



# REVISTA ESPAÑOLA DE **Cirugía Osteoarticular**

**Vol. 60 | N°.303**

JULIO - SEPTIEMBRE 2025

Sociedad de Traumatología y Cirugía Ortopédica  
de la Comunidad Autónoma Valenciana

ISSN: 2605-1656 | INCLUIDA EN LATINDEX



[www.revistaespcirugiaosteoarticular.com](http://www.revistaespcirugiaosteoarticular.com)

Producido con  index

# REVISTA ESPAÑOLA DE Cirugía Osteoarticular

---

Fundada en 1965, la **Revista Española de Cirugía Osteoarticular** es el órgano oficial de la Sociedad de Traumatología y Cirugía Ortopédica de la Comunidad Valenciana. Su objetivo es proporcionar un espacio inclusivo para la difusión de investigaciones, experiencias clínicas y avances en el campo de la traumatología y cirugía ortopédica.

Recibe artículos originales de investigación, revisión, casos clínicos, series de casos y editoriales. Todos los artículos son sometidos a evaluación por pares doble ciego.

Es de acceso abierto, disponible en (<https://revistaespcirugiaosteoarticular.com/>). No exige cobros a los autores por concepto de envío, edición o publicación de los artículos. Su impresión es exclusivamente digital y tiene periodicidad trimestral.

Indizada en el directorio Latindex.

Los manuscritos deberán ser enviados a través del siguiente enlace: <https://revistaespcirugiaosteoarticular.com/login>

Está prohibida la reproducción parcial o total de la revista para propósitos comerciales. La Revista Española de Cirugía Osteoarticular es una publicación open access con licencia Creative Commons **CC BY 4.0**. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

---

## **Especialidad:**

Traumatología y Cirugía Ortopédica

## **ISSN:**

0304-5056

## **ISSN electrónico:**

2605-1656

## **Dirección:**

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital U. Francesc de Borja de Gandía.  
Avinguda de la Medicina 6, 46702 Gandía, Valencia, España.

## **Correo editorial:**

reco.sotocav@gmail.com

---

*Usted tiene derecho a acceder a la información que le concierne y rectificarla de ser errónea. A través de nuestra empresa, podrá recibir información comercial de otras empresas del sector. Si usted desea que sus datos no sean utilizados en ningún caso, por favor, indíquelo. Reservados todos los derechos mundiales. No puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación o transmitirse en forma alguna por medio de cualquier procedimiento sea éste mecánico, electrónico, de fotocopia, grabación o cualquier otro, sin el previo escrito del editor.*

# REVISTA ESPAÑOLA DE Cirugía Osteoarticular

## EDITOR EN JEFE

---

**Dr. Damián Mifsut Miedes**

Departamento de Anatomía Humana y Embriología,  
Universitat de València. H.U. Francesc de Borja Gandía,  
Valencia, Spain

## COMITÉ EDITORIAL

---

**Dr. José Baeza Oliete** | H.U. y P. La Fe Valencia, Spain  
**Dr. Francisco Baixauli García** | H.U. y P. La Fe Valencia, Spain  
**Dr. Emilio Baixauli Perelló** | H.U. y P. La Fe Valencia, Spain  
**Dr. Teresa Bas Hermida** | H.U. y P. La Fe Valencia, Spain  
**Dr. Vicente Climent Peris** | H. Verge dels Liris d'Alcoi, Spain  
**Dr. Julio Doménech Fernández** | H. Arnau de Vilanova Valencia, Spain  
**Dr. Ismael Escribá Urios** | H.U. y P. La Fe Valencia, Spain  
**Dr. Antonio Lizaur Utrilla** | H. General de Elda, Spain  
**Dr. María F. Mínguez Rey** | H. Clínico U. Valencia, Spain

**Dr. Daniel Montaner Alonso** | H.U. Dr Pesset Valencia, Spain  
**Dr. Enrique Navarrete Faubel** | H.U. y P. La Fe Valencia, Spain  
**Dra. Núria Olmedo García** | H. General Castellón, Spain  
**Dr. José Poyatos Campos** | H. General Castellón, Spain  
**Dr. Julio Ribes Iborra** | H.U. La Ribera Alzira, Spain  
**Dr. José Luis Rodrigo Pérez** | H.U. Dr Pesset Valencia, Spain  
**Dr. Marta Salom Taverner** | H.U. y P. La Fe Valencia, Spain  
**Dr. Eduardo Sánchez Alepuz** | IMED Valencia, Spain  
**Dr. Antonio Silvestre Muñoz** | H. Clínico U. Valencia, Spain

## CONSEJO EDITORIAL

---

**Dr. Francisco Gomar Sancho** | Universidad de Valencia, Valencia, Spain  
**Dr. Miguel Cabanela** | Clínica Mayo Rochester, USA  
**Dr. Carlos Clavel Sainz** | H.U. Virgen Arrixaca Murcia, Spain  
**Dr. Luis Ferrández Portal** | Universidad Complutense de Madrid, Spain  
**Dr. Pedro Guillem García** | Clínica CEMTRO Madrid, Spain

**Dr. Antonio López Alonso** | Universidad de Alcalá de Henares, Spain  
**Dr. Francisco López Prats** | Universidad Miguel Hernández Alicante, Spain  
**Dr. Antonio Navarro Quilis** | Universidad Autónoma de Barcelona, Spain  
**Dr. Miguel María Sánchez Martín** | Universidad de Valladolid, Spain

# ÍNDICE / CONTENTS

## ARTÍCULOS ORIGINALES / ORIGINAL ARTICLES

- 1 **Análisis biomecánico dinámico intraoperatorio del balance medial y lateral en artroplastia total primaria de rodilla mediante navegación quirúrgica**  
*Intraoperative dynamic biomechanical analysis of medial and lateral balance in primary total knee arthroplasty using surgical navigation*  
Damián Mifsut-Miedes, Juan Carlos Martínez-Algarra, Vicente Hurtado-Oliver

## ARTÍCULOS DE REVISIÓN/ REVIEW ARTICLES

- 8 **Aproximando ciencia a práctica y práctica a ciencia. Una introducción al uso clínico en COT de la estadística bayesiana operando con odds**  
*Bridging science and practice: an introduction to the clinical use of Bayesian statistics based on odds in Orthopaedic Surgery and Traumatology*  
Enrique Mateo Payá-Zaforteza

## CASOS CLÍNICOS / CLINICAL CASES

- 22 **Empleo de programas de realidad virtual en la planificación quirúrgica de tumores complejos: neurofibroma plexiforme maligno supraclavicular**  
*Use of virtual reality software in the surgical planning of complex tumors: supraclavicular malignant plexiform neurofibroma*  
Marta Jimenez-Ferrer, Raúl Gandía-Martínez, Cristina Cerezuela-Jordán, Fernando Guallart-Doménech, Daniel Montaner-Alonso
- 28 **Uso de placa puente dorsal: una alternativa en fracturas de muñeca catastróficas**  
*Use of dorsal spanning plate: an alternative in catastrophic wrist fractures*  
Álvaro Andrés-Ruiz, Cristina Gallego-Terres, Vicente José Climent-Peris
- 34 **Manejo artroscópico en condromatosis sinovial primaria de tobillo: presentación de un caso clínico**  
*Arthroscopic management of primary synovial chondromatosis of the ankle: a case report*  
Nuria Ribera-Martínez, Daniel Herrero-Mediavilla

## **Análisis biomecánico dinámico intraoperatorio del balance medial y lateral en artroplastia total primaria de rodilla mediante navegación quirúrgica**

### **Intraoperative dynamic biomechanical analysis of medial and lateral balance in primary total knee arthroplasty using surgical navigation**

Damián Mifsut-Miedes\*, Juan Carlos Martínez-Algarra, Vicente Hurtado-Oliver

Hospital Universitario Francesc de Borja, Gandía, España

Recibido: 24/12/2025

Aceptado: 24/12/2025

Publicado: 31/12/2025

\*Correspondencia: Damián Mifsut Miedes. mifsut\_dam@gva.es

#### **Resumen**

**Introducción:** El equilibrio ligamentoso en extensión y flexión es un factor determinante para el éxito de la artroplastia total de rodilla (ATR). Sin embargo, la relación dinámica entre los compartimentos medial y lateral a diferentes grados de flexión no está completamente definida.

**Objetivo:** Analizar las discrepancias intraoperatorias del "gap" medial y lateral en extensión parcial y flexión, así como su relación con la deformidad en varo, durante la ATR primaria asistida por navegación.

**Material y métodos:** Se efectuó un estudio prospectivo sobre 39 rodillas con gonartrosis y deformidad en varo, intervenidas mediante ATR primaria utilizando navegación OrthoPilot® y el sistema BalanceBot Omnium Platform®. Tras una resección tibial estandarizada de 8 mm en el compartimento lateral y una resección tibial medial variable, según la planificación del sistema de navegación en cada caso, se midieron los gaps medial y lateral a 10° de extensión y 90° de flexión. Se analizaron las discrepancias intraindividuales y su correlación con el varo preoperatorio.

**Resultados:** La edad media fue de  $72,3 \pm 7,9$  años. El varo preoperatorio medio fue de  $7,1^\circ \pm 3,5^\circ$ . El gap medial aumentó significativamente de la extensión a la flexión, mientras que el gap lateral permaneció relativamente constante. No se observó correlación significativa entre la asimetría medial-lateral en extensión y flexión ( $r = 0,266$ ;  $p = 0,102$ ), ni entre el comportamiento dinámico medial y lateral ( $r = 0,149$ ;  $p = 0,366$ ). El varo mostró una tendencia a correlacionarse con la diferencia de resección ( $r = 0,292$ ;  $p = 0,084$ ) y con la asimetría medial-lateral en extensión ( $r = 0,305$ ;  $p = 0,070$ ).

**Conclusiones:** El balance medial y lateral en la ATR no es constante entre extensión y flexión, comportándose ambos compartimentos de forma independiente. La deformidad en varo influye principalmente en el equilibrio en extensión, lo que justifica el uso de sistemas de navegación que permitan una evaluación dinámica intraoperatoria del balance ligamentoso.

**Palabras clave:** Artroplastia total de rodilla. Balance ligamentoso. Gap. Navegación quirúrgica. Varo.

## Abstract

**Introduction:** Ligament balancing in extension and flexion is a key determinant of success in total knee arthroplasty (TKA). However, the dynamic relationship between the medial and lateral compartments at different degrees of flexion has not been fully defined.

**Objective:** To analyze intraoperative discrepancies between the medial and lateral gaps in partial extension and flexion and to assess their relationship with preoperative varus deformity during primary navigated TKA.

**Materials and methods:** A prospective study was conducted on 39 knees with osteoarthritis and varus deformity undergoing primary TKA using the OrthoPilot® navigation system and the BalanceBot Omnium Platform®. Following a standardized lateral tibial resection of 8 mm and a variable medial tibial resection according to the navigation system planning in each case, medial and lateral gaps were measured at 10° of extension and 90° of flexion. Intraindividual discrepancies were analyzed, as well as their correlation with preoperative varus alignment.

**Results:** The mean patient age was  $72.3 \pm 7.9$  years, and the mean preoperative varus alignment was  $7.1^\circ \pm 3.5^\circ$ . The medial gap increased significantly from extension to flexion, whereas the lateral gap remained relatively constant. No significant correlation was found between medial-lateral asymmetry in extension and flexion ( $r = 0.266$ ;  $p = 0.102$ ), nor between the dynamic behavior of the medial and lateral compartments ( $r = 0.149$ ;  $p = 0.366$ ). Varus deformity showed a trend toward correlation with resection difference ( $r = 0.292$ ;  $p = 0.084$ ) and with medial-lateral asymmetry in extension ( $r = 0.305$ ;  $p = 0.070$ ).

**Conclusions:** Medial and lateral balancing in TKA is not constant between extension and flexion, with both compartments demonstrating independent biomechanical behavior. Varus deformity predominantly influences balance in extension, supporting the use of navigation systems that allow dynamic intraoperative assessment of ligament balance.

**Keywords:** Total knee arthroplasty. Ligament balancing. Gap. Surgical navigation. Varus deformity.

## Introducción

El restablecimiento de un balance ligamentoso adecuado es uno de los pilares fundamentales para el éxito clínico y la supervivencia a largo plazo de la artroplastia total de rodilla (ATR). La presencia de desequilibrios entre los compartimentos medial y lateral puede traducirse en inestabilidad, dolor persistente, desgaste precoz del implante y peores resultados funcionales.

Tradicionalmente, la valoración intraoperatoria del balance se ha realizado mediante técnicas subjetivas, basadas en la experiencia del cirujano y en tensiómetros manuales. Sin embargo, estas herramientas presentan una elevada variabilidad interobservador. El desarrollo de sistemas de navegación y dispositivos de medición objetiva ha permitido una evaluación más precisa y reproducible de los gaps articulares.

