la *AO Foundation*, describen la técnica «*Inside-out*» para la fijación del epicóndilo medial. Esta técnica detalla la preparación de la fijación desde la porción interna de la fractura hacia la externa, seguida de la

fijación con un tornillo canulado desde la porción externa hacia la interna.¹⁰

El objetivo de este artículo es describir nuestra experiencia con esta técnica, sus resultados y complicaciones.

Material y métodos

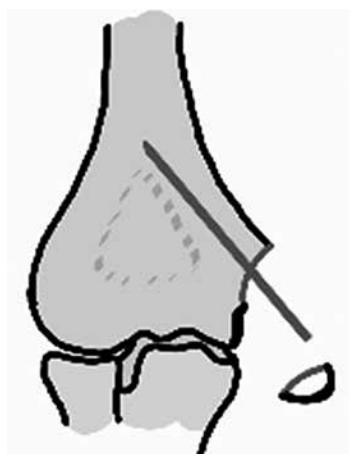
Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación bajo el número CAAE: 83376824.4.0000.5225.

Se trata de un estudio transversal, retrospectivo, observacional y no intervencionista, en el cual se evaluaron los expedientes de niños y adolescentes con fractura del epicóndilo medial, sometidos a tratamiento quirúrgico utilizando la técnica «*Inside-out*» en un hospital de trauma terciario. El estudio incluye la descripción de la técnica quirúrgica y del manejo postoperatorio.

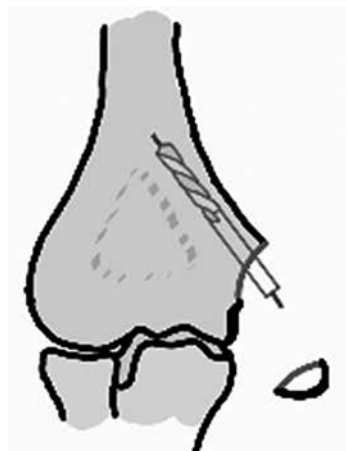
Criterios de inclusión: pacientes con esqueleto inmaduro y fracturas del epicóndilo medial operados con la técnica «*Inside-out*» entre Enero de 2020 y Junio de 2024. **Criterios de exclusión:** pacientes con seguimiento postoperatorio menor de seis meses o con expedientes clínicos incompletos.

La técnica quirúrgica fue la misma para todos los pacientes, siguiendo los pasos descritos a continuación:

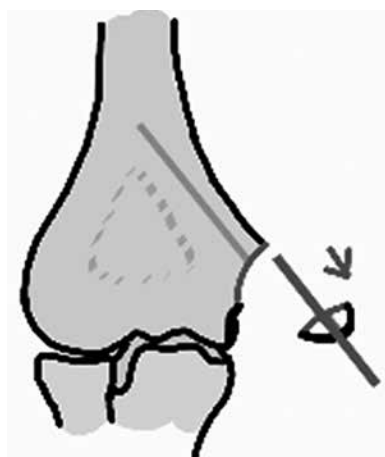
1. Posicionamiento del paciente en decúbito dorsal.
2. Abordaje sobre el epicóndilo medial.
3. Identificación del nervio cubital para su protección.
4. Perforación central en la metáfisis del sitio de la fractura en el húmero con una guía de 1.25 mm para tornillo canulado de 3.5 mm (*Figura 1*).
5. Perforación central de la metáfisis con una broca canulada de 2.7 mm (*Figura 2*).
6. Perforación central del fragmento del epicóndilo medial con la guía de 1.25 mm del tornillo canulado de adentro hacia afuera (desde el foco de la fractura hacia la porción externa) (*Figura 3*).
7. Perforación del fragmento con broca canulada de 2.7 mm (*Figura 4*).
8. Inserción de la guía desde la porción externa del epicóndilo hacia la interna (*Figura 5*).
9. Avance de la guía hacia la metáfisis del húmero en el sitio previamente perforado (*Figura 6*).


Figura 1:

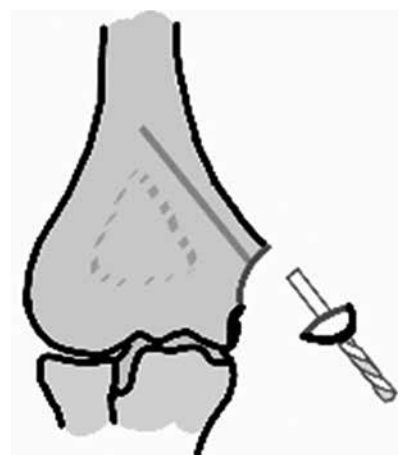
Perforación central en la metáfisis del sitio de la fractura en el húmero con la guía del tornillo canulado.


Figura 2:

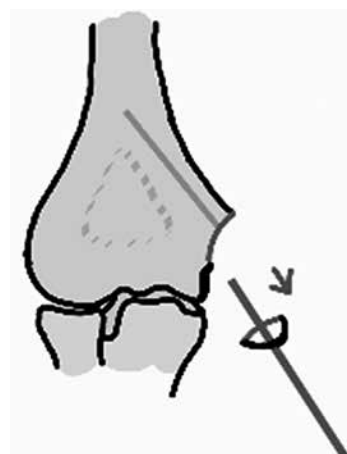
Perforación central de la metáfisis con la broca canulada.


Figura 3:

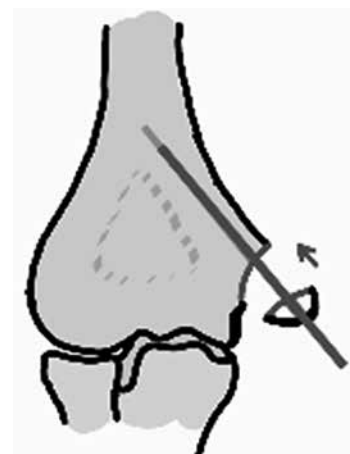
Perforación central del fragmento del epicóndilo medial con la guía del tornillo canulado de adentro hacia afuera (desde el foco de la fractura hacia la porción externa).


Figura 4:

Perforación del fragmento con la broca canulada.


Figura 5:

Inserción de la guía desde la porción externa del epicóndilo hacia la interna.


Figura 6:

Avance de la guía hacia la metáfisis del húmero en el sitio previamente perforado.

10. Reducción automática del epicóndilo (*Figura 7*).
11. Fijación de la fractura con el tornillo canulado de 3.5 mm (*Figura 7*).
12. Cierre de la herida quirúrgica.

Cuidados postoperatorios

Inmovilización con férula de yeso braquiopalmar durante dos semanas, retiro de puntos en el mismo período, seguido

por el inicio de la movilidad activa. Se recolectaron los siguientes datos epidemiológicos: sexo, edad, lado afectado y tiempo de seguimiento.

Se evaluaron el mecanismo de trauma, presencia o no de fractura expuesta, luxación del codo y encarcelamiento del epicóndilo medial, así como la ocurrencia de lesiones asociadas.

Se analizaron complicaciones intraoperatorias, movilidad postoperatoria, complicaciones postoperatorias (rigidez

articular, incomodidad con el material de síntesis, inestabilidad y lesiones nerviosas), consolidación de la fractura y necesidad de una segunda cirugía. Los resultados funcionales fueron evaluados con el puntaje QuickDASH (Figura 8).

Análisis estadístico: se calcularon resúmenes univariados de datos demográficos de los pacientes utilizando estadísticas descriptivas estándar, incluyendo promedios e intervalos para variables continuas y frecuencias para variables categóricas.

Resultados

Se evaluaron retrospectivamente los expedientes de 21 niños y adolescentes con fracturas del epicóndilo medial tratados con la técnica «Inside-out» entre Enero de 2020 y Junio de 2024.

Se incluyeron 13 (61.9%) pacientes de sexo masculino y ocho (38.1%) de sexo femenino. El lado derecho fue afectado en 15 (71.4%) casos. La edad varió de nueve a 16 años (promedio de 13 años), y el seguimiento promedio fue 19 meses (rango 6-54 meses).

El trauma indirecto fue el mecanismo de lesión en todos los casos; de éstos, nueve pacientes (42.8%) sufrieron caídas de bajo nivel, cinco durante actividades deportivas (23.8%), cuatro en caídas de bicicleta (19.1%), dos en caídas de patines (9.5%) y uno en arrollamiento (4.8%) (Tabla 1).

No se observaron casos de fracturas expuestas en esta muestra. Hubo ocho (38%) luxaciones de codo con encarcelamiento del epicóndilo medial y un paciente con fractura ipsilateral del cuello radial, tratada con clavo flexible según la técnica de Metaizeau¹¹ (Tabla 1).

No se reportaron complicaciones intraoperatorias. En cuanto a las complicaciones postoperatorias, un paciente presentó limitación de 5° en la extensión (movilidad final de 5/140°); ningún paciente tuvo pérdida de amplitud de movimiento para la flexión o la pronosupinación. Todas las fracturas consolidaron, y no se observaron lesiones neurológicas ni inestabilidad en valgo tras la fijación de la fractura (Figuras 9 y 10). Cuatro (16%) pacientes re-

portaron molestias en la inserción de la cabeza del tornillo (dos requirieron su extracción, mientras que dos optaron por no retirarlo). Un paciente (4.7%) presentó cicatriz hipertrófica (Tabla 2).

En la evaluación funcional mediante el QuickDASH score, el promedio fue 1.1, con un rango de 0 a 11.4. El peor resultado correspondió a un paciente con dolor en el sitio del tornillo, que mejoró tras la remoción del mismo (Tabla 2).

Discusión

La mejor forma de tratar las fracturas del epicóndilo medial del húmero y la superioridad del tratamiento quirúrgico sobre el conservador siguen siendo controvertidas en la literatura mundial. El metaanálisis realizado por Kamath y colaboradores,³ y la revisión sistemática de Pezzutti y asociados,⁸ no mostraron diferencias en los resultados funcionales entre los tratamientos conservador y quirúrgico. Sin embargo, el tratamiento conservador está asociado con mayor tasa de pseudoartrosis del epicóndilo medial, que alcanza entre 50 y 90% de los casos. De éstas, 21% son sintomáticas, causando inestabilidad en valgo, dolor crónico y lesión del nervio cubital.^{8,12,13} El tratamiento quirúrgico tiene la ventaja de lograr consolidación en hasta 96% de los casos, permitiendo una movilidad articular precoz, especialmente con el uso de implantes más estables.⁸

Hallwachs y colegas¹³ señalan que las recomendaciones actuales para el tratamiento quirúrgico se centran menos en el grado de desplazamiento del fragmento y más en factores como la energía del trauma, la exposición de la fractura, el encarcelamiento del epicóndilo medial, la disfunción del nervio cubital, la inestabilidad en valgo y el retorno al deporte competitivo o al trabajo.

En cuanto al posicionamiento del paciente para la cirugía, se consideran las siguientes posibilidades: decúbito dorsal, lateral o ventral. Usamos el decúbito dorsal en nuestros pacientes. El decúbito ventral facilita el abordaje y la reducción del epicóndilo medial, pero puede ser incómodo para el procedimiento anestésico. El decúbito dorsal, aunque puede dificultar la reducción debido a la posición postero-medial del epicóndilo en relación con el plano frontal del codo, facilita el procedimiento anestésico. Glotzbecker y su equipo¹⁴ encontraron que el posicionamiento no afecta los resultados de la fijación, por lo que recomendamos elegir según la preferencia del cirujano.

Rickert y colaboradores¹⁵ compararon, desde un punto de vista biomecánico y clínico, la fijación del epicóndilo medial con agujas de Kirschner, tornillos canulados y anclas con suturas absorbibles. En un modelo porcino, la fijación con tornillo canulado fue la más rígida y estable, fallando por erosión del epicóndilo alrededor del tornillo. En el caso de las agujas de Kirschner, el epicóndilo sufrió avulsión; mientras que, en la fijación con anclas, la falla ocurrió por avulsión del anclaje. Los mismos autores evaluaron clínicamente a pacientes menores de 10 años y encontraron que los tratados con tornillos canulados lograron movilidad precoz,

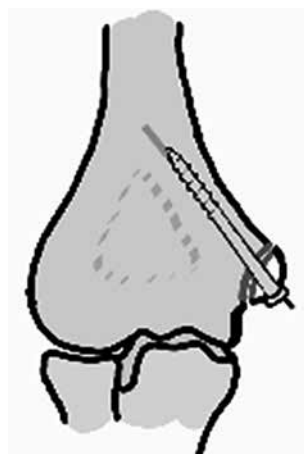


Figura 7:

Reducción automática del epicóndilo. Fijación de la fractura con el tornillo canulado.

Quick DASH (Spanish)

Por favor evalúe su capacidad de ejecutar las siguientes actividades durante la última semana.
Indíquelo con hacer un círculo alrededor del número que le corresponda a su respuesta.

	Ninguna Dificultad	Dificultad Leve	Dificultad Moderada	Dificultad Severa	No lo puedo ejecutar
1. Abrir un pomo nuevo o apretado	1	2	3	4	5
2. Hacer quehaceres domésticos pesados (p. ej. lavar paredes, ventanas o el piso)	1	2	3	4	5
3. Cargar una bolsa de mercado o un portafolio	1	2	3	4	5
4. Lavarse la espalda	1	2	3	4	5
5. Usar cuchillo para cortar la comida	1	2	3	4	5
6. Participar en actividades recreativas en las cual usted tome alguna fuerza o impacto a través de su brazo, hombro o mano (p. ej. jugar al béisbol, boliche, o martillar)	1	2	3	4	5

	Para Nada	Un Poco	Moderado	Bastante	Incapaz
7. Durante la última semana, ¿hasta qué punto le ha dificultado su problema de brazo, mano u hombro como para limitar o prevenir su participación en actividades sociales normales con la familia o conocidos?	1	2	3	4	5

	Para Nada	Un Poco	Con Moderación	Bastante Limitado/a	Limitado/a Totalmente
8. Durante la semana pasada, ¿estuvo limitado/a en su trabajo u otras actividades diarias por causa del problema con su brazo, hombro o mano?	1	2	3	4	5

Por favor califique la gravedad de los síntomas siguientes durante la última semana	Ningún Síntoma	Leve	Moderado	Severo	Extremo
9. Dolor de brazo, hombro o mano	1	2	3	4	5
10. Hormigueo (pinchazos) en el brazo, hombro o mano	1	2	3	4	5

	Ninguna Dificultad	Dificultad Leve	Dificultad Moderada	Dificultad Severa	Tanto, que no puedo dormir
11. Durante la última semana, ¿cuánta dificultad ha tenido para dormir a causa del dolor en el brazo, hombro o mano?	1	2	3	4	5

Figura 8: QuickDASH Score.

pero presentaron mayor irritación de tejidos blandos, requiriendo una segunda cirugía para retirar el tornillo. Por otro lado, los tratados con anclas presentaron la menor tasa de reoperaciones (10%). Hallwachs cita la fijación con tornillo canulado como el «estándar de oro» para las fracturas del epicóndilo medial.

En nuestra serie de casos, utilizamos el puntaje Quick-DASH para evaluar los resultados funcionales, obteniendo excelentes resultados, similares a los reportados en la lite-

ratura.^{16,17,18} Las quejas reportadas por nuestros pacientes estuvieron relacionadas con la incomodidad causada por el tornillo en el sitio de inserción en cuatro pacientes.

La tasa de consolidación de fracturas del epicóndilo medial tratadas quirúrgicamente reportada en la literatura es de 96%,⁸ sin diferenciar entre los diferentes métodos de fijación. En nuestra serie, todos los pacientes fueron tratados con fijación «Inside-out» utilizando un tornillo canulado, logrando consolidación en todos los pacientes. No se repor-

taron casos de inestabilidad en valgo tras la estabilización y consolidación de las fracturas, manteniéndose todos los codos estables. La pseudoartrosis se describe en la literatura como un factor asociado a la inestabilidad en valgo. Creemos que el tratamiento quirúrgico mejora las tasas generales de consolidación de estas fracturas, reduciendo el riesgo de evolución hacia la inestabilidad.^{3,19} Tuvimos un paciente con síntomas de neuropraxia del nervio cubital, que mejoró tras la cirugía, y no se observaron síntomas de lesión nerviosa en el postoperatorio.⁸

La limitación de movilidad tras la lesión, especialmente en la flexoextensión del codo, es una de las mayores complicaciones.^{20,21,22} Este déficit está muy relacionado con el daño extenso de tejidos blandos. En nuestra serie, un solo paciente presentó pérdida de movilidad, con una limitación de 5° en extensión. La fijación estable permitió una movilización precoz a las dos semanas postoperatorias, logrando un retorno completo de la movilidad articular en la mayoría de los pacientes.

Una complicación intraoperatoria descrita que dificulta la fijación es la fragmentación del epicóndilo medial durante la fijación con tornillo canulado.^{2,13,23} En nuestra serie, no se observaron fragmentaciones del epicóndilo medial, lo que representa una de las principales ventajas de la técnica «Inside-out». Al realizar la fijación desde la parte interna hacia la externa del epicóndilo, la guía se inserta en el centro del epicóndilo, disminuyendo el riesgo de fractura iatrogénica, sin necesidad de usar arandela, otro factor que puede causar incomodidad en el epicóndilo medial.²³

La complicación más prevalente en nuestro estudio fue la incomodidad causada por la prominencia de la cabeza del tornillo canulado, lo que constituye el principal mo-

tivo de reoperación para retirar el tornillo tras la consolidación. En la literatura, se describe una tasa de extracción del material de síntesis de 41%²⁴ a 46%²⁵ por este motivo. En nuestra serie, cuatro pacientes reportaron incomodidad, de los cuales dos requirieron retirar el tornillo, logrando resolución de los síntomas.

Un paciente presentó una cicatriz hipertrófica, complicación también descrita en el estudio de Wilson y col.²⁶

Nuestro estudio tiene limitaciones que deben ser reconocidas. La naturaleza retrospectiva del diseño puede haber introducido sesgos en la selección de los pacientes, además de las limitaciones inherentes a la recopilación de datos. El tamaño de la muestra es limitado debido a la baja prevalencia de esta fractura en el codo y a que no todas las fracturas tienen indicación quirúrgica. Otra limitación es la edad promedio de nuestros pacientes, de 13 años; como sólo tuvimos dos pacientes menores de 11 años, no podemos afirmar que la técnica sea igualmente eficiente en pacientes más jóvenes. A pesar de estas limitaciones, todos los pacientes fueron tratados siguiendo los mismos pasos, permitiendo un análisis consistente del método.

Conclusión

La técnica «Inside-out» demostró ser una buena alternativa para el tratamiento quirúrgico de fracturas del epicóndilo medial en niños, proporcionando seguridad en la fijación, evitando la fragmentación, favoreciendo la consolidación, permitiendo una movilización precoz y presentando pocas complicaciones significativas.

Tabla 1: Datos epidemiológicos.

Sexo	Edad (años)	Lado	Seguimiento (meses)	Mecanismo del trauma	Fractura expuesta	Luxación codo	Fractura asociada
M	14	D	4 a 6	Caída mismo nivel	No	Sí	No
M	15	D	1 a 7	Trauma deportivo	No	Sí	No
M	13	D	1 a 8	Caída mismo nivel	No	No	No
M	11	D	1 a 4	Caída mismo nivel	No	Sí	No
F	12	D	1 a 5	Caída mismo nivel	No	No	Sí
M	15	D	1 a 1	Trauma deportivo	No	No	No
F	13	I	10	Caída mismo nivel	No	No	No
F	10	D	8	Caída bicicleta	No	No	No
M	14	D	1 a 3	Trauma deportivo	No	No	No
M	14	D	7	Caída bicicleta	No	No	No
M	12	D	4 años	Caída mismo nivel	No	No	No
M	16	I	11	Trauma deportivo	No	No	No
M	15	I	2 a 4	Caída bicicleta	No	No	No
F	14	D	2 a 9	Atropello	No	Sí	No
F	9	I	3 a 4	Caída bicicleta	No	Sí	No
F	10	I	3 a 5	Caída mismo nivel	No	No	No
M	16	D	6	Trauma deportivo	No	No	No
F	12	D	7	Caída de patines	No	Sí	No
F	10	D	1 a 6	Caída mismo nivel	No	No	No
M	14	I	9	Caída mismo nivel	No	Sí	No
M	16	D	6	Caída de patines	No	Sí	No

D = derecho. F = femenino. I = izquierdo. M = masculino.



Figura 9:

Radiografía en proyección anteroposterior y lateral de una paciente de 15 años con fractura del epicóndilo medial.



Figura 10:

Radiografía en proyección anteroposterior y lateral, dos años después de la cirugía de fractura del epicóndilo medial del húmero fijada con la técnica «Inside-out».

Tabla 2: Complicaciones y resultado funcional.

Categoría	Sí	No
Complicaciones perioperatorias	0	21
Pérdida de movilidad	Un paciente (déficit de 50° en extensión)*	20
Consolidación	21	0
Lesión neurológica	0	21
Inestabilidad en valgo	0	21
Quejas relacionadas con el material de síntesis	4 pacientes‡	17
Segunda cirugía	2 pacientes (extracción de tornillo canulado)§	19
QuickDASH score igual a cero	17	4 (2.27, 2.27, 9.1, 11.4)¶

* Un paciente con flexoextensión de 5° a 140°. ‡ Cuatro pacientes con molestias relacionadas con el tornillo canulado. § Dos pacientes se sometieron a la extracción del tornillo canulado. ¶ QuickDASH score: resultados diferentes de 0 (0 indica ausencia de quejas).
DASH = *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (discapacidades del brazo, hombro y mano). QuickDASH score = prueba rápida DASH.