A pesar de ello, persiste controversia sobre si el equilibrio alcanzado en extensión es representativo del balance en flexión y sobre el papel real de la deformidad coronal en el comportamiento dinámico de los compartimentos. El objetivo de este estudio fue analizar de forma objetiva las discrepancias del gap medial y lateral en extensión y flexión durante ATR primaria asistida por navegación.

## Material y métodos

### Diseño del estudio

Estudio prospectivo analítico realizado sobre una serie consecutiva de pacientes diagnosticados de

gonartrosis con deformidad en varo, candidatos a ATR primaria.

### Población de estudio

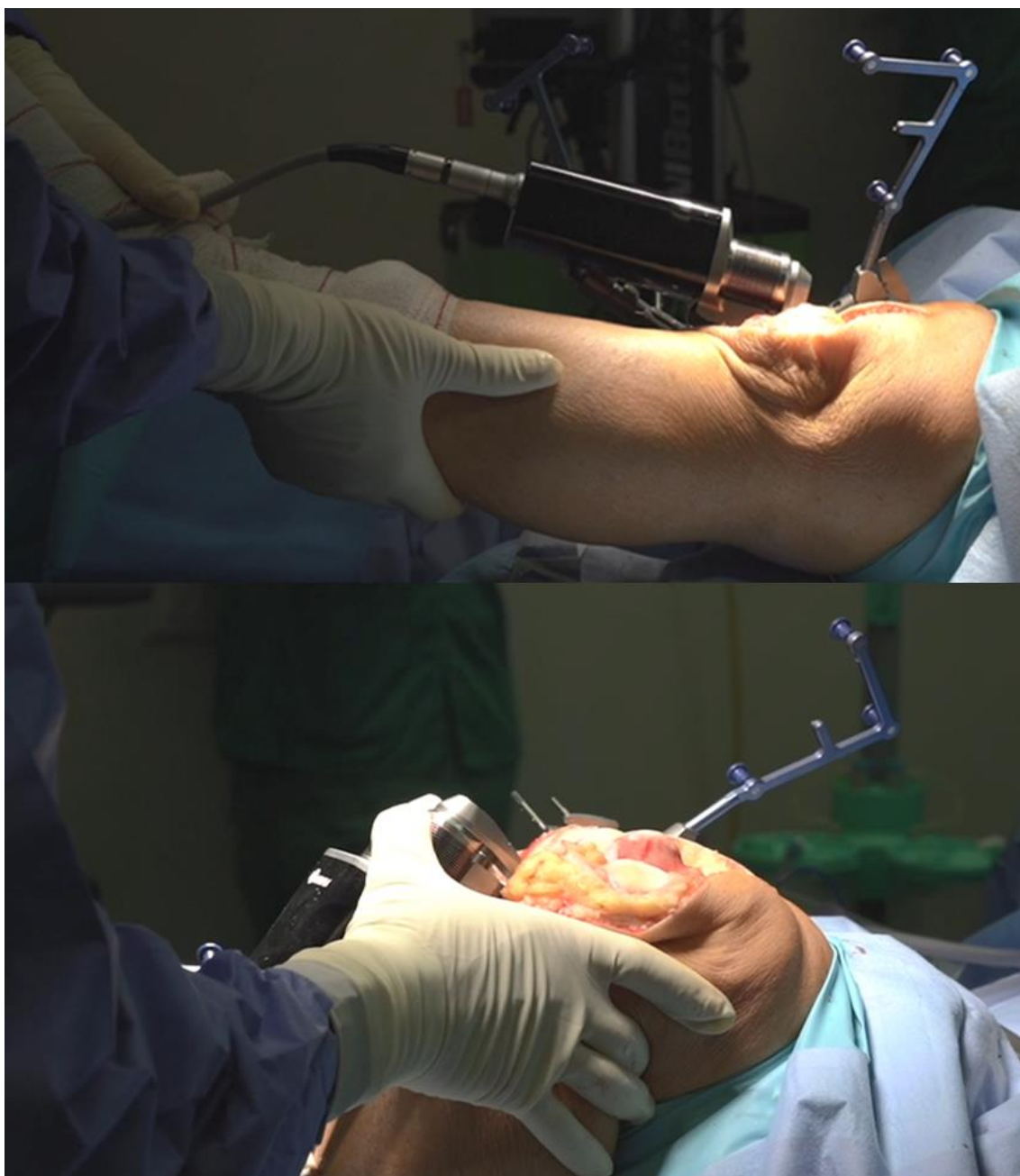
Se incluyeron 39 rodillas correspondientes a 39 pacientes. Todos firmaron consentimiento informado tanto para la cirugía como para la inclusión en el estudio.

### Técnica quirúrgica

Todas las cirugías se realizaron mediante un abordaje anterior parapatelar medial, con liberación de partes blandas del compartimento medial tibial, y utilizando como modelo de prótesis: APEX® con sistema de navegación OrthoPilot® y el dispositivo BalanceBot Omnium Platform®. La utilización de sistemas de medición objetiva intraoperatoria para la evaluación del balance ligamentoso en artroplastia total de rodilla ha demostrado una mayor fiabilidad y reproducibilidad frente a las técnicas manuales tradicionales. En este contexto, dispositivos basados en sensores y navegación, como el BalanceBot Omnium Platform® (**Figura 1**), permiten cuantificar de forma precisa los gaps medial y lateral bajo condiciones controladas, reduciendo la variabilidad interobservador inherente a la evaluación subjetiva.

La resección tibial se efectuó perpendicular al eje mecánico tibial, con un espesor constante de 8 mm en el compartimento lateral y un espesor variable en el compartimento medial, de acuerdo a la planificación efectuada por el sistema de navegación, tras la recogida de datos o referencias anatómicas.





**Figura 1.** Dispositivo BalanceBot Omniium Platform® utilizado durante la intervención quirúrgica.

### Medición de los gaps

Tras la resección tibial y antes del corte femoral, se registraron los gaps medial y lateral a 10° de extensión y 90° de flexión, con una tensión mantenida de 70 N de fuerza. La tensión aplicada durante la medición intraoperatoria del gap fue de 70 N, valor que se encuentra dentro del rango utilizado en estudios biomecánicos y sistemas instrumentados para la evaluación del balance ligamentoso<sup>1</sup>. Esta magnitud permite superar la laxitud inicial de los tejidos blandos sin inducir deformaciones excesivas, proporcionando mediciones reproducibles y comparables entre pacientes. El objetivo de esta fuerza no es reproducir la carga fisiológica completa de la

rodilla, sino estandarizar la evaluación del equilibrio ligamentoso bajo condiciones controladas. Para obtener el valor real del gap, se restó la resección ósea tibial realizada en cada compartimento.

### Análisis estadístico

Las variables continuas se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. Se evaluó la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las comparaciones pareadas se realizaron con la prueba t de Student o la prueba de Wilcoxon según correspondiera. Las correlaciones se analizaron mediante el coeficiente de Pearson. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ .

## Resultados

Se analizaron un total de 39 rodillas intervenidas mediante artroplastia total primaria de rodilla asistida por navegación. La edad media de los pacientes fue de  $72,3 \pm 7,9$  años (rango 49–85), con una distribución de sexo equilibrada (20 mujeres y 19 varones). El grado medio de deformidad en varo preoperatoria fue de  $7,1^\circ \pm 3,5^\circ$  (rango 1–18°).

La resección tibial lateral fue constante en todos los casos (8,0 mm), mientras que la resección medial presentó una variabilidad considerable ( $4,0 \pm 2,5$  mm), lo que generó una diferencia media de resección medial–lateral de  $4,0 \pm 2,6$  mm. Esta asimetría de resección refleja la corrección necesaria de la deformidad coronal en rodillas en varo.

### Comportamiento del gap medial y lateral

En extensión parcial (10°), el gap medial medio fue inferior al gap lateral, mientras que en flexión (90°) el gap medial aumentó de forma consistente, reduciendo parcialmente la diferencia entre compartimentos. La diferencia medial–lateral del gap fue de  $0,43 \pm 3,75$  mm a 10° y de  $1,40 \pm 3,96$  mm a 90°, mostrando una elevada dispersión interindividual.

Solo en 3 de los 39 casos (7,7%) se observaron gaps medial y lateral coincidentes tanto en extensión como en flexión, lo que pone de manifiesto la escasa reproducibilidad de un balance simétrico a lo largo del arco de movilidad.

### Análisis dinámico extensión–flexión

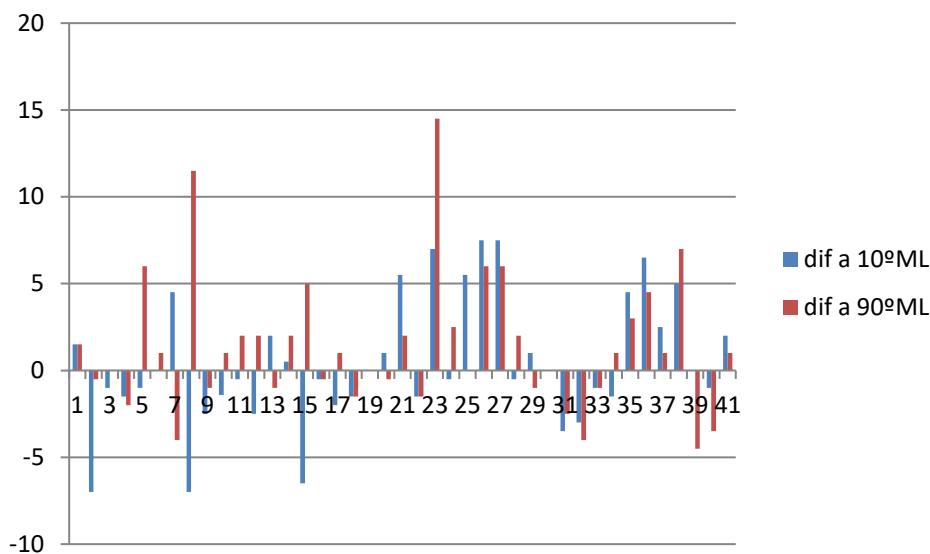
El cambio dinámico del gap entre extensión y flexión fue diferente para cada compartimento. El gap medial mostró una tendencia al aumento con la flexión (Dif M 10–90:  $-0,17 \pm 2,74$  mm), mientras que el compartimento lateral presentó un comportamiento más estable (Dif L 10–90:  $-0,75 \pm 2,20$  mm).

No se observó correlación significativa entre el cambio dinámico medial y lateral ( $r = 0,149$ ;  $p = 0,366$ ), indicando que el comportamiento de ambos compartimentos durante la flexión es independiente. Se observó una marcada variabilidad interindividual y una falta de correspondencia sistemática entre la asimetría medial–lateral en extensión y en flexión, lo que indica que el balance alcanzado en extensión no predice de forma fiable el equilibrio en flexión durante la artroplastia total primaria de rodilla (**Figura 2**).

También se observó una elevada variabilidad interindividual y un comportamiento no paralelo entre ambos compartimentos, lo que refleja la independencia biomecánica del compartimento medial y lateral durante el arco de movilidad en la artroplastia total primaria de rodilla (**Figura 3**).