Referencias

- Gottschalk HP, Eisner E, Hosalkar HS. Medial epicondyle fractures in the pediatric population. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012; 20(4): 223-32.
- Firth AM, Marson BA, Hunter JB. Paediatric medial humeral epicondyle fracture management: 2019 approach. *Curr Opin Pediatr*. 2019; 31(1): 86-91.
- Kamath AF, Baldwin K, Horneff J, Hosalkar HS. Operative versus non-operative management of pediatric medial epicondyle fractures: a systematic review. *J Child Orthop*. 2009; 3(5): 345-57.
- Patel NM, Ganley TJ. Medial epicondyle fractures of the humerus: how to evaluate and when to operate. *J Pediatr Orthop*. 2012; 32 Suppl 1: S10-13.
- Grahn P, Hamalainen T, Nietosvaara Y, Ahonen M. Comparison of outcome between nonoperative and operative treatment of medial epicondyle fractures. *Acta Orthop*. 2021; 92(1): 114-9.
- King ECB, Ihnow SB. Which proximal humerus fractures should be pinned? treatment in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop*. 2016; 36 Suppl 1: S44-48.
- Beck JJ, Bowen RE, Silva M. What's new in pediatric medial epicondyle fractures? *J Pediatr Orthop*. 2018; 38(4): e202-6.
- Pezzutti D, Lin JS, Singh S, Rowan M, Balch Samora J. Pediatric medial epicondyle fracture management: a systematic review. *J Pediatr Orthop*. 2020; 40(8): e697-702.
- Kassai T, Varga M, Józsa G. Pediatric medial humeral epicondyle fracture in children: Are biodegradable pins with tension band absorbable sutures efficient? *Medicine (Baltimore)*. 2022; 101(30): e29817.
- Open medial epicondylar reduction and internal fixation for Avulsion of the epicondyle (extraarticular) [Internet]. [cited 14 de September de 2024]. Available in: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/pediatric-trauma/distal-humerus/13-m-7m/open-medial-epicondylar-reduction-and-internal-fixation#fixation>
- Metaizeau JP, Lascombes P, Lemelle JL, Finlayson D, Prevot J. Reduction and fixation of displaced radial neck fractures by closed intramedullary pinning. *J Pediatr Orthop*. 1993; 13(3): 355-60.
- Smith JT, McFeely ED, Bae DS, Waters PM, Micheli LJ, Kocher MS. Operative fixation of medial humeral epicondyle fracture nonunion in children. *J Pediatr Orthop*. 2010; 30(7): 644-8.
- Hallwachs A, Weber M, Liu R, Baldwin K, Mistovich J. Operative management of pediatric medial epicondyle fractures: lessons better learned the easy way: current concept review. *J Pediatr Orthop Soc N Am*. 2021; 3(4): 1-10. Available in: <https://www.jposna.org/~jposna/index.php/jposna/article/view/365>
- Glotzbecker MP, Shore B, Matheny T, Gold M, Hedequist D. Alternative technique for open reduction and fixation of displaced pediatric medial epicondyle fractures. *J Child Orthop*. 2012; 6(2): 105-9.
- Rickert KD, Sarrel KL, Sanders JS, Jeffords ME, Hughes JL, Upasani VV, et al. Medial epicondyle fractures: biomechanical evaluation and clinical comparison of 3 fixation methods used in pediatric patients. *J Pediatr Orthop*. 2020; 40(9): 474-80.
- Canavese F, Marengo L, Tiris A, Mansour M, Rousset M, Samba A, et al. Radiological, clinical and functional evaluation using the Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire of children with medial epicondyle fractures treated surgically. *Int Orthop*. 2017; 41(7): 1447-52.
- Lawrence JT, Patel NM, Macknin J, Flynn JM, Cameron D, Wolfgruber HC, et al. Return to competitive sports after medial epicondyle fractures in adolescent athletes: results of operative and nonoperative treatment. *Am J Sports Med*. 2013; 41(5): 1152-7.
- Park KB, Kwak YH. Treatment of medial epicondyle fracture without associated elbow dislocation in older children and adolescents. *Yonsei Med J*. 2012; 53(6): 1190-6.
- Shukla SK, Cohen MS. Symptomatic medial epicondyle nonunion: treatment by open reduction and fixation with a tension band construct. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; 20(3): 455-60.
- Stepanovich M, Bastrom TP, Munch J, Roocroft JH, Edmonds EW, Pennock AT. Does operative fixation affect outcomes of displaced medial epicondyle fractures? *J Child Orthop*. 2016; 10(5): 413-9.
- Tarallo L, Mugnai R, Fiacchi F, Adani R, Zambianchi F, Catani F. Pediatric medial epicondyle fractures with intra-articular elbow incarceration. *J Orthop Traumatol*. 2015; 16(2): 117-23.
- Case SL, Hennrikus WL. Surgical treatment of displaced medial epicondyle fractures in adolescent athletes. *Am J Sports Med*. 1997; 25(5): 682-6.
- Pace JL. Pediatric and adolescent forearm fractures: current controversies and treatment recommendations. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016; 24(11): 780-8.
- Nielsen E, Andras LM, Anesi TJ, Lightdale-Miric N, Lee Pace J. Operative fixation of medial epicondyle fractures: complication rates based on mode of fixation. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(21): e20015.
- Patel RM, Tarkunde Y, Wall LB, Schimizzi G, Goldfarb CA. Long-term outcomes of operatively treated medial epicondyle fractures in pediatric and adolescent patients. *J Hand Surg Glob Online*. 2021; 3(3): 124-8.
- Wilson NI, Ingram R, Rymaszewski L, Miller JH. Treatment of fractures of the medial epicondyle of the humerus. *Injury*. 1988; 19(5): 342-4.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Financiamiento: los autores no recibieron financiación externa ni subvenciones para apoyar su investigación o preparación de este trabajo.

Caso clínico

doi: 10.35366/121819

Artroplastía total de cadera con impactación de injerto óseo en combinación con malla de titanio para reconstrucción de defecto acetabular óseo secundario a necrosis avascular de la cabeza femoral. Presentación de caso clínico y revisión de literatura

Total hip arthroplasty with impaction bone grafting combined with titanium mesh for acetabular bone defect reconstruction secondary to avascular necrosis of the femoral head. Clinical case presentation and literature review

Zárate-de la Torre M,* Dávila-Godínez GE,* Aguilar-Ramírez JJ,^{‡,§}
Cantillo-de Lucio ED,^{‡,§} Barrón-Maldonado F,^{‡,§} Téllez-Luna SR^{‡,¶}

Hospital Español de México. Ciudad de México, México.

RESUMEN. La necrosis avascular (NAV) de la cabeza femoral es un tipo de osteonecrosis aséptica causada por la interrupción del flujo sanguíneo a la cabeza femoral, ocasionando la muerte celular de los osteocitos. Este proceso patológico puede llevar a la degeneración y colapso de la cabeza femoral, lo cual causa dolor significativo e incapacidad funcional. Los cambios o defectos acetabulares de la articulación comienzan a observarse en etapas avanzadas de la enfermedad, siguiendo el curso natural de la misma con cambios degenerativos articulares avanzados. En el contexto de un caso de NAV de la cabeza femoral que ha progresado hasta condicionar un defecto acetabular, se considera como una válida y buena opción terapéutica la colocación de injerto óseo con posterior colocación de malla de titanio, proporcionando en conjunto biología y mecánica al constructo protésico. Presentamos el caso de un paciente masculino de 54 años que cuenta con antecedente de NAV de la

ABSTRACT. Avascular necrosis (AVN) of the femoral head is a type of aseptic osteonecrosis caused by the interruption of blood flow to the femoral head, resulting in the cellular death of osteocytes. This pathological process can lead to the degeneration and collapse of the femoral head, causing significant pain and functional disability. Acetabular joint changes or defects begin to be observed in the advanced stages of the disease, following its natural course with advanced joint degenerative changes. In the context of a case of AVN of the femoral head that has progressed to condition an acetabular defect, the placement of a bone graft followed by the placement of a titanium mesh is considered a valid and good therapeutic option, providing both biology and mechanics to the prosthetic construct. We present the case of a 54-year-old male patient with a history of AVN of the femoral head previously treated with total hip replacement of the left hip, who presented to us

* Médico residente del Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Español de México. Ciudad de México, México.

[‡] Hospital General Ajusco Medio. Ciudad de México, México.

[§] Médico adscrito al Servicio de Ortopedia y Traumatología.

[¶] Jefa del Servicio de Ortopedia y Traumatología.

Correspondencia:

Dr. Mauricio Zárate de la Torre
Av. Ejército Nacional No. 613, Granada, Miguel Hidalgo, CP 11520, CDMX.
E-mail: mauricio.zt95@gmail.com

Recibido: 24-06-2024. Aceptado: 30-10-2024.

Citar como: Zárate-de la Torre M, Dávila-Godínez GE, Aguilar-Ramírez JJ, Cantillo-de Lucio ED, Barrón-Maldonado F, Téllez-Luna SR. Artroplastía total de cadera con impactación de injerto óseo en combinación con malla de titanio para reconstrucción de defecto acetabular óseo secundario a necrosis avascular de la cabeza femoral. Presentación de caso clínico y revisión de literatura. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 394-400. <https://dx.doi.org/10.35366/121819>



cabeza femoral previamente tratada con reemplazo articular total de la cadera izquierda y que acude con nosotros en una etapa avanzada de la enfermedad con cambios artrósicos manifiestos que han condicionado un defecto acetabular de predominio posterior en la cadera derecha. Debido a que nos encontramos en una etapa avanzada de la enfermedad, se decide llevar a cabo un reemplazo articular total de la cadera derecha, sumando el componente biológico al defecto acetabular mediante la aplicación de aloinjerto y autoinjerto óseo, así como la colocación de una malla de aleación de titanio previo a la colocación del componente protésico acetabular. Toda la técnica de reemplazo se llevó a cabo mediante implantes no cementados.

Palabras clave: necrosis avascular de la cabeza femoral, injerto óseo, malla de titanio, artroplastia total de cadera, defecto acetabular.

in an advanced stage of the disease with manifest arthritic changes that have conditioned a predominantly posterior acetabular defect in the right hip. Since we are in an advanced stage of the disease, it was decided to perform a total hip replacement of the right hip, adding the biological component to the acetabular defect by applying both allograft and autograft bone grafts, as well as the placement of a titanium alloy mesh prior to the placement of the acetabular prosthetic component. The entire replacement technique was carried out using uncemented implants.

Keywords: avascular necrosis of the femoral head, bone graft, titanium mesh, total hip arthroplasty, acetabular bone defect.

Introducción

La necrosis avascular (NAV) de la cabeza femoral es un tipo de osteonecrosis aséptica causada por la interrupción del flujo sanguíneo a la cabeza femoral, lo que ocasiona la muerte celular de los osteocitos.¹ Este proceso patológico puede llevar a la degeneración y colapso de la cabeza femoral, causando dolor significativo e incapacidad funcional.

La edad promedio de presentación es aproximadamente a los 47 años de edad, con una relación hombre:mujer de 3:1.² En los Estados Unidos más de 10,000 nuevos pacientes se ven afectados por la enfermedad cada año, representando hasta 10% de las artroplastias totales de cadera.³

La etiología de la necrosis avascular se divide en dos grupos: traumáticos y no traumáticos. En el primer grupo, la isquemia es secundaria a un traumatismo que ocasiona fractura o luxación que causa lesión vascular. En el segundo grupo, las lesiones vasculares pueden originarse por obstrucción intravascular patológica (microémbolos lipídicos o gaseosos, estado de hipercoagulabilidad), compresión extravascular (hipertrofia de adipocitos medulares, edema intramedular, proliferación intramedular) o daño celular a los osteocitos (citotoxicidad por drogas o alcohol).⁴

Los factores de riesgo más estudiados son la administración de corticoides y el consumo de alcohol. Inducen la vasoconstricción e incrementan la producción de factores procoagulantes. También aumentan la adipogénesis, disminuyen la osteogénesis y regulan a la baja la reparación y remodelación óseas a través de la producción de émbolos grasos, ocasionando un síndrome compartimental intraóseo.²

La presentación clínica inicialmente es asintomática, suelen desarrollar dolor en pliegue inguinal irradiado a la rodilla o glúteo ipsilateral. En el examen físico, presentan limitación de los arcos de movilidad, especialmente a la rotación interna forzada. Se sospecha en pacientes con dolor a nivel del pliegue inguinal, radiografías normales y factores

de riesgo como corticoides o alcohol. Se presenta de manera bilateral hasta en 70% de los casos.⁵

El diagnóstico se basa en hallazgos clínicos y estudios de imagen. En las radiografías se puede observar el «signo de la media luna», el cual indica colapso subcondral; mientras que la captación de tecnecio-99m revela el «signo de la dona», que indica aceleración del recambio óseo. La resonancia magnética (RM) es el estándar de oro, demostrando cambios en la médula ósea, el tamaño y localización del área necrótica, el efecto sobre el cartílago acetabular y la profundidad del colapso.⁶

La clasificación más utilizada es el sistema cuantitativo de Steinberg. Esta clasificación incluye seis etapas que evalúan el grado de compromiso de cada etapa. Permite distinguir entre una etapa leve (menos de 15% de afectación de la cabeza femoral en radiografía); moderada (15-30% de afectación de la cabeza femoral) y severa (más de 30% de afectación de la cabeza femoral).^{1,7} Es importante evaluar el riesgo de progresión para determinar el tratamiento adecuado. Aunque no existe un consenso establecido, los factores de riesgo de colapso son un mayor volumen de lesión, necrosis en más de 40% de la superficie de carga y un radio de necrosis superior a 200 a 250.⁸

En las etapas iniciales de la necrosis avascular de la cabeza femoral, se puede considerar el tratamiento conservador, restringiendo la carga de peso para retrasar la progresión. Farmacológicamente, se han propuesto varios agentes, incluidos bisfosfonatos, estatinas y vasodilatadores, aunque la evidencia científica aún no es concluyente. Terapias adicionales como la terapia de ondas de choque extracorpóreas (ESWT) y la oxigenoterapia hiperbárica han mostrado resultados prometedores en la reducción del dolor y mejora de la densidad ósea, pero se necesitan más estudios para confirmar su eficacia.^{1,2}

El tratamiento quirúrgico se basa en procedimientos de preservación articular, como la descompresión central ósea y los injertos óseos vascularizados y no vasculariza-

dos, los cuales restauran la estructura y circulación de la cabeza femoral. Otra alternativa es la realización de osteotomías. La terapia con células madre carece de evidencia científica. La artroplastía total de cadera se reserva para etapas avanzadas.^{1,2}

Los cambios o defectos acetabulares de la articulación se empiezan a observar en etapas avanzadas de la enfermedad, etapa 4 de acuerdo a la clasificación de Ficat y Arlet,² y a partir de la etapa 5 conforme a la clasificación de Steinberg, siguiendo el curso natural de la enfermedad desarrollando cambios degenerativos articulares avanzados.¹ El tratamiento de los cambios acetabulares se basa en la extensión del defecto óseo.⁹ Existen técnicas quirúrgicas cementadas y no cementadas para reconstrucción acetabular, como el componente acetabular no cementado con autoinjerto óseo, el bloqueo de aloinjerto estructural, las megacopas y copas oblongas, los anillos de reforzamiento, las jaulas óseas, las aumentaciones metálicas porosas, las construcciones acetabulares trifangulares y la distracción acetabular.¹⁰

El objetivo del presente trabajo es mostrar el resultado exitoso de un caso de reemplazo articular total de cadera con una técnica poco utilizada como la malla de titanio y la impactación de injerto óseo en el contexto de un caso de necrosis avascular de la cabeza femoral.

Presentación del caso

Paciente masculino de 54 años que cuenta con antecedente de artroplastía total de cadera izquierda 13 años atrás por necrosis avascular secundaria a alcoholismo, la cual cursa sin complicaciones hasta la actualidad. El paciente refiere inicio de padecimiento actual con dolor a nivel de pliegue inguinal derecho, de 10 años de evolución, de intensidad 9/10 en la escala visual analógica (EVA), que se ha tornado progresivo, que se exacerba a la movilización y la deambulación y se atenúa con el reposo, actualmente considerado incapacitante, requiriendo uso de bastón monopodal como auxiliar de la marcha y refiriendo claudicación.

Se observa un acortamiento de aproximadamente 2.5 cm en comparación con la contralateral. Dolor a la palpación a nivel de pliegue inguinal. Los arcos de movilidad de la cadera se encontraban limitados y con dolor, mientras que la fuerza por grupos musculares de cadera se presentaba únicamente con resistencia parcial (4/5 de acuerdo a la escala de Daniels). El examen neurovascular es normal. Las maniobras de log roll y Patrick fueron positivas.

Se realiza radiografía anteroposterior (AP) de pelvis donde se observa pérdida de la esfericidad de la cabeza femoral, presencia de osteofitos, esclerosis con colapso subcondral, disminución del espacio articular, todo compatible con cambios degenerativos avanzados que se acompañan de cambios acetabulares secundarios a la osteonecrosis. En la cadera izquierda se observan componentes protésicos acetabular y femoral adecuadamente colocados y orientados, sin datos de interfaz, lisis o aflojamiento (*Figura 1*). Para identificar adecuadamente la morfología femoral y acetabular, se toma

tomografía computarizada donde se aprecian múltiples quistes subcondrales, así como defecto óseo contenido, con pérdida considerable de hueso esponjoso principalmente de la pared posterior (*Figura 2*).

Se decidió llevar a cabo tratamiento quirúrgico que consistió en colocación de malla de titanio (*Figura 3*), la cual se fijó con dos tornillos de 1.5 × 1.0 cm para cubrir defecto acetabular, además de impactación de autoinjerto y aloinjerto cadavérico (ambos de cabeza femoral) (*Figura 4*) más colocación de artroplastía total de cadera derecha con componentes acetabular y femoral no cementados.

La artroplastía total de cadera se realizó con una prótesis con sistema *DePuy Synthes* de Johnson & Johnson (Warsaw, IN, USA) con una copa acetabular no cementada *Pinnacle Porocoat Acetabular Shell Multi-Hole II* de 58 mm, la cual se fija con tres tornillos de 6.5 × 20,² y 30 mm,¹ inserto de polietileno de 32 mm, cabeza femoral metálica de 32 mm +1 y vástago femoral no cementado Summit 12/14 estándar #1 de 125 mm. El reemplazo articular se llevó a cabo por medio de un abordaje lateral directo donde, previo a la colocación del componente acetabular, se impacta autoinjerto y aloinjerto de cabeza femoral con el apoyo de la rima acetabular en sentido reverso para posteriormente colocar malla de titanio (*Figura 5*). La herida se cubre con un apósito convencional estéril y se toma control radiológico postquirúrgico con una proyección anteroposterior de pelvis (*Figura 6*).

Durante el período postoperatorio, el paciente permaneció cuatro días hospitalizado, restringiendo el apoyo con peso de la extremidad pélvica derecha en todo momento y realizando traslados al reposet para favorecer la movilización continua y la liberación de puntos de presión. El paciente fue dado de alta clínica y hemodinámicamente estable, sin necesidad de transfusión de hemoderivados.

Durante su seguimiento en el período postoperatorio (6-12 semanas), el paciente continúa sin apoyo hasta la



Figura 1: Radiografía anteroposterior de pelvis en la que se observa cadera derecha con colapso de la cabeza femoral, abundantes osteofitos, datos de esclerosis y presencia de quistes subcondrales. La cadera izquierda se observa con material protésico adecuadamente colocado, sin datos de rotura ni fatiga.

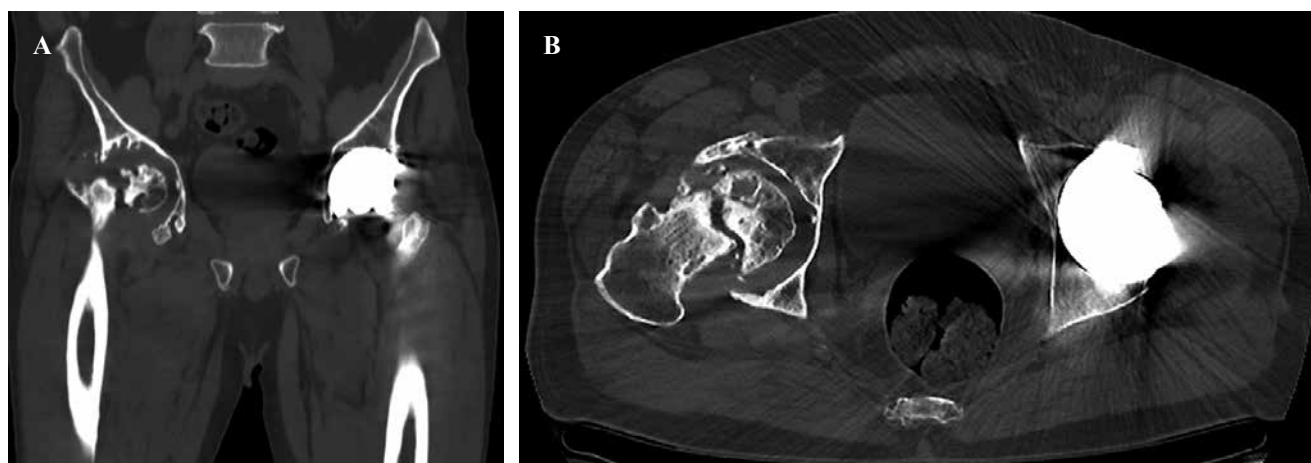


Figura 2: Tomografía computarizada simple de pelvis para precisar características del defecto acetabular derecho. **A)** corte coronal en el que se observa defecto acetabular con presencia de múltiples quistes subcondrales. **B)** corte axial en el que se evidencia defecto acetabular predominantemente de la pared posterior y compromiso parcial de la columna posterior.

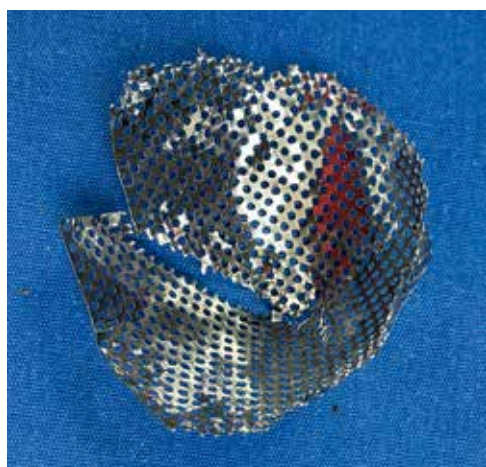


Figura 3: Malla de titanio para colocar y fijar con tornillos posterior a la impactación del injerto óseo.



Figura 5:

Malla de titanio colocada en defecto acetabular posterior a la impactación del injerto óseo mediante un abordaje lateral directo.



Figura 4: A la izquierda, aloinjerto cadavérico de cabeza femoral y, a la derecha, cabeza femoral del paciente para utilizarse como autoinjerto. Ambas antes de morcelizar y colocar en defecto acetabular.



Figura 6: Radiografía anteroposterior de pelvis con resultado postquirúrgico de artroplastia total de cadera derecha posterior a impactación de injerto óseo y malla acetabular.

semana 4, en el cual comienza con apoyo completo a tolerancia aún acompañado de andadera como auxiliar de la marcha. Se lleva a cabo control radiológico a las cuatro y a las ocho semanas observando adecuadamente todos los componentes protésicos sin datos de osteólisis o aflojamiento. Actualmente se encuentra realizando actividades de la vida diaria con ligera limitación debido a la claudicación ocasionada por la incisión en el glúteo medio; sin embargo, expresó una gran satisfacción con el resultado funcional del procedimiento.

Discusión

La osteonecrosis de la cabeza femoral es una condición médica devastadora que afecta a pacientes entre la tercera y quinta décadas de la vida; usualmente su evolución natural progresa a colapso de la cabeza femoral, requiriendo como método terapéutico de elección la artroplastía total de cadera.¹¹

En nuestro caso, la etiología de la necrosis es el consumo crónico de alcohol, el cual se ha identificado como uno de los principales factores de riesgo para desarrollar esta enfermedad.¹² Como hasta en 70% de los casos de necrosis avascular de la cabeza femoral,⁵ el nuestro también se presentó de forma bilateral, motivo por el cual acude con nuestro equipo contando con el antecedente de artroplastía total de cadera izquierda años atrás.