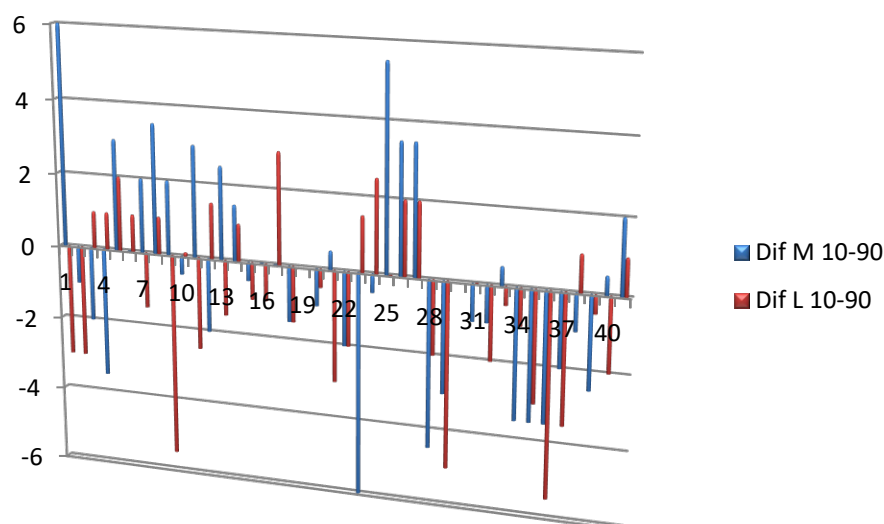
### Correlación con la deformidad en varo

El varo preoperatorio mostró una correlación positiva débil–moderada con la diferencia de resección medial–lateral ( $r = 0,292$ ;  $p = 0,084$ ), así como con la asimetría del gap en extensión parcial ( $r = 0,305$ ;

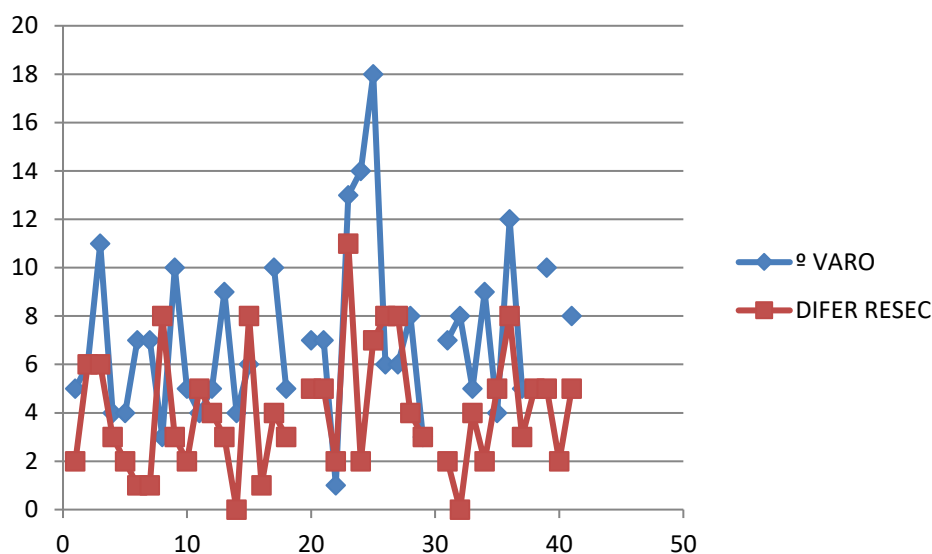


**Figura 2.** Diferencia medial–lateral del gap a 10° y 90° de flexión, mostrando una ausencia de patrón constante entre extensión y flexión. Valores positivos indican mayor gap lateral que medial; valores negativos indican mayor gap medial que lateral.





**Figura 3.** Variación individual del gap medial y lateral entre 10° y 90° de flexión, mostrando un comportamiento dinámico independiente de ambos compartimentos. Los valores positivos indican aumento del gap en flexión respecto a extensión; los valores negativos indican disminución.



**Figura 4.** Relación entre el varo preoperatorio y la diferencia de resección medial-lateral, mostrando una tendencia positiva con amplia dispersión de los valores. La diferencia de resección corresponde a la resección medial menos la lateral.

$p = 0,070$ ), sin alcanzar significación estadística. No se observó correlación entre el varo y la asimetría del gap en flexión ( $r = 0,038$ ;  $p = 0,825$ ).

Se apreció una tendencia paralela entre ambas variables (varo vs. resección medial-lateral), sugiriendo que un mayor varo se asocia a una mayor asimetría de resección, aunque con una elevada variabilidad interindividual (**Figura 4**).

## Discusión

Diversos estudios han demostrado que los sistemas instrumentados de medición del gap presentan una

alta fiabilidad intraobservador e interobservador, con una reproducibilidad significativamente superior a la obtenida mediante espaciadores manuales o tensiómetros convencionales. Siston et al. observaron que la percepción manual del balance ligamentoso presenta una variabilidad considerable entre cirujanos, incluso entre expertos, lo que limita su utilidad como único método de evaluación intraoperatoria<sup>2</sup>.

En contraste, sistemas de medición asistida por sensores han mostrado una correlación consistente entre las fuerzas registradas y la estabilidad articular real, permitiendo detectar desequilibrios que

no son evidentes mediante la exploración manual. Gustke et al. demostraron que el uso de sensores intraoperatorios mejora la precisión del balance ligamentoso y se asocia a una mayor consistencia en la obtención de gaps simétricos<sup>3</sup>.

Aunque los estudios específicos sobre el BalanceBot Omnium Platform son todavía limitados, su principio de funcionamiento es comparable al de otros sistemas validados de navegación y medición objetiva. Estudios que analizan plataformas instrumentadas similares han demostrado una alta repetibilidad de las mediciones, con coeficientes de correlación intraclase elevados para la evaluación del gap medial y lateral en diferentes grados de flexión<sup>4,5</sup>.

Además, la integración del BalanceBot Omnium Platform con sistemas de navegación permite estandarizar tanto la posición articular como la tensión aplicada durante la medición, dos factores críticos para la fiabilidad del registro. Hirschmann et al. subrayaron que la estandarización del método de medición es esencial para interpretar correctamente los datos de balance ligamentoso y compararlos entre pacientes y estudios<sup>6</sup>.

El principal hallazgo del presente estudio es que el balance medial-lateral del gap en la artroplastia total de rodilla no es constante entre extensión y flexión, incluso cuando se realiza una resección ósea controlada y se emplean sistemas de navegación para la medición objetiva intraoperatoria. Estos resultados refuerzan la idea de que el equilibrio ligamentoso es un fenómeno dinámico y dependiente del ángulo de flexión, más que una condición estática alcanzada en un único punto del arco de movilidad.

### **Independencia funcional de los compartimentos**

La ausencia de correlación entre el comportamiento dinámico del compartimento medial y lateral confirma que ambos están gobernados por mecanismos biomecánicos distintos. El compartimento medial se comporta como una estructura relativamente isométrica, fuertemente condicionada por la integridad y tensión del ligamento colateral medial, mientras que el compartimento lateral presenta mayor laxitud y dependencia de la resección ósea y de la geometría protésica. Este patrón concuerda con la biomecánica de la rodilla nativa descrita por Freeman y Pinskero, quienes demostraron que el eje funcional de la rodilla se localiza preferentemente en el compartimento medial<sup>7</sup>.

Asimismo, el concepto de medial pivot, descrito por Blaha y posteriormente desarrollado por otros autores, postula que la estabilidad medial actúa como punto de referencia cinemática, mientras que el

compartimento lateral permite una mayor traslación durante la flexión<sup>8,9</sup>. Nuestros resultados clínicos intraoperatorios respaldan este modelo teórico.

### **Extensión vs. flexión: dos escenarios biomecánicos distintos**

La falta de correlación entre la asimetría medial-lateral del gap en extensión y en flexión sugiere que un balance aparentemente correcto en extensión no garantiza un equilibrio adecuado en flexión. Mihalko et al. ya advirtieron que el balance ligamentoso debe evaluarse de forma independiente en extensión y flexión, dado que los tejidos blandos presentan respuestas no lineales a la carga y al cambio de ángulo<sup>1</sup>.

Estudios de cinemática *in vivo* han demostrado que, tras la ATR, el compartimento lateral mantiene una mayor movilidad durante la flexión, incluso cuando el alineamiento coronal y el balance en extensión son adecuados<sup>10,11</sup>. Este fenómeno explica la elevada variabilidad observada en nuestros resultados y la escasa proporción de rodillas con gaps simétricos en ambos grados de flexión.

### **Influencia del varo preoperatorio**

El varo preoperatorio mostró una tendencia a asociarse con una mayor diferencia de resección y con una mayor asimetría medial-lateral en extensión parcial. Aunque estas correlaciones no alcanzaron significación estadística, su magnitud sugiere relevancia clínica. Bellemans et al. demostraron que el varo condiciona una tensión medial residual que debe ser compensada mediante resecciones asimétricas o liberaciones selectivas para restaurar el equilibrio en extensión<sup>12</sup>.

Sin embargo, la ausencia de relación entre el varo y la asimetría del gap en flexión indica que el balance en flexión depende en mayor medida de factores intraoperatorios como la rotación femoral, la posición del componente femoral y el control del gap en flexión, tal como han señalado Scuderi y Whiteside<sup>13,14</sup>.

### **Resección ósea y balance ligamentoso**

La variabilidad observada en la resección medial frente a la constancia de la resección lateral sugiere una estrategia quirúrgica orientada a preservar la estabilidad medial y ajustar preferentemente el compartimento lateral. No obstante, la ausencia de una correlación fuerte entre la diferencia de resección y la asimetría del gap confirma que la resección ósea por sí sola no explica completamente el balance final, en consonancia con lo descrito por Victor y Siston, quienes destacaron la elevada variabilidad interindividual de los tejidos blandos<sup>15,2</sup>.

## Implicaciones clínicas

Desde un punto de vista práctico, estos hallazgos refuerzan la utilidad de sistemas de navegación y medición objetiva intraoperatoria, que permiten evaluar el balance de forma dinámica y adaptar la estrategia quirúrgica a cada rodilla. Estudios comparativos entre técnicas de "measured resection" y "gap balancing" han demostrado que ninguna técnica aislada garantiza un equilibrio óptimo, siendo necesaria una evaluación continua a lo largo del arco de movilidad<sup>16</sup>.

## Limitaciones del estudio

El presente estudio presenta varias limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar sus resultados. En primer lugar, se trata de una serie prospectiva con un tamaño muestral relativamente reducido, lo que puede haber limitado la potencia estadística para detectar asociaciones significativas, especialmente en los análisis de correlación. No obstante, la magnitud de algunas correlaciones observadas sugiere una posible relevancia clínica que podría confirmarse en estudios con mayor número de casos.

En segundo lugar, todas las mediciones se realizaron intraoperatoriamente, lo que impide establecer una relación directa entre las discrepancias del gap y los resultados clínicos o funcionales postoperatorios. Por tanto, no es posible determinar en qué medida las diferencias observadas influyen en la satisfacción del paciente, la estabilidad subjetiva o la supervivencia del implante.

Por último, no se analizaron otras variables potencialmente influyentes en el balance ligamentoso, como la rotación femoral, el estado del ligamento cruzado posterior, el tipo exacto de implante o las liberaciones ligamentarias realizadas, lo que podría haber aportado una visión más completa del comportamiento dinámico de los compartimentos.

## Financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores públicos, comercial o sin fines de lucro.

## Contribución de los autores

Los autores certifican haber contribuido de igual manera con la concepción, diseño, material científico e intelectual y redacción del manuscrito.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## Uso de IA

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna fase de la elaboración del manuscrito.

## Referencias

1. Mihalko WM, Krackow KA, Phillips MJ. Soft-tissue balancing in total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2009;17(12):766–774.
2. Siston RA, Goodman SB, Delp SL, Giori NJ. Coronal plane stability before and after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(11):2519–2527.
3. Gustke KA, Golladay GJ, Roche MW, Jerry GJ, Elson LC, Anderson CR. Increased satisfaction after total knee replacement using sensor-guided technology. *J Knee Surg.* 2014;27(6):475–482.
4. Manzotti A, Confalonieri N, Pullen C, et al. Computer-assisted ligament balancing in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(12):2406–2413.
5. Meneghini RM, Ziemba-Davis M, Lovro LR, Ireland PH, Damer BM. Can intraoperative sensors predict knee balance and outcomes? *J Arthroplasty.* 2016;31(9 Suppl):122–127.
6. Hirschmann MT, Becker R. The role of ligament balancing in total knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2018;100-B(1 Suppl A):1–6.
7. Freeman MAR, Pinskerova V. The movement of the normal tibiofemoral joint. *J Biomech.* 2005;38(2):197–208.
8. Blaha JD. The rationale for a medial pivot knee. *Orthopedics.* 2002;25(9):963–966.
9. Dennis DA, Komistek RD, Mahfouz MR, Haas BD, Stiehl JB. Multicenter determination of in vivo kinematics after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(392):37–57. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.blo.0000092986.12414.b5>
10. Matsumoto T, Kubo S, Muratsu H, et al. In vivo kinematics of posterior-stabilized total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(11):3632–3640.
11. Van Lieshout WAM, Koenraadt KLM, van Etten-Jamaludin FS, Kerkhoffs GMMJ. The medial pivot knee design: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(7):2021–2036.
12. Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, Victor J. The influence of coronal alignment on soft tissue balance in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(5):1072–1079.
13. Scuderi GR, Komistek RD, Dennis DA, et al. The impact of femoral component rotation on flexion gap in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2006;21(6 Suppl 2):144–149.
14. Whiteside LA. Soft tissue balancing: the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(367):62–67.
15. Victor J, Van Doninck D, Labey L, et al. How precise can bony landmarks be determined on a CT scan of the knee? *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91(3):342–349.
16. Schnurr C, Eysel P, König DP. Gap balancing versus measured resection technique in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(6):1676–1682.