Dentro del abordaje diagnóstico se toman radiografías anteroposteriores de pelvis y tomografía computarizada para definir las características precisas del defecto acetabular. En este caso no se solicita resonancia magnética, debido a que este estudio se reserva para casos en etapas tempranas, en los que existe la sospecha clínica mediante interrogatorio y exploración física con radiografías normales.¹³

La mejor opción de tratamiento en nuestro caso es el reemplazo articular, ya que nuestro paciente se encuentra en estadios avanzados de la enfermedad, presentando aplanamiento de la cabeza femoral y cambios artrósicos en la articulación, incluidos cambios acetabulares.¹⁴ El tratamiento no quirúrgico se reserva principalmente para etapas tempranas de la enfermedad sin antecedente de trauma. Usualmente, estos pacientes corresponden a los estadios con estudios de imagen normales o con cambios únicamente identificables por resonancia magnética.² Por otro lado, hablando del tratamiento quirúrgico, nuestro paciente no es candidato a procedimientos que puedan preservar la cabeza femoral, ya que, al existir colapso del hueso subcondral, la única alternativa viable es llevar a cabo un reemplazo articular total.¹⁵

La artroplastía total de cadera ha probado ser un tratamiento costo efectivo que puede restaurar rápidamente la función de la articulación, aliviar el dolor y mejorar de forma importante la calidad de vida del paciente.¹⁶ La restauración de la masa ósea es fundamental para la reconstrucción del acetábulo, ya que permite asegurar la estabilidad del componente protésico.¹⁷ El manejo de los defectos acetabulares es importante para reconstruir el centro de rotación

de la cadera y proveer estabilidad inicial a los componentes protésicos. Los métodos para reconstruir el acetábulo incluyen las copas jumbo, el uso de un centro de rotación más alto para evadir el defecto, anillos especiales de reconstrucción, aumentos metálicos porosos modulares e injerto óseo en gran volumen o morcelizado.¹⁸ La reconstrucción mediante injerto óseo es la única opción que restaura el remanente óseo. Este injerto puede ser autólogo o heterólogo y colocarse de forma estructural con resultados inciertos¹⁹ o en forma de injerto impactado. Una opción descrita es el uso de la cabeza femoral en forma de autoinjerto o aloinjerto fresco congelado, el cual se morceliza en pequeñas piezas de hueso esponjoso, para posteriormente ser impactados dentro del defecto antes de colocar el componente acetabular primario o de revisión.²⁰ Los defectos cavitarios pueden ser manejados con impactación ósea únicamente; sin embargo, los defectos segmentarios o combinados usualmente requieren implantes complementarios como mallas metálicas, anillos o jaulas que cierran el defecto periférico y conviertan un defecto no contenido en un defecto contenido.¹⁹

De acuerdo con el estudio retrospectivo de Li y colaboradores, la colocación de injerto óseo impactado en combinación con el uso de malla de aleación de titanio tiene resultados satisfactorios desde el punto de vista funcional y radiológico, en el contexto de defectos acetabulares en cirugía de revisión de artroplastía total de cadera;²¹ sin embargo, también mencionan que se requieren estudios a mayor escala que permitan dilucidar los resultados a largo plazo. De igual manera, existen estudios que evalúan el uso de impactación de injerto óseo en artroplastía total de cadera primaria, los cuales reportan buenos resultados con 40% de los pacientes presentando una mejoría en la escala Harris Hip de más de 50 puntos y una integración completa del injerto en 70% de los casos. Todos los pacientes presentaron retrabeculación y remodelación. Los factores que se asociaron con incorporación completa del injerto fueron la cirugía primaria, el uso de autoinjerto, las copas no cementadas, defectos acetabulares contenidos y el menor tamaño en grosor de la capa de injerto.²² Mozafari y asociados reportaron una tasa de 96.5% de incorporación completa del injerto en pacientes con displasia de cadera con un defecto acetabular mayor a 30% que fueron sometidos a impactación con autoinjerto y artroplastía total de cadera no cementada con un seguimiento promedio de 93.3 meses.²³

En nuestro caso se utilizó una copa no cementada; D'Apolito y su equipo realizaron una revisión en la que se argumenta que el uso de copas no cementadas con las nuevas coberturas de superficie con tecnología de tantalio y alta porosidad de titanio ofrecen cambios biológicos que toman lugar en el injerto durante el período postoperatorio.²⁴ Mientras que el fenómeno de integración tipo «*ingrowth*» se promueve por el sangrado del hueso hospedero, la integración tipo «*in-growth*» a través de injerto morcelizado probablemente tome años en ocurrir.²⁵ Por ello, como en nuestro caso, el contacto de al menos 25-30% entre la copa y el hueso hospedero es esencial para la integración de una copa no cementada.²⁶

Park y colaboradores realizaron un estudio en el que compararon la artroplastia total de cadera cementada contra no cementada de componentes acetabular y femoral en pacientes con osteonecrosis de la cabeza femoral. Concluyen que el riesgo de cualquier revisión que incluya la copa acetabular o el vástago femoral fue notablemente más alta en pacientes en los que se utilizó la técnica cementada,²⁷ teniendo como resultado una mayor tasa de supervivencia del implante en pacientes con técnica no cementada.

En este caso se decidió no iniciar algún tipo de apoyo con peso de la extremidad pélvica operada durante la estancia hospitalaria y comenzar con apoyo completo a tolerancia a las cuatro semanas del período postquirúrgico, una vez completado el proceso de osteointegración del componente protésico, el cual dura típicamente de cuatro a seis semanas.^{21,28}

La aplicación de aloinjerto y autoinjerto óseo en combinación con una malla de aleación de titanio representa una opción para pacientes con defectos óseos acetabulares con buenos resultados funcionales y radiológicos; sin embargo, no existen estudios que hablen de indicaciones óptimas en comparación con algún otro tipo de reconstrucción.²¹

Conclusiones

La necrosis avascular de la cabeza femoral es una entidad que presenta amplio espectro clínico y alto grado de complejidad en cuanto a su abordaje diagnóstico y manejo terapéutico. En etapas avanzadas y con cambios artrósicos evidentes, el reemplazo articular total representa el tratamiento de elección, el cual debemos individualizar en cada caso para identificar factores que pueden representar algún obstáculo dentro del procedimiento quirúrgico. En casos complejos en los que la necrosis avascular ha condicionado un defecto acetabular importante, debemos hacer uso de todas las opciones terapéuticas existentes para poder llevar a cabo una adecuada reconstrucción. Esto incluye recursos válidos y con evidencia como la malla acetabular de titanio y la impactación con injerto, lo cual confiere una ventaja biológica y mecánica al constructo. Conocer este tipo de opciones terapéuticas poco utilizadas nos ayuda como cirujanos ortopedistas a poder extender nuestro arsenal terapéutico en pro de la buena funcionalidad de los pacientes. A pesar de los avances en el manejo ortopédico, todavía queda la necesidad de poder estandarizar y desarrollar indicaciones precisas para el uso de ciertos implantes y aún más en el contexto de pacientes con defectos importantes como aquellos con necrosis avascular de la cabeza femoral.

Referencias

- Konarski W, Pobozy T, Sliwczynski A, Kotela I, Krakowiak J, Hordowicz M, et al. Avascular necrosis of femoral head-overview and current state of the art. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(12): 7348.
- Petek D, Hannouche D, Suva D. Osteonecrosis of the femoral head: pathophysiology and current concepts of treatment. *EFORT Open Rev*. 2019; 4(3): 85-97.
- Hines JT, Jo WL, Cui Q, Mont MA, Koo KH, Cheng EY, et al. Osteonecrosis of the femoral head: an updated review of ARCO on pathogenesis, staging and treatment. *J Korean Med Sci*. 2021; 36(24): e177.
- Guggenbuhl P, Robin F, Cadiou S, Albert JD. Etiology of avascular osteonecrosis of the femoral head. *Morphologie*. 2021; 105(349): 80-4.
- Moya-Angeler J, Gianakos AL, Villa JC, Ni A, Lane JM. Current concepts on osteonecrosis of the femoral head. *World J Orthop*. 2015; 6(8): 590-601.
- Barney J, Piuze NS, Akhondi H. Femoral head avascular necrosis. StatPearls: Treasure Island, FL, USA; 2022.
- Steinberg ME, Hayken GD, Steinberg DR. A quantitative system for staging avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br*. 1995; 77-B(1): 34-41.
- George G, Lane JM. Osteonecrosis of the femoral head. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2022; 6(5): e21.00176.
- Ahmad AQ, Schwarzkopf R. Clinical evaluation and surgical options in acetabular reconstruction: a literature review. *J Orthop*. 2015; 12(Suppl 2): S238-43.
- Fryhofer GW, Ramesh S, Sheth NP. Acetabular reconstruction in revision total hip arthroplasty. *J Clin Orthop Trauma*. 2020; 11(1): 22-8.
- Zalavras C, Lieberman J. Osteonecrosis of the femoral head: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 2014; 22(7): 455-64.
- Fukushima W, Hirota Y. Alcohol. In: Koo K, Mont M, Jones L, editors. Osteonecrosis. Berlin: Springer; 2014. p. 95-9.
- Pierce TP, Jauregui JJ, Cherian JJ, Elmallah RK, Mont MA. Imaging evaluation of patients with osteonecrosis of the femoral head. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015; 8(3): 221-7.
- Mont M, Cherian J, Sierra R, et al. Nontraumatic osteonecrosis of the femoral head: where do we stand today? A ten-year update. *J Bone Joint Surg Am*. 2015; 97(19): 1604-27.
- Ma J, Sun W, Gao F, Guo W, Wang Y, Li Z. Porous tantalum implant in treating osteonecrosis of the femoral head: still a viable option? *Sci Rep*. 2016; 6: 28227.
- Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. *Lancet*. 2007; 370(9597): 1508-19.
- Gross AE, Goodman S. The current role of structural grafts and cages in revision arthroplasty of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 2004; 429: 193-200.
- Emms NW, Buckley SC, Stockley I, Hamer AJ, Kerry RM. Mid- to long-term results of irradiated allograft in acetabular reconstruction: a follow-up report. *J Bone Joint Surg Br*. 2009; 91(11): 1419-23.
- Schreurs BW, Te Stroet MA, Rijnen WH, Gardeniers JW. Acetabular re-revision with impaction bone grafting and a cemented polyethylene cup; a biological option for successive reconstructions. *Hip Int*. 2015; 25(1): 44-9.
- Busch VJ, Gardeniers JW, Verdonchot N, Slooff TJ, Schreurs BW. Acetabular reconstruction with impaction bone-grafting and a cemented cup in patients younger than fifty years old: a concise follow-up, at twenty to twenty-eight years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93(4): 367-71.
- Li X, Pan BQ, Wu XY, Fu M, Liao WM, Wu CH, et al. Impaction bone grafting combined with titanium mesh for acetabular bone defects reconstruction in total hip arthroplasty revision: a retrospective and mini-review study. *Orthop Surg*. 2022; 14(5): 902-10.
- Abu-Zeid MY, Habib MES, Marei SM, Elbarbary ANE, Ebied AA, Mesregah MK. Impaction bone grafting for contained acetabular defects in total hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res*. 2023; 18(1): 671.
- Mozafari JK, Pisoudeh K, Gharanizadeh K, Ghazavi M, Abolghasemian M. Impaction grafting is sufficient to address acetabular deficiency during total hip arthroplasty of most dysplastic hips with over 30% bone defect. *J Arthroplasty*. 2022; 37(7): 1302-7.
- D'Apolito R, Zagra L. Uncemented cups and impaction bone grafting for acetabular bone loss in revision hip arthroplasty: A review of rationale, indications, and outcomes. *Materials (Basel)*. 2022; 15(10): 3728.

25. Lee JM, Nam HT. Acetabular revision total hip arthroplasty using an impacted morselized allograft and a cementless cup: minimum 10-year follow-up. *J Arthroplasty*. 2011; 26(7): 1057-60.
26. Sternheim A, Backstein D, Kuzyk PR, Goshua G, Berkovich Y, Safir O, Gross AE. Porous metal revision shells for management of contained acetabular bone defects at a mean follow-up of six years: a comparison between up to 50% bleeding host bone contact and more than 50% contact. *J Bone Joint Surg Br*. 2012; 94(2): 158-62.
27. Park JW, Ko YS, Park S, Kim SH, Lee YK, Koo KH. Cemented versus cementless total hip arthroplasty for femoral head osteonecrosis: A study based on national claim data in South Korea. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2023; 7(5): e23.00029.
28. Radaelli M, Buchalter DB, Mont MA, Schwarzkopf R, Hepinstall MS. A new classification system for cementless femoral stems in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2023; 38(3): 502-10.

Clinical case

doi: 10.35366/121820

Bilateral atypical femoral fractures caused by long-term use of bisphosphonate treatment in postmenopausal osteoporosis

Fracturas femorales atípicas bilaterales causadas por uso prolongado de tratamiento con bifosfonato en osteoporosis postmenopáusica

Jasqui-Remba S,^{*,‡} Grobeisen-Levin S,[§] Jasqui-Romano S,[¶] Rodríguez-Rejón G*

Centro Médico ABC. Mexico City, Mexico.

ABSTRACT. This paper presents two cases of bilateral atypical femoral fractures in postmenopausal women who underwent prolonged bisphosphonate therapy for osteoporosis. Both patients, aged 83 and 76, experienced fractures after long-term bisphosphonate treatment, highlighting concerns about suppressed bone turnover. Each case was treated with intramedullary nailing, and bisphosphonates were discontinued in favor of alternative therapies. These cases underscore the risks of atypical femoral fractures linked to extended bisphosphonate use, emphasizing the need for careful patient monitoring and further research to optimize osteoporosis treatment strategies and prevent such complications.

Keywords: osteoporosis, bisphosphonates, atypical femoral fracture, osteoporotic fracture, intramedullary nailing.

RESUMEN. Este artículo presenta dos casos de fracturas femorales atípicas bilaterales en mujeres posmenopáusicas con tratamiento prolongado con bifosfonatos para la osteoporosis. Ambas pacientes, de 83 y 76 años, sufrieron fracturas tras un tratamiento prolongado con bifosfonatos, lo que pone de manifiesto la preocupación que suscita la supresión del recambio óseo. En ambos casos, la reducción de las fracturas fue mediante colocación de clavos intramedulares y se suspendió el tratamiento con bifosfonatos cambiando el manejo por terapias alternativas. Estos casos dan relevancia a los riesgos de fracturas femorales atípicas relacionadas con el uso prolongado de bifosfonatos, y subrayan la necesidad de un seguimiento cuidadoso de los pacientes y de más investigación para optimizar las estrategias de tratamiento de la osteoporosis y prevenir tales complicaciones.

Palabras clave: osteoporosis, bifosfonatos, fractura femoral atípica, fractura osteoporótica, clavo intramedular.

Introduction

Osteoporosis has been defined as low bone mass that slowly affects the healthy architecture of the bone, increasing its fragility and making it more susceptible to fragility fractures.¹

For the assessment of bone quality, Bone Mineral Density (BMD) has been the most valuable tool; according to the World Health Organization (WHO), osteoporosis is diagnosed with a BMD score that is 2.5 standard deviations (SD) or more below compared to the average

Level of evidence: IV

* Centro Médico ABC. Mexico City, Mexico.

‡ ORCID: 0000-0002-9678-7295

§ Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco. Mexico City, Mexico. ORCID: 0000-0003-0371-0692

¶ Hospital Ángeles Lomas. Mexico City, Mexico.

Correspondence:

Salomón Jasqui Remba

Av. Carlos Graef Fernández 154, Col. Santa Fe, Cuajimalpa, 05300, Cd. de México.

E-mail: drsjasqui@gmail.com

Received: 08-16-2024 Accepted: 02-04-2025

How to cite: Jasqui-Remba S, Grobeisen-Levin S, Jasqui-Romano S, Rodríguez-Rejón G.

Bilateral atypical femoral fractures caused by long-term use of bisphosphonate treatment in postmenopausal osteoporosis.

Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 401-404. <https://dx.doi.org/10.35366/121820>



score for healthy women. Another diagnostic criterion is the presence of fragility fractures without other diseases predisposing to bone fragility.^{2,3}

One of the most common treatments for osteoporosis is bisphosphonates (BISPHs), derivatives of inorganic pyrophosphate which inhibit bone resorption by targeting osteoclasts, leading to increased bone mineral accretion and reduced bone turnover.^{4,5} However, concerns have arisen regarding the remodeling processes, essential for bone growth, as they may cause bone deformity or disrupt the normal mineralization process.⁶ These mechanisms impair the healing of naturally occurring bone microcracks and elevate the risk of fractures.⁷

In the literature, there is a strong correlation between BISPHs treatment duration and Atypical Femoral Fractures. The incidence in the first year of alendronate use is 2 per 100,000 patients per year of treatment, increasing to 25 per 100,000 patients per year after 3-5 years of treatment and to 130 per 100,000 patient-years with more than eight years of treatment.⁸

Typical hip fractures often occur in the femoral neck and intertrochanteric regions, and fractures resulting from suppressed bone turnover have been described as atypical and affect primarily the subtrochanteric femur, infrequently affected by osteoporotic fractures.⁹

The purpose of this paper is to present two cases of bilateral atypical femoral fractures in postmenopausal women treated for osteoporosis with bisphosphonates and discuss their treatment.

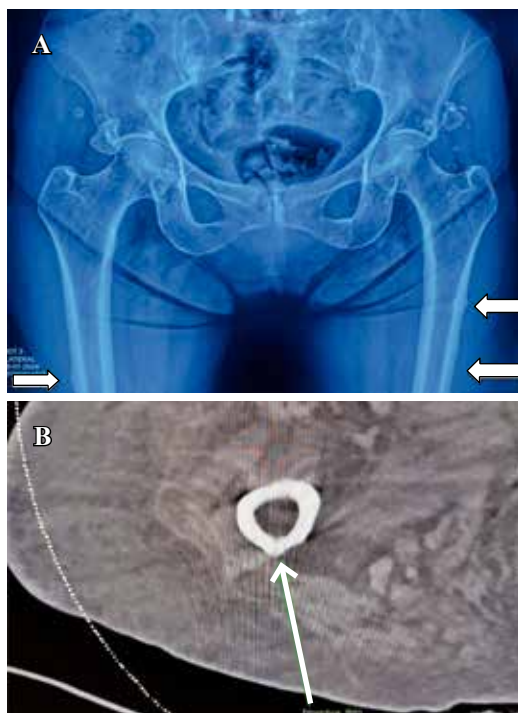


Figure 1: A) Antero-posterior pelvis X-ray showing cortical thickening and atypical cortical fractures in the subtrochanteric area of the femur. B) Axial CT image of the left leg showing the atypical fracture.



Figure 2: Surgical fracture repair with intramedullary nailing.

Case presentation

Case1

An 83-year-old female with a 10-year history of bisphosphonate treatment for osteoporosis (alendronic acid, 70 mg presentation), came to the orthopedic consult after feeling leg pain. Normal movement, with limitation and instability, while standing up. An X-ray and CT scan of the pelvis were obtained. *Figure 1* shows the thickening of the bone cortex, with the presence of atypical incomplete bilateral fractures in the subtrochanteric femur. After a complete assessment, the patient underwent surgical treatment with intramedullary nailing (*Figure 2*), and thromboprophylaxis with Apixaban 2.5 mg every 12 hours for 28 days was indicated.

After the procedure, bisphosphonate therapy was suspended and replaced with romosozumab, vitamin D, and calcium supplementation. Physical rehabilitation was also prescribed, aiming for gait rehabilitation and full range of motion.

Case 2

A 76-year-old female patient used alendronate for four consecutive years, switching afterward to zoledronic acid and using it for five more years, making it a total of nine years of BISPH use. She arrived at the emergency room after experiencing a spontaneous fracture of the left femur while taking a walk (*Figure 3*), leading to a fall from her height. The clinical examination and radiographs demonstrated a left Atypical Femur Fracture (AFF). Upon further observation, an incomplete fracture was found in the right femur (*Figure*

4). She underwent a first surgical intervention, and two days later, a second one; intramedullary nailing was performed in both femurs (Figure 5). A lumbar spine dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) was performed, which reported a T Score of -0.9 , spine TBS of 1.382, left femoral neck T-score of -1.5 , and right femoral neck T-score of -1.7 , leading to an osteopenia diagnosis.

The patient progressed favorably; she was prescribed physical therapy and began using a walker. BISP



Figure 3:

Atypical femoral fracture in the subtrochanteric region of a 76-year-old female patient.



Figure 4:

Incomplete atypical fracture of the right femur.



Figure 5: Intramedullary nailing of both femurs as treatment of atypical fractures.

therapy was immediately suspended and replaced with Teriparatide, calcium supplements, and vitamin D. Due to clinical improvement, the patient was discharged from the Orthopedics Unit.

Discussion

There is an ongoing discussion regarding the long-term effects of the BISP

PHs-based therapy in osteoporotic patients. Oral and intravenous (IV) BISP

PHs have maintained their position as the most commonly used anti-resorptive agents. Prolonged use of these agents may lead to several adverse effects, such as AFF and jaw osteonecrosis.¹⁰ Clarita V et al., suggest that BISP

callus.⁸ Also, they should be offered as a prophylactic treatment to patients with intractable pain and routine radiographic imaging should be obtained aiming for the recognition of asymptomatic fractures.¹⁴

The use of Teriparatide has been suggested since these patients presented AFF due to long-term BISPHs-based therapy. A systemic review and meta-analysis by Nayak and Greenspan concluded that a discontinuation of the BISPHs is recommended in women that has not presented low hip BMD scores after three to five years of treatment, but for the ones that show low hip BMD, the continuation of the treatment may be beneficial. We acknowledge that a treatment washout is an appropriate approach to avoid complications, BMD does not equate to bone quality.

Prolonged use of BISPHs has proven to be a risk factor in AFF incidence.¹⁵

After considering many aspects of the literature about atypical femoral fractures due to prolonged use of BISPHs, we suggest that further investigation is needed to better understand which treatment should be offered to osteoporotic patients. Also, a screening tool that predicts the outcome of patients with BISPHs treatment could be helpful to avoid atypical fractures and prevent their progression.

In conclusion, atypical femoral fractures represent a risk of complete subtrochanteric fracture in osteoporotic women, a full assessment of the patient on BISPH treatment should be performed, and in the pertinent cases, it should be discontinued.