## Aproximando ciencia a práctica y práctica a ciencia. Una introducción al uso clínico en COT de la estadística bayesiana operando con odds

### Bridging science and practice: an introduction to the clinical use of Bayesian statistics based on odds in Orthopaedic Surgery and Traumatology

Enrique Mateo Payá-Zaforteza

Hospital Lluís Alcanyís, Xàtiva, España

Recibido: 02/12/2025

Aceptado: 15/12/2025

Publicado: 31/12/2025

\*Correspondencia: Enrique Mateo Payá-Zaforteza. enriquepayacot@gmail.com

#### Resumen

**Introducción:** La toma de decisiones clínicas suele desarrollarse en contextos de incertidumbre. El enfoque frecuentista tradicional, basado en la significación estadística, ofrece una visión dicotómica que no siempre refleja la realidad clínica. El razonamiento bayesiano, en cambio, permite actualizar las probabilidades diagnósticas a partir de la evidencia disponible, ofreciendo una interpretación más continua y realista del conocimiento médico.

**Métodos:** Se revisan los fundamentos conceptuales del teorema de Bayes y su formulación en términos de odds y razones de verosimilitud, junto con ejemplos clínicos que ilustran su aplicación práctica en diagnóstico y pronóstico. Se discuten además las principales limitaciones y requisitos técnicos del enfoque bayesiano, así como su integración con métodos de aprendizaje automático.

**Resultados:** El razonamiento bayesiano muestra su utilidad como marco lógico para combinar experiencia previa y nueva evidencia, favoreciendo una toma de decisiones más transparente y cuantificable. Los ejemplos clínicos confirman su aplicabilidad en el ámbito traumatológico.

**Conclusiones:** La metodología bayesiana ofrece una alternativa coherente y flexible al análisis clásico, aunque requiere prudencia en la elección de priors y mayor formación estadística por parte del clínico. Su incorporación progresiva en la práctica médica puede mejorar la interpretación de la evidencia y la calidad del juicio clínico.

**Palabras clave:** Toma de decisiones clínicas. Teorema de Bayes. Diagnóstico. Probabilidad. Medicina basada en la evidencia.

#### Abstract

**Background:** Clinical decision-making often occurs under uncertainty. The traditional frequentist approach, based on statistical significance, provides a dichotomous interpretation that does not always reflect clinical reality. In contrast, Bayesian reasoning allows updating diagnostic probabilities according to new evidence, offering a more continuous and realistic understanding of medical knowledge.

**Methods:** The conceptual foundations of Bayes' theorem are reviewed, including its formulation in terms of odds and likelihood ratios, along with clinical examples illustrating its practical application in diagnosis and prognosis. The main limitations and technical requirements of the Bayesian approach are discussed, as well as its integration with modern machine learning methods.

**Results:** Bayesian reasoning proves useful as a logical framework to combine prior experience with new evidence, promoting a more transparent and quantitative decision-making process. Clinical examples confirm its applicability in traumatology and orthopedic surgery.

**Conclusions:** The Bayesian methodology offers a coherent and flexible alternative to classical analysis, although it requires careful selection of priors and greater statistical literacy among clinicians. Its progressive incorporation into medical practice may enhance the interpretation of evidence and the overall quality of clinical judgment.

**Keywords:** Clinical decision-making. Bayes theorem. Probability. Diagnosis. Prognosis. Evidence-based medicine.

## Introducción

La actividad científica en Medicina y Cirugía se desarrolla hoy casi por completo bajo el paradigma estadístico frecuentista, consolidado a partir de las aportaciones de Ronald Fisher (1890–1962) y de los desarrollos posteriores de Neyman y Pearson. Este enfoque ha dotado a la investigación biomédica de un enorme poder para analizar datos y extraer conclusiones válidas, pero presenta una limitación fundamental: se basa en una probabilidad expresada únicamente como un número entre 0 y 1 —el valor *p*—, sustentada en un cuerpo teórico de métodos complejos y poco intuitivos.

Otro problema inherente a este planteamiento es que, cada vez que se inicia un estudio, se parte prácticamente desde cero. Solo al final, en el apartado de discusión, se comparan los resultados obtenidos con los de otros trabajos publicados, pero sin llegar a integrarlos matemáticamente con los propios.

Como consecuencia, en la práctica médico-quirúrgica diaria resulta difícil aplicar este arsenal estadístico sin “perderse por el camino”. Tal como señala Molina Arias<sup>1,2</sup>, gran parte de los trabajos científicos actuales adolecen de defectos metodológicos, en ocasiones graves, derivados tanto de la insuficiente formación estadística de autores y revisores como de la intencionalidad de reforzar determinados mensajes a través de los resultados.

Todo ello obliga a buscar métodos que, manteniendo el rigor y la solidez científica, ofrezcan mayor sencillez e interpretabilidad clínica. Una propuesta factible es recuperar la inferencia bayesiana, en su formulación más intuitiva y reciente, basada en el empleo de los *odds* (también denominadas *momios* o *razones de probabilidades*). Esta formulación facilita la actualización racional de las creencias diagnósticas y pronósticas por medio de la evidencia disponible.

En el ámbito clínico, el razonamiento bayesiano ofrece un marco lógico y transparente para integrar la

información previa con los nuevos hallazgos diagnósticos. Esta operación se realiza en 3 pasos:

1. Cada paciente llega a la consulta con una **probabilidad previa**, (también conocida como *prior*), de padecer una enfermedad, lesión o trastorno. Normalmente este valor viene determinado por la prevalencia de la patología en la población de referencia, pero también puede consistir en la estimación clínica subjetiva del examinador. Este *prior* puede expresarse como probabilidad clásica (valor *P*), o, como veremos, más aconsejablemente, como *odds*.
2. El *prior* se actualiza matemáticamente con los resultados de las pruebas diagnósticas, expresados por las **razones de verosimilitud**, (*likelihood ratios*), que actúan como modificadores cuantitativos del *prior*. Esta operación puede hacerse usando el cálculo clásico de probabilidades, pero la formulación con *odds* permite realizarla de forma más sencilla y multiplicativa.
3. El resultado son los ***odds* posteriores**, que se pueden utilizar ya para la deliberación y la toma de decisiones. Se pueden expresar así, como *odds*, o bien convertirlos a probabilidades clásicas.

Las razones de verosimilitud en realidad son también *odds*, y pueden ser positivas o negativas, (es decir, mayores o menores que 1), reforzando o debilitando la hipótesis. Esta simetría en la actualización probabilística —incremento o decremento proporcional de los *odds*— convierte la formulación bayesiana en un instrumento sumamente útil para la toma de decisiones clínicas.

A lo largo de dos siglos, el teorema de Bayes ha despertado tanto admiración como recelo entre científicos y estadísticos, precisamente porque introduce la noción de creencia, en aparente contradicción con el ideal de objetividad de la ciencia moderna. Los debates han sido intensos y, en ocasiones, marcados por cierta acritud. Como señala Sharon Bertsch McGrayne<sup>3</sup>, la controversia no radica en su complejidad matemática, sino en que desafía una convicción



profundamente arraigada: la de que la ciencia moderna debe ser estrictamente objetiva y precisa. Bayes introduce la idea —incómoda y a la vez liberadora— de que también podemos aprender de los datos incompletos, de las aproximaciones y de nuestro propio desconocimiento<sup>a</sup>. Conviene subrayar, además, que la inferencia bayesiana no pretende sustituir al enfoque frecuentista, sino complementarlo, aportando una perspectiva más interpretativa y directamente aplicable en la práctica clínica. Más que una herramienta matemática, el enfoque bayesiano representa una forma distinta —y quizá más humana— de razonar la incertidumbre.

Recuperar esta forma de pensar —más cercana al razonamiento clínico y a la toma de decisiones reales junto al paciente que a la mera significación estadística— contribuye a acercar la estadística a la cabecera del paciente y a reforzar el puente entre ciencia y práctica que inspira el presente trabajo. Asimismo, buscamos paliar la limitada familiaridad que aún existe con los métodos bayesianos en la literatura médica y ortopédico-traumatológica en español. Nos centraremos, por tanto, en ofrecer una introducción clara y accesible a la aplicación de la inferencia bayesiana en situaciones clínicas individuales, dejando su utilización en estudios poblacionales para futuros desarrollos más extensos.

## Fundamentos teóricos

### Desarrollo histórico

El desarrollo de lo que se conocería como teorema de Bayes se remonta a mediados del siglo XVIII, en un contexto más filosófico que científico. Thomas Bayes (1.701–1.761), ministro presbiteriano con formación matemática, intentaba responder a un dilema filosófico planteado por David Hume sobre la posibilidad de justificar racionalmente los milagros. Su enfoque consistió en abordarlo desde la probabilidad. Sin embargo, mientras la probabilidad de que una causa de lugar a un efecto, —expresada matemáticamente como  $P(E|C)$ —, resulta relativamente fácil de estimar, la probabilidad de sea una causa determinada la responsable de un efecto que estamos observando —  $P(C|E)$ —, plantea un desafío mucho mayor.

Desde el punto de vista lógico, el planteamiento que Bayes propuso puede considerarse un experimento mental. Presentaremos una variante más sencilla,

adaptada al ámbito clínico<sup>b</sup>. Imaginemos una caja dividida internamente por un tabique en dos compartimentos desiguales, cuya proporción desconocemos. Cada compartimento desemboca en una tubería distinta, y lanzamos una bola dentro de la caja. Nuestro objetivo es estimar la posición de la división a partir del número de bolas que salen por cada una de las dos tuberías.

Es evidente que, cuanto mayor sea un compartimento en relación con el otro, más bolas pasarán por él. De ahí se desprende la primera deducción: cuanto más grande sea la abertura, más probable será que la bola haya entrado por ella. En términos formales:

$$P(C|E) \propto P(C) \quad (1)$$

De este modo, la primera asunción de Bayes puede expresarse así: la probabilidad de una causa ( $C$ ) es proporcional a la probabilidad de que dicha causa se dé entre todas las posibles. Esta idea resulta intuitiva: en ausencia de información adicional, lo más razonable es asignar mayor credibilidad a las causas más frecuentes. En el contexto clínico,  $P(C)$  equivale a la probabilidad o prevalencia de la enfermedad. Por ejemplo, si queremos saber si un dolor de cabeza se debe a una gripe, lo primero será considerar cuán frecuente es la gripe en ese momento.

Podríamos detenernos ahí, pero no sería suficiente. Existen otras causas posibles —por ejemplo, la migraña— que, aunque menos prevalentes, pueden estar más estrechamente asociadas con el efecto observado. Esa asociación más fuerte compensa parcialmente su rareza. Por ello, debemos introducir un segundo componente en la proporcionalidad: la probabilidad de que la causa produzca el efecto,  $P(E|C)$ . En términos clínicos: si la migraña, como ( $C$ ), es más “cefaleógena” —esto es, tiene mayor  $P(E|C)$ — que la gripe, su contribución a la probabilidad final de cefalea debe ponderarse en consecuencia.

En los términos de las pruebas diagnósticas,  $P(E|C)$  se corresponde con la sensibilidad de un test. Así comenzamos a establecer la relación entre las probabilidades directas  $P(E|C)$  y las inversas  $P(C|E)$ : El factor que modula esa proporcionalidad es la prevalencia o probabilidad previa, — $P(C)$ — la primera asunción del razonamiento bayesiano.

$$P(C|E) \propto P(E|C) \times P(C) \quad (2)$$

a. Cita literal: “Bayes is a measure of belief. And it says that we can learn even from missing and inadequate data, from approximations, and from ignorance”<sup>3</sup>.

b. Una descripción más precisa del planteamiento original puede encontrarse en<sup>3</sup>, cap. 1: Causes in the Air.

Hasta ahí llegó Bayes. No llegó a publicarlo. A su muerte, su familia transfirió sus documentos a un amigo, el ministro, filósofo y matemático Richard Price, que las editó y publicó con el título *An Essay Towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances* (1.763)<sup>4</sup>.

Como vemos, se trata de una proporcionalidad, no de una ecuación. Sin embargo, en décadas posteriores, de una forma independiente de Bayes y Price, — y aparentemente sin haberlos leído—, Pierre-Simon Laplace, en 1.778<sup>c</sup>, tuvo el acierto de expresarlas como una ecuación introduciendo en el denominador la probabilidad total del efecto — $P(E)$ —. Este refinamiento permitió representar los datos como probabilidades absolutas, y, además combinar múltiples causas dentro de esa probabilidad total<sup>5,d</sup>.

$$P(C|E) = \frac{P(E|C) \times P(C)}{P(E)} \quad (3)$$

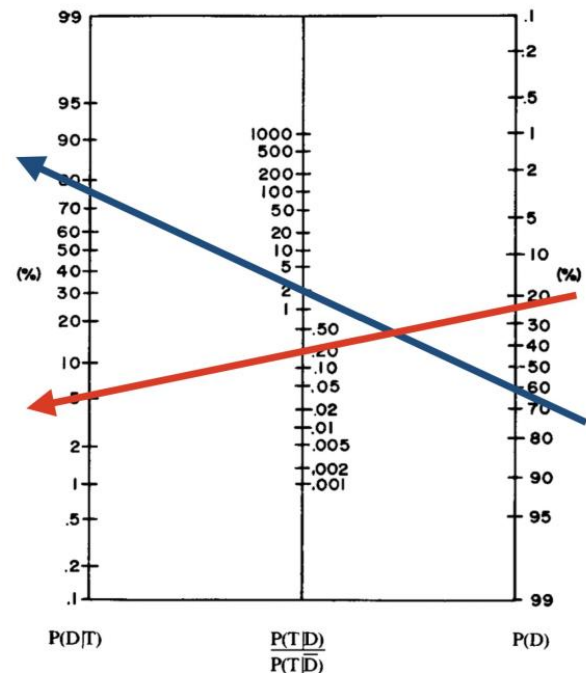
Durante el siglo XIX y principios del XX, el enfoque bayesiano fue desplazado progresivamente por la estadística frecuentista, (Fisher, Pearson, etc...), centrada más en la significación de los datos, que en la actualización de creencias. No obstante, en el siglo XX, la formulación del teorema en términos de *odds* y razones de verosimilitud (*Likelihood Ratios*) devolvió al razonamiento bayesiano su potencia operativa, al permitir expresar la actualización probabilística mediante una sencilla relación multiplicativa que retomaremos en diversas ocasiones a lo largo de este trabajo:

$$\text{odds posteriores} = \text{odds previos} \times LR$$

Esta reformulación, impulsada por autores como George A. Barnard (1.949), I. J. Good (años 50 y 60) y, más tarde, su difusión en el ámbito clínico por Thomas Fagan (1.975), (**Figura 1**), facilitó su aplicación práctica en Medicina, al traducir la lógica de Bayes en

#### NOMOGRAM FOR BAYES'S THEOREM

To the Editor: The interest in Dr. Katz's probability graph (N Engl J Med 291:1115, 1974) causes me to offer a solution to the Bayes's rule in the form of a nomogram (Fig. 1).  $P(D)$  is the probability that the patient has the disease before the test.



**Figura 1.** Nomograma de Fagan tal como fue publicado en una carta al director en el NEJM en 1.975<sup>6</sup>. A la derecha están las probabilidades previas,  $P(D)$ . La escala del centro es la razón de probabilidades, (razón de verosimilitud, (LR)), del test. A la izquierda, las probabilidades posteriores. La flecha azul muestra el efecto reforzador de una  $LR > 1$ . La flecha roja muestra el efecto debilitador de una  $LR < 1$ .

un procedimiento de cálculo rápido, intuitivo y clínicamente interpretable.

De este modo, el razonamiento que nació como un ejercicio filosófico acabó convirtiéndose, dos siglos más tarde, en una de las herramientas más útiles para la toma de decisiones clínicas bajo incertidumbre.

#### Principios de la inferencia bayesiana con odds

La inferencia bayesiana se fundamenta en la idea de que el conocimiento científico y clínico no es absoluto, sino progresivamente actualizable a medida que se dispone de nueva información. A diferencia del enfoque frecuentista —que evalúa la probabilidad de los datos asumiendo fija la hipótesis, es decir,  $P(\text{datos}|\text{hipótesis})$ —, el razonamiento bayesiano se centra en estimar la probabilidad de la hipótesis a la luz de los datos observados,  $P(\text{hipótesis}|\text{datos})$ . Esta inversión del razonamiento probabilístico

c. Laplace presentó la versión generalizada en su *Mémoire sur la probabilité des causes par les événements*, (1774), y la desarrolló plenamente en *Théorie Analytique des Probabilités* (1812)

d. Si existen varias causas posibles para un mismo efecto, podemos estimar el peso relativo de cada una multiplicando su probabilidad (o prevalencia) por la probabilidad de que dicha causa produzca el efecto. Estos productos expresan la contribución de cada causa al resultado observado. Al sumar todos ellos obtenemos la probabilidad total del efecto; y al dividir cada producto por ese total, obtenemos las probabilidades normalizadas de cada causa, que en conjunto suman 1.

permite adaptar la credibilidad de una hipótesis según la evidencia disponible, de modo análogo a como el clínico va ajustando su juicio diagnóstico conforme obtiene nueva información del paciente.

En la práctica médica, las hipótesis suelen representarse como la presencia o ausencia de una enfermedad, y los datos, como los resultados de pruebas diagnósticas. La inferencia bayesiana combina ambos elementos mediante tres componentes básicos:

1. **Probabilidad previa** (*pre-test probability*): refleja el grado de sospecha inicial antes de realizar la prueba, derivado de la prevalencia, la experiencia clínica o los antecedentes del paciente.
2. **Razón de verosimilitud** (*Likelihood Ratio, LR*): mide cuánto más (o menos) probable es observar un resultado en presencia que en ausencia de la enfermedad.
3. **Probabilidad posterior** (*post-test probability*): expresa la nueva estimación de probabilidad tras incorporar la evidencia diagnóstica.

Cuando se expresan en forma de *odds*, estos elementos se relacionan mediante una ecuación más sencilla que en la formulación con probabilidades, y, además, es de interpretación inmediata:

$$odds_{\text{posteriores}} = odds_{\text{previos}} \times LR \quad (4)$$

Esta formulación se basa en una propiedad clave del teorema de Bayes: la actualización multiplicativa de la credibilidad. Los *odds* previos representan el estado inicial de conocimiento; el LR actúa como un *peso de evidencia* que amplifica o reduce dicha credibilidad según la fuerza del hallazgo; y los *odds* posteriores reflejan el nuevo nivel de certeza tras integrar la información.

### Convirtiendo los datos de probabilidades a odds, y viceversa

En los países anglosajones —a diferencia de lo que ocurre en España— es frecuente, e incluso familiar, el uso del concepto de *odds*. (La traducción más cercana a nuestro idioma sería *momios*, aunque su uso es muy limitado). Allí se manejan con naturalidad, integrados en la cultura popular a través de las apuestas deportivas o las carreras de caballos. Hablar de *odds* es casi tan habitual como hablar de porcentajes.

Por ejemplo, decir “unos *odds* de 2 a 1”, 2:1, o simplemente 2, equivale a decir “dos veces de cada tres”, lo que constituye una probabilidad de 66 % (o 0,67). Unos *odds* de 3:1 (o 3) indican que un suceso es tres veces más probable que su

contrario, (“tres de cada cuatro veces”), lo que corresponde a una probabilidad del 75 %. Por su parte, unos *odds* de 1:1 equivalen a una probabilidad del 50 % (0,5).

En el lado en desventaja<sup>e</sup>, unos *odds* de 1:2 (0,5) equivalen a una probabilidad del 33 %, y unos *odds* de 1:3 (0,33) a una probabilidad del 25 %.

La formulación tradicional del teorema de Bayes está expresada en términos de probabilidades, y su versión en *odds* se obtiene mediante una sencilla deducción algebraica que no entraremos a detallar aquí. Basta recordar que los *odds* representan la razón entre la probabilidad de que algo ocurra y la de que no ocurra, esto es:

$$odds = \frac{P}{1-P} \quad (5)$$

Si se sustituyen las probabilidades de la ecuación bayesiana por sus *odds* equivalentes y se realiza el correspondiente despeje algebraico, se obtiene una relación especialmente compacta y práctica. Los *odds* posteriores se obtienen multiplicando los *odds* previos por la razón de verosimilitud (*Likelihood Ratio, LR*), que compara la probabilidad del hallazgo en presencia y en ausencia de la causa. Esta forma operativa, ya presentada anteriormente (fórmula 3),

$$odds_{\text{posteriores}} = odds_{\text{previas}} \times LR$$

resulta mucho más intuitiva y manejable que la fórmula clásica del teorema, especialmente cuando, en la práctica clínica, se requiere actualizar

**Cuadro 1.** Equivalencia entre probabilidad y *odds*.

Probabilidad (%)	Probabilidad (P)	Odds (P / (1-P))
25 %	0.25	0.33
33 %	0.33	0.5
50 %	0.50	1
67 %	0.67	2
75 %	0.75	3
90 %	0.90	9

e. Una forma alternativa de referirse a los *odds* es “razón de ventajas” o “cociente de probabilidades”, aunque su uso es muy poco habitual fuera de textos pedagógicos. En la literatura médica se mantiene *odds*.

de manera rápida la probabilidad de una hipótesis diagnóstica a partir de una nueva evidencia. En resumen, el enfoque basado en *odds* convierte la actualización bayesiana en una simple multiplicación.

Podemos expresar los resultados directamente en *odds*, pero si deseamos presentarlos como probabilidades, es necesario convertir los *odds* finales en una probabilidad final, de acuerdo con la fórmula<sup>f</sup>:

$$P = \frac{\text{odds}}{1 + \text{odds}} \quad (6)$$

### Interpretación clínica de un nuevo parámetro: la razón de verosimilitud

La razón de verosimilitud (*Likelihood Ratio*, LR) indica cuánto más probable es obtener un determinado resultado diagnóstico en un paciente con la enfermedad que en uno sin ella. En términos probabilísticos, expresa la relación entre  $P(E|C)$ —la probabilidad de observar el efecto dado que la causa está presente— y  $P(E|\text{no } C)$ , su equivalente en ausencia de la causa.

$$LR = \frac{P(E|C)}{P(E|\text{no } C)}$$

Como hemos convertido esta probabilidad en una razón de probabilidades, (es decir, en unos *odds*), esta cantidad puede multiplicarse directamente por los *odds* previos, obteniendo así los *odds* posteriores sin necesidad de más operaciones.

Existen dos formas fundamentales de LR:

1. LR positiva ( $LR^+$ ): mide cuánto aumenta la probabilidad de enfermedad tras un resultado positivo.

$$LR^+ = \frac{P(\text{resultado positivo en paciente enfermo})}{P(\text{resultado positivo en paciente sano})}$$

Esto equivale a:<sup>g</sup>

$$LR^+ = \frac{\text{sensibilidad}}{1 - \text{especificidad}}$$

2. LR negativa ( $LR^-$ ): mide cuánto disminuye la probabilidad de enfermedad tras un resultado negativo.

$$LR^- = \frac{P(\text{resultado negativo en paciente enfermo})}{P(\text{resultado negativo en paciente sano})}$$

Esto equivale a:

$$LR^- = \frac{1 - \text{sensibilidad}}{\text{especificidad}}$$

Ambos parámetros son medidas puras del rendimiento intrínseco de una prueba, y es importante destacar que no se ven modificados por la prevalencia de la enfermedad. Su valor informa de la magnitud del cambio en los *odds* (que, si se desea, pueden convertirse a probabilidad con la fórmula adecuada) tras conocer el resultado.

Como hemos señalado antes, al tratarse de *odds* —una  $LR^+$  de 2 equivale a “2 contra 1”, y una  $LR^-$  de 0,5 a “1 contra 2”—, pueden multiplicarse directamente por otros *odds*, como los *odds* previos, obteniendo así un refuerzo o una atenuación de la sospecha diagnóstica. Esta operación tan sencilla de multiplicar *odds* no puede realizarse con la misma simplicidad cuando se trabaja con probabilidades.

Además, existe un beneficio adicional: es posible encadenar varias multiplicaciones sucesivas de *odds* y LR en una sola operación, con una aritmética mucho más simple que la que requiere la formulación clásica del teorema en términos de  $P^h$ .

Como ejemplo numérico introductorio, imaginemos un test diagnóstico con sensibilidad 0,90 y especificidad 0,80. Entonces:

$$LR^+ = \frac{0,90}{1 - 0,80} = \frac{0,90}{0,20} = 4,5$$

- h. Un ejemplo ilustrativo de la aplicación del razonamiento bayesiano con razones de verosimilitud se encuentra en el análisis estadístico que condujo a identificar los restos del rey Ricardo III tras su hallazgo en un aparcamiento de Leicester el 25 de agosto de 2012, descrito por David Spiegelhalter en su obra *El arte de la estadística* (capítulo 11, apartado “Razones de verosimilitud y ciencia forense”). A partir de diversas pruebas independientes se estimaron las siguientes razones de verosimilitud (LR): datación por radiocarbono, 1,8; edad y sexo, 5,3; presencia de escoliosis, 212; herida post-mortem compatible, 42; coincidencia del ADN, 478; y cromosoma Y no coincidente, 0,16. Combinadas multiplicativamente, proporcionaban una evidencia acumulada, (en *odds*), de aproximadamente 6,7 millones, equivalente a una P de 99,9999 %, a favor de que los restos correspondían al monarca, conclusión que llevó a su reinhumación solemne con todos los honores<sup>7</sup>.

f. Esta fórmula se puede deducir a partir de la fórmula 5 mediante una sencilla manipulación algebraica.

g. A diferencia de lo que podría pensarse, la razón de verosimilitud no mide una exactitud global, ya que ésta depende de la prevalencia. La LR positiva es una característica intrínseca de la prueba diagnóstica.