References

- Eastell R, O'Neill TW, Hofbauer LC, Langdahl B, Reid IR, Gold DT, et al. Postmenopausal osteoporosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2016; 2: 16069. doi: 10.1038/nrdp.2016.69.
- Kanis JA on behalf of the World Health Organization Scientific Group (2007). Assessment of osteoporosis at the primary health-care level. Technical Report. World Health Organization Collaborating Centre for Metabolic Bone Diseases, University of Sheffield, UK; 2007: Printed by the University of Sheffield.
- Camacho PM, Petak SM, Binkley N, Diab DL, Eldeiry LS, Farooki A, et al. American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Postmenopausal Osteoporosis – 2020 Update. *Endocr Pract*. 2020; 26(Suppl 1): 1-46. doi: 10.4158/GL-2020-0524.
- Rogers MJ, Monkkonen J, Munoz MA. Molecular mechanisms of action of bisphosphonates and new insights into their effects outside the skeleton. *Bone*. 2020; 139: 115493. doi: 10.1016/j.bone.2020.115493.
- Drake MT, Clarke BL, Khosla S. Bisphosphonates: mechanism of action and role in clinical practice. *Mayo Clin Proc*. 2008; 83(9): 1032-45. doi: 10.4065/83.9.1032.
- Allgrove J. Bisphosphonates. *Arch Dis Child*. 1997; 76(1): 73-5. doi: 10.1136/ad.76.1.73.
- Schilcher J, Koeppen V, Aspenberg P, Michaelsson K. Risk of atypical femoral fracture during and after bisphosphonate use. *Acta Orthop*. 2015; 86(1): 100-7. doi: 10.3109/17453674.2015.1004149.
- Hwang S, Seo M, Lim D, Choi MS, Park JW, Nam K. Bilateral atypical femoral fractures after bisphosphonate treatment for osteoporosis: a literature review. *J Clin Med*. 2023; 12(3): 1038. doi: 10.3390/jcm12031038.
- Sellmeyer DE. Atypical fractures as a potential complication of long-term bisphosphonate therapy. *JAMA*. 2010; 304(13): 1480-1484. doi: 10.1001/jama.2010.1360.
- Lee S, Yin RV, Hirpara H, Lee NC, Lee A, Llanos S, et al. Increased risk for atypical fractures associated with bisphosphonate use. *Fam Pract*. 2015; 32(3): 276-81. doi: 10.1093/fampra/cmu088.
- Odvina CV, Zerwekh JE, Rao DS, Maaouf N, Gottschalk FA, Pak CY. Severely suppressed bone turnover: a potential complication of alendronate therapy. *J Clin Endocrinol Metab*. 2005; 90(3): 1294-301. doi: 10.1210/jc.2004-0952.
- Edwards BJ, Bunta AD, Lane J, Odvina C, Rao DS, Raisch DW, et al. Bisphosphonates and nonhealing femoral fractures: analysis of the FDA Adverse Event Reporting System (FAERS) and international safety efforts: a systematic review from the Research on Adverse Drug Events And Reports (RADAR) project. *J Bone Joint Surg Am*. 2013; 95(4): 297-307. doi: 10.2106/JBJS.K.01181.
- Balach T, Baldwin PC, Intravia J. Atypical femur fractures associated with diphosphonate use. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015; 23(9): 550-7. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00024.
- Koh A, Guerado E, Giannoudis PV. Atypical femoral fractures related to bisphosphonate treatment: issues and controversies related to their surgical management. *Bone Joint J*. 2017; 99-B(3): 295-302. doi: 10.1302/0301-620X.99B3.BJJ-2016-0276.R2.
- Nayak S, Greenspan SL. A systematic review and meta-analysis of the effect of bisphosphonate drug holidays on bone mineral density and osteoporotic fracture risk. *Osteoporos Int*. 2019; 30(4): 705-720. doi: 10.1007/s00198-018-4791-3.

Clinical case

doi: 10.35366/121821

Isolated femoral avulsion fracture at the medial head of the gastrocnemius muscle in a skeletally immature gymnast

Fractura por avulsión femoral aislada en la cabeza medial del músculo gastrocnemio en un gimnasta esqueléticamente inmaduro

Carabajal-Mattar M,* Azalim B,† Masquijo J*

Sanatorio Allende. Córdoba, Argentina.

ABSTRACT. Avulsion fractures of the medial head of the gastrocnemius muscle are extremely uncommon, with only a few cases documented in medical literature. We present a case involving a 12-year-old female gymnast who experienced acute pain in the back of her knee after a training incident. Initial radiographs did not reveal any abnormalities, prompting further imaging for accurate diagnosis. Advanced imaging identified an avulsion fracture at the posteromedial aspect of the femur, originating from the medial gastrocnemius tendon. The patient underwent conservative treatment. At the three-month follow-up, she had returned to gymnastics without any symptoms. At the two-year follow-up, she remained asymptomatic and had fully resumed her pre-injury level of athletic performance.

Keywords: adolescent, gastrocnemius, avulsion fracture, gymnast.

RESUMEN. Las fracturas por avulsión de la cabeza medial del músculo gastrocnemio son extremadamente poco frecuentes, con solo unos pocos casos documentados en la literatura médica. Presentamos el caso de una gimnasta de 12 años que experimentó un dolor agudo en la parte posterior de la rodilla tras un incidente durante el entrenamiento. Las radiografías iniciales no revelaron ninguna anomalía, lo que motivó la realización de más pruebas de imagen para obtener un diagnóstico preciso. Las pruebas de imagen avanzadas identificaron una fractura por avulsión en la cara posteromedial del fémur, originada en el tendón medial del gastrocnemio. La paciente fue sometida a un tratamiento conservador. En la revisión realizada a los tres meses, había vuelto a practicar gimnasia sin presentar ningún síntoma. En la revisión realizada a los dos años, seguía sin presentar síntomas y había recuperado por completo su nivel de rendimiento deportivo anterior a la lesión.

Palabras clave: adolescente, gastrocnemio, fractura por avulsión, gimnasta.

Level of evidence: IV

* Department of Pediatric Orthopaedics. Sanatorio Allende. Córdoba, Argentina.

† Hospital Universitario Ciencias Médicas. Minas Gerais, Brazil.

Correspondence:

Dr. Javier Masquijo

Department of Pediatric Orthopaedics, Sanatorio Allende, Independencia 757, Córdoba, Argentina.

E-mail: jmasquijo@gmail.com

Received: 08-27-2024. Accepted: 09-17-2024.

How to cite: Carabajal-Mattar M, Azalim B, Masquijo J. Isolated femoral avulsion fracture at the medial head of the gastrocnemius muscle in a skeletally immature gymnast. Acta Ortop Mex. 2025; 39(6): 405-409. <https://dx.doi.org/10.35366/121821>



Abbreviations:

ACL = Anterior Cruciate Ligament
MLKI = Multiligament Knee Injury
PCL = Posterior Cruciate Ligament

Introduction

Participation in organized sports among children and adolescents is increasingly popular. Many children are now starting sports at younger ages and competing at higher levels. This shift has resulted in heightened expectations for young athletes, who face increased training loads, early sports specialization, and the pressure of year-round competition. As a result, there has been a notable rise in the incidence of sports-related injuries among this age group.^{1,2} These injuries can range from growth plate injuries, to more severe conditions such as ligament tears and avulsion fractures. Avulsion fractures in the pediatric knee are commonly seen due to the vulnerability of the growing skeleton, where tendons or ligaments pull off a fragment of bone. Among the most frequent are fractures of the tibial tuberosity, which often occur during activities that involve explosive jumping or running, and fractures of the tibial eminence, typically associated with sports-related Anterior Cruciate Ligament (ACL) injuries.³ Another example is the sleeve fracture of the patella, where a small portion of bone is avulsed along with the periosteum. Avulsion fractures of the medial head of the gastrocnemius muscle are extremely rare, with few cases reported in the literature.^{4,5,6,7} To the best of our knowledge, only two adolescent cases^{4,5} have been documented in English-language publications, highlighting the scarcity of available data on this type of injury.

We report the case of a 14-year-old gymnast who sustained an avulsion fracture of the medial head of the gastrocnemius muscle. Our article includes details on the mechanism of injury and treatment, highlighting the importance of early diagnosis and proper management.

Case report

A 12-year-old female gymnast presented with acute pain on the back of her left knee sustained during training. Initial radiographs were unremarkable (*Figure 1*), prompting further imaging for a definitive diagnosis. A computed tomography (CT-scan) revealed the bone component of the lesion and the degree of displacement (*Figure 2*). Magnetic resonance imaging demonstrated an avulsion fracture at the posteromedial aspect of the femur arising from the origin of the tendon of the medial gastrocnemius muscle (*Figure 3*). There were no associated injuries or tears to the medial head of the gastrocnemius muscle.

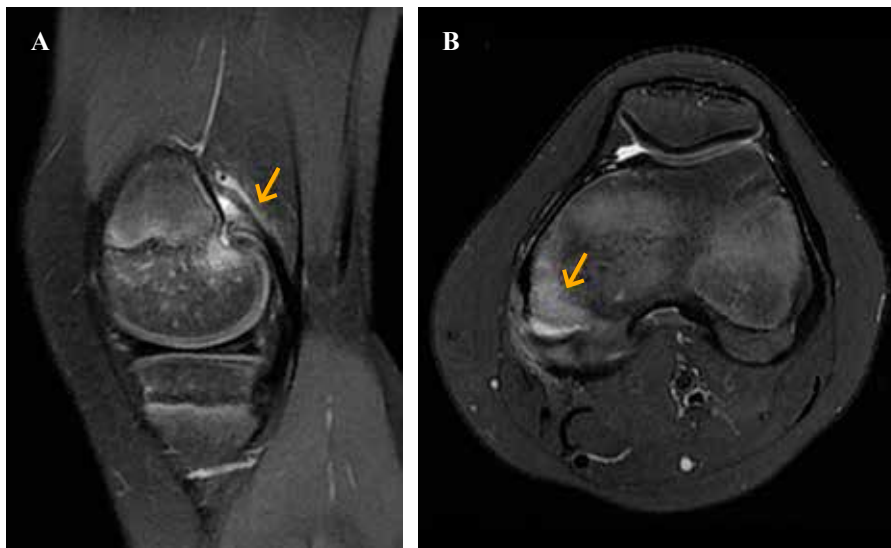


Figure 1: Non-weight bearing anteroposterior and lateral X-ray of the left knee of a 12-year-old female shows no evidence of a fracture or avulsion injury.



Figure 2:

Axial CT-scan and 3D reconstruction confirming the avulsion fracture at the medial head of the gastrocnemius muscle.

**Figure 3:**

MR imaging of the left knee including: **A)** sagittal T2 fat-suppressed and **B)** axial proton density fat-suppressed images demonstrate an 11×3 mm mildly posteriorly displaced avulsion fracture at the posteromedial aspect of the femur arising from the origin of the tendon of the medial gastrocnemius muscle (arrow), with associated traumatic bone marrow edema close to the distal femoral physis (arrowheads).

Table 1: Studies reporting cases of femoral avulsion fracture at the medial head of the gastrocnemius muscle.