**Cuadro 2.** Interpretación clínica de la razón de verosimilitud (LR) y su impacto sobre la probabilidad.

Valor de LR	Interpretación clínica	Impacto sobre la probabilidad
LR <sup>+</sup> > 10	Prueba muy útil para confirmar la enfermedad	Gran aumento de la probabilidad
LR <sup>+</sup> 5–10	Prueba reforzadora moderadamente útil	Aumento apreciable
LR <sup>+</sup> 2–5	Prueba con valor limitado	Aumento pequeño
LR <sup>+</sup> ≈ 1	Prueba no informativa	Sin cambio significativo
LR <sup>-</sup> ≈ 1	Prueba no informativa	Sin cambio significativo
LR <sup>-</sup> 0.2–0.5	Valor limitado	Disminución pequeña
LR <sup>-</sup> 0.1–0.2	Prueba debilitadora moderadamente útil	Disminución apreciable
LR <sup>-</sup> < 0,1	Prueba muy útil para descartar enfermedad	Gran disminución

Un resultado positivo es, por tanto, 4,5 veces más probable en pacientes con la enfermedad que en aquellos sin ella. Esto se puede multiplicar por los *odds* previos, lo que incrementa en esa misma proporción la probabilidad de enfermedad.

### Proceder general

En la práctica, las LR<sup>+</sup> y LR<sup>-</sup> actúan como multiplicadores de credibilidad: una LR<sup>+</sup> elevada refuerza la hipótesis diagnóstica, mientras que una LR<sup>-</sup> baja la debilita o descarta. Por ejemplo, una prueba con LR<sup>+</sup> = 10 multiplica por diez los *odds* previos de enfermedad. Si la sospecha inicial era del 30 % (*odds* = 0,43), un resultado positivo la elevaría al 81 %. Por el contrario, una LR<sup>-</sup> = 0,1 reduciría esos mismos *odds* a 0,043, lo que equivale a una probabilidad posterior del 4 %.

La operativa general, cuando los datos se expresan inicialmente como probabilidades, puede resumirse en tres pasos:

1. Convertir la probabilidad previa, —o *prior* — a *odds*)

$$odds = \frac{P}{1-P}$$

2. Multiplicar los *odds* previos por la LR, que es, como sabemos, una razón de probabilidades:

$$odds_{\text{posteriores}} = odds_{\text{previas}} \times LR$$

3. Si se desea expresar el resultado en forma de probabilidad, convertir los *odds* posteriores con la fórmula:

$$P = \frac{odds}{1+odds}$$

El enfoque basado en *odds* convierte la actualización bayesiana en una multiplicación simple, lo que no solo aporta precisión numérica, sino que refuerza el razonamiento clínico probabilístico. Permite al

médico ponderar la información y modular su grado de certeza según la evidencia, sin depender exclusivamente de valores arbitrarios de significación estadística.

En la siguiente sección aplicaremos este proceder a situaciones clínicas concretas, ilustrando paso a paso cómo las *razones de verosimilitud*, y las probabilidades previas formuladas como *odds* se combinan para ofrecer una estimación diagnóstica más racional, transparente y útil en la práctica asistencial.

## Aplicación práctica del teorema de Bayes en la toma de decisiones clínicas

A continuación se presentan varias viñetas clínicas ilustrativas de la aplicación práctica del teorema de Bayes en distintos contextos diagnósticos.: sospecha de infección periprotésica, sospecha de fractura oculta de escafoides y sospecha de trombosis venosa profunda (TVP)<sup>i</sup>. Nuestro objetivo es mostrar, paso a paso, cómo la probabilidad inicial de enfermedad (*prior*) se actualiza al incorporar los resultados de las pruebas diagnósticas, utilizando las razones de verosimilitud positiva (LR<sup>+</sup>) y negativa (LR<sup>-</sup>), cuantificando el impacto real de cada prueba sobre nuestras sospechas clínicas y fundamentando mejor las decisiones que tomemos.

### Aplicación clínica n. 1: Sospecha de infección periprotésica (PJI) tras artroplastia

Varón con dolor persistente tras artroplastia de rodilla de más de seis semanas de evolución, ligera tumefacción y sin fístula. No hay inestabilidad clara. Se solicitan reactantes séricos (PCR, VSG, fibrinógeno, dímero D) y artrocentesis para recuento celular sinovial con diferencial.

i. TVP: trombosis venosa profunda.



- Fijamos la probabilidad previa, o *prior* (estimación clínica subjetiva del examinador) en un 30 %.
- Tests diagnósticos y sus umbrales (definibles por guía o centro): PCR sérica (umbral p. ej. >10 mg/L), VSG (p. ej. >30 mm/h), fibrinógeno sérico (p. ej. >4,0 g/L), Dímero D sérico (p. ej. >850 ng/mL FEU). Líquido sinovial: Recuento leucocitario (p. ej. >3.000–6.000/μL en PJI crónica) %PMN (p. ej. >70–80 %)
- Adoptamos los siguientes umbrales de decisión de ejemplo:
  1. Umbral de “no tratar / observar”: <10–15 %;
  2. Zona gris / solicitar pruebas adicionales: 15–60 % ;
  3. Umbral de intervención (DQI / DAIR / revisión + ATB): ≥60–70 %.

### Paso 1 —Cálculo bayesiano de la información (solo probabilidad previa + PCR)

#### Plantilla del procedimiento general en situaciones clínicas

1. Fijar  $P_{pre}$ .
2. Convertir  $P$  en *odds*:

$$odds_{pre} = \frac{p}{1-p}$$

3. Para cada prueba i:

- Usar:

$$LR_i^+ = \frac{Sens_i}{1-Espec_i} \quad \text{o bien} \quad LR_i^- = \frac{1-Sens_i}{Espec_i}$$

- Actualizar:

$$odds_i = odds_{i-1} \times LR_i$$

Nota: en la primera iteración,  $odds_{i-1}$  corresponde a  $odds_{pre}$ .

4. Convertir al final a probabilidad:

$$P_{post} = \frac{odds_{post}}{1+odds_{post}}$$

5. Comparar con el umbral de decisión.

Para el ejemplo: PCR >10 mg/L, con sensibilidad = 0,94 y especificidad = 0,74 (ICM 2018, revisada 2023) en infecciones crónicas<sup>1</sup>.

1. Probabilidad previa, que convertimos a *odds*:

$$P_{pre} = 30\% \Rightarrow odds_{pre} = \frac{0,30}{0,70} = 0,4286$$

2. Calculamos las  $LR^+$  y  $LR^-$  para una PCR >10 mg/L: (recordar sus definiciones en relación con la sensibilidad y especificidad)

$$LR^+ = \frac{0,94}{1-0,74} = 3,615 \quad LR^- = \frac{1-0,94}{0,74} = 0,0811$$

Si la PCR es positiva

$$odds_{post} = 0,4286 \times 3,615 = 1,549 \Rightarrow P_{post} = \frac{1,549}{1+1,549} \approx 60,8\%$$

Interpretación: la probabilidad pasa del 30 % al 61 %. Se acerca al umbral de intervención (60–70 %), pero aún requiere confirmación con pruebas adicionales (p. ej., artrocentesis).

Si la PCR es negativa

$$odds_{post} = 0,4286 \times 0,0811 = 0,03475 \Rightarrow P_{post} = \frac{0,03475}{1+0,03475} \approx 3,36\%$$

Interpretación: la probabilidad cae al 3,4 %, muy por debajo del umbral de “no tratar/observar” (10–15 %). Si la clínica no es muy sugerente, la prueba reduce significativamente la sospecha de infección periprotésica.

Este ejemplo muestra cómo una PCR positiva puede llevar la probabilidad del 30 % al 61 %, situando al clínico cerca del umbral de acción, mientras que una PCR negativa la reduce a niveles de exclusión. Los *odds* finales se convierten en los *odds* previos para la siguiente operación: basta con multiplicarlos por la *LR* de la siguiente prueba. Esta actualización puede realizarse de forma iterativa (una prueba tras otra) o bien, como veremos más adelante, combinando todas las *LR* en una única operación multiplicativa.

- j. Según el International Consensus Meeting (ICM) 2018, para infección periprotésica crónica se considera PCR positiva cuando es >10 mg/L y VSG positiva cuando es >30 mm/h. Para infecciones agudas (<6 semanas), los umbrales son mayores (PCR >100 mg/L, VSG >60 mm/h)<sup>8,9</sup>.

**Cuadro 3.** Rendimiento diagnóstico de las principales pruebas en PJI crónica (ICM 2018, revisiones 2.023)<sup>8,9</sup>.

Prueba (umbral típico)	Sens.	Espec.	LR+	LR-	Fuente
PCR sérica (> 10mg/L)	0,94	0,74	3,62	0,081	Revisión 2023 ( <i>Arthroplasty</i> ). ICM/AAOS recomiendan ESR+CRP como cribado.
VSG (ESR sérica) (≥ 30mm/h)	0,82	0,60	2,05	0,30	ICM 2018; revisión 2023. Útil combinada con PCR.
Fibrinógeno sérico (≈ 3,6g/L)	0,79	0,95	14,65	0,219	Revisión 2023 ( <i>Arthroplasty</i> ). Comparable a PCR.
Dímero D sérico (≈ 850ng/mL)	0,82	0,73	3,04	0,247	Revisión 2023 ( <i>Arthroplasty</i> ). Meta-análisis reciente.
Líquido sinovial: WBC (≥ 3000/L)	0,89	0,99	59,13	0,115	Umbral ICM 2018. Alto poder “rule-in”.
Líquido sinovial: %PMN (≥ 75%)	0,77	0,98	35,00	0,235	ICM 2018 usa ≥ 80%. Meta-análisis 2025 sugiere 75%.

## Paso 2 – Tras una PCR positiva, actualización con la VSG

Reproducimos, como referencia, una tabla con el rendimiento diagnóstico de las principales pruebas para infección periprotésica crónica según el ICM 2018 y sus revisiones de 2.023<sup>8,9</sup>.

- Tomamos como probabilidad previa, o *prior*, el resultado del paso 1, y lo convertimos a *odds*:

$$P_{\text{pre}} = 0,608 \Rightarrow \text{odds}_{\text{pre}} = \frac{0,608}{1 - 0,608} = 1,55$$

- Datos de la VSG (tomados de la tabla 3):

Sens: 0,82; Espec: 0,60;  $LR^+ = 2,05$ ;  $LR^- = 0,30$

- Cálculo de las probabilidades finales:

- Si la VSG es positiva:

$$\text{odds}_{\text{post}} = 1,55 \times 2,05 = 3,18 \Rightarrow P_{\text{post}} = \frac{3,18}{1 + 3,18} = 0,76$$

- Si la VSG es negativa:

$$\text{odds}_{\text{post}} = 1,55 \times 0,30 = 0,46 \Rightarrow P_{\text{post}} = \frac{0,46}{1 + 0,46} = 0,31$$

Interpretación:

- La combinación PCR + VSG positivas eleva la probabilidad a ≈ 76 %, superando el umbral de intervención (60–70 %). Se justifica, entonces, una actuación diagnóstica o terapéutica (p. ej. artrocentesis confirmatoria o planificación de revisión / DAIR).

- Por el contrario, una VSG negativa reduce la probabilidad a ≈ 31 %, situando el caso en zona de incertidumbre. Conviene completar el estudio con fibrinógeno, dímero D o análisis sinovial.

## Paso 3 – Integración secuencial de pruebas mediante producto de LRs

El principal beneficio de expresar la información diagnóstica en *odds* es que los resultados de distintas pruebas pueden integrarse de forma encadenada. En lugar de recalcular probabilidades tras cada test, basta con ir multiplicando las *likelihood ratios* (LR) sobre las *odds* iniciales, obteniendo así un único producto acumulativo<sup>k</sup>.

Partimos otra vez de una probabilidad previa, o *prior* del 30 %, y la pasamos a *odds*:

$$P_{\text{pre}} = 0,30 \Rightarrow \text{odds}_{\text{pre}} = \frac{0,30}{1 - 0,30} = 0,4286$$

Aplicamos tres pruebas consecutivas, todas con resultado positivo: PCR positiva ( $LR^+ = 3,62$ ), VSG positiva ( $LR^+ = 2,05$ ) y recuento sinovial elevado ( $LR^+ = 59,1$ )

Siempre bajo el supuesto de independencia entre pruebas, algo que, como sabemos, puede cumplirse

k. Este procedimiento es análogo al razonamiento estadístico comentado más arriba que condujo a la identificación del cadáver de Ricardo III en Leicester (2012), descrito por Spiegelhalter.

solo parcialmente en reactantes relacionados,<sup>1</sup> podemos obtener los *odds* finales multiplicando todas las LR:

$$odds_{post} = odds_{pre} \times LR_{PCR}^{+} \times LR_{VSG}^{+} \times LR_{WBC}^{+}$$

$$odds_{post} = 0,4286 \times 3,62 \times 2,05 \times 59,1 = 188,4$$

Finalmente, convertimos nuevamente a probabilidad:

$$P_{post} = \frac{188,4}{1+188,4} = 99,5\%$$

Podemos interpretar que una probabilidad post-test del 99,5 % cruza ampliamente cualquier umbral de intervención (60–70 %), por lo que el diagnóstico de infección periprotésica puede considerarse confirmado con muy alta certeza.

En el caso de que, alguna de las pruebas resulte negativa. El método es exactamente el mismo: se multiplica la *odds* previa por la LR correspondiente, solo que esta vez hay que escoger la LR negativa, ( $LR^{-} < 1$ ), reduciendo así la probabilidad final. Supongamos la misma situación inicial:

$$P_{pre} = 0,30 \quad \Rightarrow \quad odds_{pre} = 0,4286$$

y que obtenemos los siguientes resultados: PCR positiva ( $LR^{+} = 3,62$ ), VSG positiva ( $LR^{+} = 2,05$ ) y dímero D negativo ( $LR^{-} = 0,25$ )

Procedemos igual, multiplicando todas las LR:

$$odds_{post} = 0,4286 \times 3,62 \times 2,05 \times 0,25 = 0,795$$

$$P_{post} = \frac{0,795}{1+0,795} = 44,3\%$$

El resultado negativo del dímero D ha reducido la probabilidad final al  $\approx 44,3$  %, devolviendo el caso a

una zona gris donde conviene continuar el estudio con marcadores sinoviales (WBC, %PMN) para alcanzar una conclusión definitiva.

Resumiendo: Cada LR, sea positiva o negativa, modifica los *odds* previos de forma proporcional a la fuerza de la evidencia. El producto acumulativo de las LR actúa como un *balance de evidencias*, permitiendo representar en una sola ecuación la contribución diagnóstica conjunta de todas las pruebas disponibles.

## Aplicación clínica n. 2 : Sospecha de fractura oculta de escafoides

Paciente joven que sufre caída con la mano en extensión, dolor selectivo en la tabaquera anatómica y radiografías iniciales normales. La probabilidad clínica previa de fractura de escafoides, según la exploración y las guías, puede estimarse en aproximadamente  $P_{pre} = 0,20$  (20 %).

$$odds_{pre} = \frac{0,20}{1-0,20} = 0,25$$

Se solicita resonancia magnética (RM) precoz, considerada la técnica más sensible para la detección de fracturas ocultas.

Valores de rendimiento diagnóstico (según metaanálisis):

Sens = 0,98, Espec = 0,90

$$LR^{+} = \frac{0,98}{1-0,90} = 9,8 \quad LR^{-} = \frac{1-0,98}{0,90} = 0,022$$

▪ En caso de RM negativa

$$odds_{post} = 0,25 \times 0,022 = 0,0055$$

$$P_{post} = \frac{0,0055}{1+0,0055} = 0,55\%$$

Interpretación: una RM negativa reduce la probabilidad de fractura a menos del 1 %, valor muy inferior a cualquier umbral de intervención. Puede descartarse la fractura con seguridad, evitando inmovilizaciones o controles radiográficos innecesarios.

▪ En caso de RM positiva

$$odds_{post} = 0,25 \times 9,8 = 2,45$$

$$P_{post} = \frac{2,45}{1+2,45} = 71,0\%$$

Interpretación: una RM positiva eleva la probabilidad al 71 %, superando el umbral diagnóstico

I. La asunción de independencia entre pruebas es clave al multiplicar sus razones de verosimilitud. Cuando las pruebas exploran procesos fisiopatológicos distintos (por ejemplo, un reactante sérico y un marcador sinovial), esta aproximación es válida. Si, por el contrario, comparten un mismo eje biológico —como ocurre entre fibrinógeno y dímero D—, la independencia no se cumple estrictamente y el producto de LR's puede sobreestimar la probabilidad post-test.

En el caso de la PCR y la VSG, ambas reflejan inflamación sistémica, pero con cinéticas y mecanismos parcialmente distintos, por lo que no son colineales al 100 %: comparten información, pero no toda. Su producto directo puede inducir un ligero optimismo, aunque no un error grave; por ello, en la práctica clínica y en la literatura su uso combinado se considera razonable y aporta mayor solidez diagnóstica.

e indicando necesidad de inmovilización o tratamiento específico.

Como conclusión del ejemplo, la resonancia magnética, gracias a su elevada sensibilidad, ofrece una  $LR^-$  muy baja, lo que la convierte en una prueba excelente para excluir fracturas ocultas. El enfoque bayesiano cuantifica esta certeza y demuestra que, ante una RM negativa, la fractura es extremadamente improbable.

### Aplicación clínica n. 3 : Sospecha de tromboembolismo venoso (TEV) postoperatorio

Paciente postquirúrgico ortopédico con dolor y discreta tumefacción en pierna. La valoración clínica (p. ej., Wells modificado) sitúa la probabilidad *pre-test* en  $P_{pre} = 0,10$  (10 %):

$$odds_{pre} = \frac{0,10}{1-0,10} = 0,111$$

#### 1. Prueba 1: Dímero D (cribado)

Rendimiento típico en TEV: Sens. = 0,95, Espec. = 0,50.

$$LR^+ = \frac{0,95}{1-0,50} = 1,9, \quad LR^- = \frac{1-0,95}{0,50} = 0,10$$

#### ▪ Dímero D negativo (exclusión)

$$odds_{post} = 0,111 \times 0,10 = 0,0111 \Rightarrow P_{post} = \frac{0,0111}{1+0,0111} = 1,1\%$$

Interpretación: cae a  $\approx 1,1\%$ , muy por debajo de cualquier umbral de acción. TEV razonablemente excluido si la clínica lo permite.

#### ▪ Dímero D positivo (requiere confirmación)

$$odds_{post} = 0,111 \times 1,9 = 0,211 \Rightarrow P_{post} = \frac{0,211}{1+0,211} = 17,4\%$$

Interpretación: probabilidad intermedia; se indica prueba confirmatoria por imagen.

#### 2. Prueba 2: Ecografía venosa compresiva (confirmación DVT)

Rendimiento típico: Sens. = 0,95, Espec. = 0,96.

$$LR^+ = \frac{0,95}{1-0,96} = 23,75, \quad LR^- = \frac{1-0,95}{0,96} = 0,052$$

#### ▪ Secuencia (Dímero $D^+$ $\rightarrow$ Eco $^+$ ) positiva

$$odds_{final} = 0,211 \times 23,75 = 5,01 \Rightarrow P_{final} = \frac{5,01}{1+5,01} = 83,4\%$$

Interpretación: supera con holgura el umbral de intervención (60–70 %). TEV confirmado  $\Rightarrow$  tratar.

#### ▪ Secuencia (Dímero $D^+$ $\rightarrow$ Eco $^-$ ) negativa

$$odds_{final} = 0,211 \times 0,052 = 0,0110 \Rightarrow P_{final} = \frac{0,0110}{1+0,0110} = 1,1\%$$

Interpretación: probabilidad final muy baja  $\rightarrow$  TEV descartado.

Conclusión del ejemplo: El dímero D, por su alta sensibilidad ( $LR^-$  baja), es excelente para exclusión cuando es negativo. Si es positivo, requiere encadenar con imagen (ecografía o angio-TC, según contexto) para confirmación. El enfoque en *odds* permite integrar ambas etapas mediante un producto de LRs sencillo y reproducible.

## Análisis bayesiano de un estudio frecuentista

Un ejemplo ilustrativo de la transición entre paradigmas, sin renunciar a ninguno de ellos, lo ofrece la evaluación bajo óptica bayesiana efectuada por O'Hara y cols.<sup>10</sup> del ensayo VANCO (METRC)<sup>11</sup>, comparando ambos enfoques a partir de los mismos datos clínicos:

### Ejemplo comparativo: del análisis frecuentista al bayesiano (Ensayo VANCO, METRC)

**Contexto clínico:** Ensayo aleatorizado (VANCO, METRC)<sup>11</sup> sobre el efecto de la vancomicina tópica en fracturas abiertas de tibia de alto riesgo. Objetivo: reducir la incidencia de infección profunda postoperatoria.

**Datos observados:** 9,8 % de infección en el grupo control frente a 6,4 % en el grupo tratado.

#### Análisis frecuentista original:

- Reducción absoluta del riesgo: 3,4 % (IC 95 %: -6,9 % a 0,1 %).
- Riesgo relativo (RR): 0,65 (IC 95 %: 0,41–1,02).

- Valor  $p = 0,06 \rightarrow$  “tendencia a la significación” sin poder confirmar efecto beneficioso.

#### **Análisis bayesiano (*prior* neutral, RR = 1,0):**

- RR posterior: 0,66 (IC creíble 95 %: 0,46–0,98).
- Reducción del riesgo: 34 %.
- Probabilidad de reducción del riesgo superior a:
  - 1 %  $\rightarrow$  98 %
  - 20 %  $\rightarrow$  84 %
  - 35 %  $\rightarrow$  48 %
  - 50 %  $\rightarrow$  8 %

**Interpretación:** El análisis bayesiano evita la rigidez del umbral  $P < 0,05$  y ofrece un abanico de probabilidades que reflejan la plausibilidad del beneficio clínico. El resultado deja de ser “significativo o no significativo” para expresarse como *grado de certeza cuantificado*.

**Sensibilidad al conocimiento previo:** Se comparó un *prior* neutral con un *prior* moderadamente optimista (RR  $\approx 0,3$  0,54), derivado de estudios previos en columna y artroplastia, mostrando cómo la evidencia previa modula las conclusiones posteriores.

**Conclusión didáctica:** El razonamiento bayesiano permite integrar la evidencia previa, expresar grados de beneficio y comunicar la magnitud del efecto de forma más alineada con el razonamiento clínico<sup>10</sup>.

## **Limitaciones y críticas al análisis bayesiano**

No obstante, la metodología bayesiana no está exenta de limitaciones, que conviene considerar para su adecuada aplicación clínica.

- La primera de ellas es la necesidad de analizar la información previa. La elección de un *prior* puede introducir cierto grado de subjetividad o sesgo si refleja una expectativa demasiado optimista o próxima a la hipótesis del investigador. Reducir este riesgo, modificando el *prior* en estudios individuales es sencillo, pero en estudios de poblaciones es recomendable realizar análisis de sensibilidad estadística<sup>12</sup> con *priors* de distinta naturaleza —optimista, neutral y pesimista—, de forma que se valore la robustez de los resultados frente a diferentes supuestos. Este enfoque, análogo al *fragility index* del análisis frecuentista, permite comprobar si las conclusiones se mantienen estables cuando se modifica la información previa. En general, los estudios con muestras amplias y efectos marcados minimizan el peso del *prior*, mostrando resultados consistentes en todo el rango de supuestos.
- Por otro lado, se ha señalado que la interpretación de los resultados bayesianos puede

percibirse como menos categórica que la del enfoque frecuentista, al no basarse en un umbral fijo como  $P < 0,05$ , sino en grados de evidencia expresados como probabilidades. Aunque la aproximación bayesiana es conceptualmente más coherente con la incertidumbre clínica, su adopción plena por parte de las agencias reguladoras y revistas científicas aún es desigual. Por ello, algunos autores abogan por modelos híbridos que combinen métodos frecuentistas y bayesianos para ofrecer interpretaciones más ricas, matizadas y útiles para la toma de decisiones, como el estudio de Zhang y cols.<sup>14</sup>, que combina un análisis multi-variante frecuentista con una red bayesiana de creencias para predecir la mortalidad tras una fractura peritrocantérea. Aunque logra buena capacidad predictiva (AUC = 0,85), la red fue generada automáticamente por un algoritmo de aprendizaje automático que infiere las relaciones y probabilidades condicionales a partir de los datos, sin incorporar *priors* clínicos explícitos. Ello refuerza su carácter híbrido más que estrictamente bayesiano.