Author	Patterson et al. ⁴	Mio et al. ⁶	Hirotsu et al. ⁵	Machara et al. ⁷	Current case
Journal (year)	<i>Skeletal Radiology</i> (2014)	<i>JBIS Am</i> (2016)	<i>Journal of Medical Case Reports</i> (2019)	<i>JBIS Am</i> (2004)	—
Age (years)	14	51	15	26	14
Gender	Male	Male	Male	Male	Female
Sports	Wrestling	NR	Soccer	Skiing	Gymnastic
Mechanism	Indirect trauma	Direct trauma (motorcycle accident)	Direct trauma (Soccer)	Indirect trauma	Indirect trauma
Associated injuries	No	ACL tear, PCL tear, MCL tear, fracture of inferior pole of the patella and anterolateral corner of the tibial plateau fracture	MCL, PCL partial tear	No	No
Treatment	Non-operative	ORIF	ORIF	ORIF	Non-operative
Evolution/complication	Good/No	Good-Grade-3 posterior instability and grade-3 anterior instability remained because of the insufficiency of the PCL and the ACL, for which a second-stage reconstruction is planned	Good/posterior drawer test slightly positive	Good/No	Good/No
Return to Sports	Two months	NR	—	NR	Three months

ACL = Anterior cruciate ligament. MCL = Medial collateral ligament. NR = Not reported in the study. ORIF = Open reduction internal fixation. PCL = Posterior cruciate ligament.

The patient received conservative treatment. She adhered to a regimen that included rest, immobilization with a locking brace in extension for three weeks, physiotherapy, and a gradual return to activity. At the three-month follow-

up, the patient had returned to gymnastics and reported no symptoms. At the two-year follow-up, the patient remained asymptomatic and had fully resumed her pre-injury level of athletic performance.

Discussion

Avulsion fractures of the medial head of the gastrocnemius muscle are infrequent and present unique diagnostic and treatment challenges. This rare injury can occur either in isolation or as part of a more complex Multiligament Knee Injury (MLKI). In isolated cases, the fracture typically results from a combination of eccentric contraction of the gastrocnemius during knee extension and foot plantar flexion on a forcibly externally rotated tibia.^{8,9} When associated with MLKI, hyperextension combined with severe valgus stress likely contributes to the injury by increasing mechanical tension on the medial head of the gastrocnemius.^{6,10} To the best of our knowledge, only two cases of isolated avulsion fracture involving the origin of medial head of the gastrocnemius muscle have been reported in the literature, and only two more in the context of MLKI (Table 1).

The gastrocnemius muscle, originating from the medial epicondyle and the posterior surface of the medial condyle of the femur, plays a vital role in knee function. The medial head, thicker and wider than its lateral counterpart,¹¹ contributes to preventing forward tibial translation during dynamic activities such as running and jumping.¹² While static stabilizers such as the Posterior Cruciate Ligament (PCL) and the posteromedial capsule provide essential resistance against tibial posterior subluxation at various angles of knee flexion¹³ the gastrocnemius muscle's role in posterior stability has been highlighted in electromyographic studies, particularly in PCL-deficient knees.¹⁴ A nonunion avulsion fracture of the medial gastrocnemius may compromise knee stability by imposing additional stress on static stabilizers, potentially leading to chronic instability or increasing the risk of ligamentous injury during physical activities.

Given the rarity of this condition, maintaining a high index of suspicion is paramount, particularly in patients presenting with pain localized to the popliteal fossa during hyperextension, difficulty with knee flexion, and minimal effusion. In high-energy trauma scenarios involving valgus and hyperextension forces, the possibility of posteromedial instability should prompt further investigation. X-rays alone may fail to detect this condition, necessitating the use of advanced imaging modalities. Magnetic resonance imaging, in particular, offers a comprehensive assessment by differentiating between potential diagnoses, identifying associated ligament or meniscal injuries, and detecting osteochondral fractures.^{15,16} Although CT lacks the sensitivity for soft tissue evaluation, it remains crucial for assessing the avulsion fragment's characteristics and planning surgical intervention, when necessary, especially through 3D reconstruction.¹⁷

Nondisplaced avulsion fractures can be treated conservatively with satisfactory outcomes. Patterson reported a similar case of a 14-year-old wrestler treated conservatively,⁴ though details of nonoperative management

were not provided. Our case was treated with a knee immobilizer for three weeks, followed by physiotherapy and a gradual return to activity. Both patients returned to sports at two and three months, respectively, and remained asymptomatic. Displaced fractures or those associated with MLKI may require surgical intervention to address ligamentous injuries and perform internal fixation of the fracture.

Conclusion

The management of avulsion fractures of the medial head of the gastrocnemius requires careful consideration of the injury's complexity and the patient's clinical presentation. While conservative treatment can be effective for nondisplaced fractures, ensuring a successful return to activity, displaced fractures or those occurring within the context of MLKI may require surgical intervention. Early and accurate diagnosis, supported by appropriate imaging techniques, is critical in guiding treatment decisions and optimizing outcomes. Given the potential for this injury to destabilize the knee and predispose to further ligamentous damage, clinicians should remain vigilant in both acute and chronic cases, particularly in athletes or individuals exposed to high-energy trauma. Further case studies and research will be instrumental in refining our understanding and management of this rare yet significant injury.

References

- Shaw L, Finch CF. Trends in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament injuries in Victoria, Australia 2005-2015. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(6): 599. doi: 10.3390/ijerph14060599.
- Werner BC, Yang S, Looney AM, Gwathmey FW Jr. Trends in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *J Pediatr Orthop*. 2016; 36(5): 447-52. doi: 10.1097/BPO.0000000000000482.
- Morrow AC, Reiter MP, Zbojniewicz AM, Laor T. Avulsion fractures of the pediatric knee. *Pediatr Radiol*. 2014; 44(11): 1436-45. doi: 10.1007/s00247-014-3126-6.
- Patterson JT, Jokl P, Katz LD, Lawrence DA, Smitaman E. Isolated avulsion fracture at the medial head of the gastrocnemius muscle. *Skeletal Radiol*. 2014; 43(10): 1491-4. doi: 10.1007/s00256-014-1915-5.
- Hirotsu M, Kakoi H, Taniguchi N. Avulsion fracture of the medial head of the gastrocnemius muscle associated with multiple ligament injuries before closure of the growth plate: a case report. *J Med Case Rep*. 2019; 13(1): 382. doi: 10.1186/s13256-019-2325-z.
- Mio K, Matsuzaki K, Rikitake H, Nakaya T, Nemoto K, Chiba K. Avulsion fracture of the medial head of the gastrocnemius muscle associated with posterior dislocation of the knee: a case report. *JBJS Case Connect*. 2016; 6(2): e24. doi: 10.2106/JBJS.CC.O.00123.
- Machara H, Sakaguchi Y. Avulsion fracture of the medial head of the gastrocnemius muscle: a case report. *J Bone Joint Surg Case Connect*. 2004; 86(2): 373-5.
- Delgado GJ, Chung CB, Lektrakul N, Azocar P, Botte MJ, Coria D, et al. Tennis leg: clinical US study of 141 patients and anatomic investigation of four cadavers with MR imaging and US. *Radiology*. 2002; 224(1): 112-9. doi: 10.1148/radiol.2241011067.
- Yu J, Garrett Jr WE. Ruptures of the medial gastrocnemius muscle ("tennis leg"). *The Achilles Tendon*: Springer; 2009. p. 35-40.
- Dean RS, DePhillipo NN, Kahat DH, Graden NR, Larson CM, LaPrade RF. Low-energy multiligament knee injuries are associated

- with higher postoperative activity scores compared with high-energy multiligament knee injuries: a systematic review and meta-analysis of the literature. *Am J Sports Med.* 2021; 49(8): 2248-54. doi: 10.1177/0363546520962088.
11. Dalmau-Pastor M, Fargues-Polo B Jr, Casanova-Martínez D Jr, Vega J, Golanó P. Anatomy of the triceps surae: a pictorial essay. *Foot Ankle Clin.* 2014; 19(4): 603-35. doi: 10.1016/j.fcl.2014.08.002.
 12. Mengarelli A, Gentili A, Strazza A, Burattini L, Fioretti S, Di Nardo F. Co-activation patterns of gastrocnemius and quadriceps femoris in controlling the knee joint during walking. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018; 42: 117-22. doi: 10.1016/j.jelekin.2018.07.003.
 13. Amis AA, Bull AM, Gupte CM, Hijazi I, Race A, Robinson JR. Biomechanics of the PCL and related structures: posterolateral, posteromedial and meniscofemoral ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003; 11(5): 271-81. doi: 10.1007/s00167-003-0410-7.
 14. Inoue M, Yasuda K, Yamanaka M, Wada T, Kaneda K. Compensatory muscle activity in the posterior cruciate ligament-deficient knee during isokinetic knee motion. *Am J Sports Med.* 1998; 26(5): 710-4. doi: 10.1177/03635465980260051801.
 15. Dupuis CS, Westra SJ, Makris J, Wallace EC. Injuries and conditions of the extensor mechanism of the pediatric knee. *Radiographics.* 2009; 29(3): 877-86. doi: 10.1148/rg.293085163.
 16. Luhmann SJ, Schootman M, Gordon JE, Wright RW. Magnetic resonance imaging of the knee in children and adolescents. Its role in clinical decision-making. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87(3): 497-502. doi: 10.2106/JBJS.C.01630.
 17. Zions LE. Fractures around the knee in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 2002; 10(5): 345-55. doi: 10.5435/00124635-200209000-00006.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Financial support: the present survey has not received any specific funding from public, commercial, or not-for-profit funding agencies.



2026

IV CONGRESO DE ORTOPEDIA PARA MÉDICOS GENERALES

**Modalidades:
Presencial y Virtual**

- Dirigido a: Médicos Generales y en formación
- Simposios
- Talleres prácticos
- Convocatoria de Trabajos Libres en modalidad Cartel, cupo limitado a 20 trabajos de investigación. Fecha límite de recepción de trabajos 05 de enero del 2026.

www.medicosgenerales.cmo.trabajoslibres.com.mx

Inscripción: \$1,500.00
Residente sin costo

SEDE

- Hotel Courtyard Marriott México City Revolución
Av. Revolución 333. Col. Tacubaya C.P. 11870.

FECHAS

- Presencial 27 y 28 de febrero
- Virtual: 27 de febrero al 9 marzo

Avalado por:



www.colegiocmo.com.mx



WhatsApp: 55.3518.1164

Colegio Mexicano de Ortopedia y Traumatología A.C.
World Trade Center México, Montecito 38, P. 25, Of. 23 - 27,
Col. Nápoles, Benito Juárez, C.P. 03810, CDMX, Tel. 9000-2790 al 94



XIX Congreso Nacional de Residentes en Ortopedia y Traumatología 2026

Sede

Hotel Courtyard Marriott
México City Revolución
Av. Revolución 333.
Col. Tacubaya C.P. 11870.

Modalidades:

Presencial:
30 y 31 de enero

Virtual:
30 de enero al 9 de febrero

Inscripción:
\$1,250.00



Dirigido a:
Médicos Residentes



Simposios



Talleres prácticos



Trabajos Libres
Oral y Cartel

Fecha límite de recepción de trabajos
14 de noviembre del 2025

www.residentes.cmo.trabajoslibres.com.mx

Avalado por:



www.colegiocmo.com.mx



WhatsApp: 55.3518.1164

Colegio Mexicano de Ortopedia y Traumatología A.C.
World Trade Center México, Montecito 38, P. 25, Of. 23 - 27,
Col. Nápoles, Benito Juárez, C.P. 03810, CDMX, Tel. 9000-2790 al 94



**CONGRESO
NACIONAL DE
ORTOPEDIA**
DE LA CIUDAD DE MÉXICO



**WTC ABRIL 29 DOS
MAYO 03 MIL 26**



WWW.COLEGIOCMO.COM.MX



WHATSAPP : 55 3518 1164

INFORMES

atencionsocios@colegiocmo.com.mx

WTC México, Montecito 38 piso 25,
Oficinas 23 a 27 Col. Nápoles, 03810
Tel.: 55 9000 2790 al 94