## **Consideraciones finales**

La adopción del razonamiento bayesiano en la medicina representa un cambio sustancial respecto a la tradición frecuentista que ha dominado la estadística



biomédica durante más de un siglo. El enfoque frecuentista hunde sus raíces en el positivismo científico de los siglos XIX y XX, que aspiraba a una ciencia objetiva, neutra y verificable, desligada de la utilidad práctica. Esta visión fue extraordinariamente útil para el progreso experimental. El conocimiento válido debía derivarse de observaciones repetibles y decisiones categóricas, como si la verdad científica pudiera alcanzarse al margen de la acción. Se basa en decisiones dicotómicas —aceptar o rechazar la hipótesis nula según un umbral arbitrario ( $P < 0,05$ )—. En este contexto, diversos autores han advertido sobre la crisis del valor  $p$  en las ciencias biomédicas y la necesidad de métricas más informativas y continuas para la toma de decisiones clínicas<sup>15</sup>. La mera dicotomía entre “significativo” y “no significativo” no solo simplifica en exceso la realidad, sino que puede conducir a conclusiones engañosas y a un uso subóptimo de la evidencia. Por otro lado muestra limitaciones en el ámbito clínico, donde la variabilidad biológica y la complejidad individual exigen interpretaciones más flexibles.

El enfoque bayesiano, en cambio, aproxima la estadística al modo en que realmente piensan y deciden los profesionales. Mientras el valor  $P$  pertenece a una tradición centrada en la verificación experimental, el razonamiento bayesiano se alinea con una medicina práctica y orientada a la acción. No se pretende sustituir una escuela por otra, ni reemplazar el análisis frecuentista, sino complementarlo, y reconocer que, en la clínica, la información cobra sentido cuando se integra con la experiencia y el juicio. Esta forma de trabajar ofrece probabilidades razonadas que guían la acción en escenarios de incertidumbre y permiten actualizar el conocimiento conforme se incorporan nuevas evidencias. En palabras de Polmear y cols.<sup>15</sup>, este cambio no sólo implica una mejora técnica, sino una transformación cultural: pasar de una medicina guiada por umbrales a una guiada por probabilidades. El clínico puede estimar, por ejemplo, que “tras una PCR positiva, la probabilidad de infección es del 61, %”, una información más útil para decidir y comunicar riesgos que un simple dictamen de significación estadística.

Otra aportación clave es su capacidad para integrar múltiples fuentes de evidencia mediante un proceso acumulativo. Cada prueba actúa como un factor de actualización —una razón de verosimilitud— que amplifica o atenúa las *odds* previas, permitiendo un encadenamiento lógico y reproducible del juicio diagnóstico. Este modo de razonar refleja fielmente el pensamiento clínico: un proceso progresivo, adaptable y consciente del grado de incertidumbre en cada paso.

El enfoque bayesiano probablemente ejerce también un efecto positivo, dignificador y alentador en la propia experiencia del profesional, al incorporar su impresión clínica y sus conocimientos previos al razonamiento estadístico y la evidencia existente. Esta integración refuerza su motivación intelectual, haciéndole participar activamente en la construcción de sus estimaciones en lugar de limitarse a superar un umbral de significación ( $P < 0,05$ ), que a menudo puede ser percibido como arbitrario o inalcanzable. De este modo, el razonamiento se convierte en un proceso más participativo, reflexivo y formativo, coherente con la naturaleza dinámica del conocimiento médico. Incorporar el pensamiento bayesiano supone acercar la ciencia a la práctica y la práctica a la ciencia: un lenguaje común entre la evidencia, la experiencia y la acción médica.

## Mensaje para casa

- Los *odds* actúan como una *moneda común de información*, permitiendo combinar de forma coherente los resultados de diferentes pruebas diagnósticas con el *prior*, (probabilidad o estimación previa).
- Cada *razón de verosimilitud* ( $LR$ ) multiplica los *odds* si es positiva ( $LR^+ > 1$ ), o las divide si es negativa ( $LR^- < 1$ ), actualizando así la probabilidad de enfermedad paso a paso.
- Se pueden integrar los resultados de todas las pruebas, con el *prior* en una única operación de multiplicación, obteniendo una probabilidad final global.
- La *probabilidad final* resultante se compara con el *umbral clínico de decisión* (habitualmente entre 60–70 %), orientando de forma objetiva la conducta diagnóstica o terapéutica.

## Referencias

1. Molina Arias M. Razones para dejar de leer un artículo. Rev Pediatr Aten Primaria, 16:87–91, 2014.
2. Molina Arias M. Las trampas de la estadística. Rev Pediatr Aten Primaria, 16:181–6, 2.014.
3. Sharon Bertsch McGrayne. The Theory That Would Not Die: How Bayes' Rule Cracked the Enigma Code, Hunted Down Russian Submarines, and Emerged Triumphant from Two Centuries of Controversy. Yale University Press, 2020. Kindle Edition.
4. Thomas Bayes. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 53:370–418, 1763. Publicado póstumamente por R. Price.
5. Pierre-Simon Laplace. Mémoire sur la probabilité des causes par les événements. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris, Savants étrangers, 4:621–656, 1774. Laplace presenta la versión completa y normalizada del teorema de Bayes.

6. T. J. Fagan. Nomogram for Bayes theorem. The New England Journal of Medicine, 293(5):257, 1975.
7. David Spiegelhalter. El arte de la estadística: Cómo aprender de los datos. Debate, Barcelona, 2020. Traducción de The Art of Statistics: Learning from Data (2019).
8. Javad Parvizi, Timothy L. Tan, Karan Goswami, Carlos Higuera, Craig Della Valle, Antonia F. Chen, and Neta Shohat. The 2018 definition of periprosthetic hip and knee infection: An evidence-based and validated criteria. Journal of Arthroplasty, 33(5):1309–1314.e2, 2018. International Consensus Meeting on Musculoskeletal Infection (ICM 2018).
9. Javad Parvizi, Neta Shohat, Thorsten Gehrke, Antonia F. Chen, Timothy L. Tan, Carlos Higuera, and Craig J. Della Valle. Periprosthetic joint infection: Current concepts and evolving criteria (icm 2023 review). Journal of Arthroplasty, 38(S3):S28–S39, 2023. ICM 2023 Review – updates on diagnostic thresholds and biomarkers.
10. Nathan N. O'Hara, Robert C. Castillo, Anthony R. Carlini, Manish Joshi, Clinton K. Murray, Lisa E. Allen, Yuying Huang, Jason L. Gary, Michael J. Bosse, William T. Obrebskey, Todd O. McKinley, Andrew H. Schmidt, Robert V. O'Toole, and METRC. Application of bayesian methods to help interpret the vanco trial results. Journal of Orthopaedic Trauma, 37(1):1–7, Jan 2023.
11. Robert V. O'Toole and METRC. Effect of intrawound vancomycin powder in operatively treated high-risk tibia fractures: A randomized clinical trial. JAMA Surgery, 156(5):e207259, May 2021.
12. Lehana Thabane, Jinhui Ma, Rong Chu, Areti Cheng, Jim Ismaila, Lesley R. Rios, Charles P. Robson, Gordon H. Thabane, Miloslav Giangregorio, Lawrence Mbuagbaw, and Holger J. Schünemann. A tutorial on sensitivity analyses in clinical trials: the what, why, when and how. BMC Medical Research Methodology, 13(1):92, 2013.
13. Rens van de Schoot, Sarah Depaoli, Andrew Gelman, Ruth King, Bianca Kramer, Kaspar Märtens, Mahlet G. Tadesse, Marina Vannucci, Joukje Willemsen, and Christopher Yau. Bayesian statistics and modelling. Nature Reviews Methods Primers, 1(1):1–26, 2021.
14. Yu Zhang, Li Wang, Xiaojun Li, Wei Zhou, Qiang Zhang, and Zhiqiang Guo. Prediction of mortality at one year after surgery for pertrochanteric fracture in the elderly via a bayesian belief network. Frontiers in Surgery, 10:1118930, 2023.
15. Michael Polmear, Terrie Vasilopoulos, Nathan O'Hara, and Thomas Krupko. Death of the p value? bayesian statistics for orthopaedic surgeons. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 33(6):285–300, March 2025. The Training Room.

## Empleo de programas de realidad virtual en la planificación quirúrgica de tumores complejos: neurofibroma plexiforme maligno supraclavicular

### Use of virtual reality software in the surgical planning of complex tumors: supraclavicular malignant plexiform neurofibroma

Marta Jiménez-Ferrer<sup>1\*</sup>, Raúl Gandía-Martínez<sup>1</sup>, Cristina Cerezuela-Jordán<sup>1</sup>, Fernando Guallart-Doménech<sup>2</sup>, Daniel Montaner-Alonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Universitario Dr. Peset, Valencia, España

<sup>2</sup>Servicio de Otorrinolaringología, Hospital Universitario Dr. Peset, Valencia, España

Recibido: 27/11/2025

Aceptado: 05/12/2025

Publicado: 31/12/2025

\*Correspondencia: Marta Jiménez-Ferrer. [martajferrer@gmail.com](mailto:martajferrer@gmail.com)

#### Resumen

Los neurofibromas plexiformes son tumores benignos del sistema nervioso periférico, asociados comúnmente a la neurofibromatosis tipo 1 (NF1). Su localización supraclavicular representa un desafío quirúrgico por la proximidad a estructuras neurovasculares críticas. Este artículo ejemplifica, mediante un caso clínico complejo con transformación maligna, el empleo de una herramienta de reconstrucción tridimensional (3D) virtual, que se generó a partir de imágenes de PET-TAC, para una planificación quirúrgica precisa y personalizada.

**Palabras clave:** Neurofibroma plexiforme. Tumor maligno de la vaina del nervio periférico (MPNST). Planificación quirúrgica. Reconstrucción 3D. Tumores supraclaviculares.

#### Abstract

Plexiform neurofibromas are benign tumors of the peripheral nervous system, commonly associated with neurofibromatosis type 1 (NF1). Their supraclavicular location represents a surgical challenge due to the proximity to critical neurovascular structures. This article illustrates, through a complex clinical case with malignant transformation, the use of a virtual three-dimensional (3D) reconstruction tool, generated from PET-CT imaging, for precise and personalized surgical planning.

**Keywords:** Plexiform neurofibroma. Malignant peripheral nerve sheath tumor (MPNST). Surgical planning. 3D reconstruction. Supraclavicular tumors.

## Introducción

La neurofibromatosis tipo 1 (NF1) es una enfermedad genética autosómica dominante causada por mutaciones en el gen NF1 ubicado en el cromosoma 17, que codifica la proteína neurofibromina, un supresor tumoral. La pérdida de función de la neurofibromina favorece el desarrollo de tumores benignos, especialmente neurofibromas. Los neurofibromas plexiformes, llamados así por su patrón de crecimiento que afecta a múltiples ramas de un nervio, extendiéndose de forma difusa por los tejidos adyacentes, presentan una morfología infiltrativa, que dificulta su resección completa. Su complicación más temida es la transformación a un tumor maligno de la vaina de nervio periférico (MPNST). La incidencia de transformación maligna se estima entre el 8-13% en pacientes con NF1, significativamente mayor que en la población general<sup>1,2</sup>.

En estos tumores, la planificación quirúrgica se vuelve un elemento clave para lograr la extirpación oncológica completa y la preservación funcional. El uso de tecnologías avanzadas como los modelos 3D virtuales constituye una herramienta innovadora que mejora la comprensión anatómica del caso y optimiza la toma de decisiones<sup>3,4,5</sup>.

## Presentación del caso

Presentamos el caso de un paciente de 33 años con diagnóstico previo de NF1, que presentó un aumento progresivo de volumen supraclavicular izquierdo durante 10 años, con exacerbación durante el último año, sin asociarse dolor o alteraciones neurológicas referentes al territorio del plexo braquial. Presentaba otros neurofibromas de gran tamaño y un angioma cavernoso en la región periescapular derecha. Los estudios de imagen realizados mediante ecografías y resonancia magnética, que indicaron la posibilidad de transformación maligna del neurofibroma situado en el plexo cervical izquierdo.

Se efectuó un estudio PET-TAC que evidenció una masa supraclavicular con hipercaptación focal (SUV elevado), siendo estos hallazgos compatibles con posible transformación maligna. La posterior biopsia ecodirigida estableció el diagnóstico de MPNST.

## Planificación quirúrgica asistida por modelado 3D

Se utilizaron los datos DICOM del PET-TAC para generar una reconstrucción tridimensional virtual del tumor y las estructuras adyacentes mediante el sistema Cella Medical Systems®. Este permitió visualizar en detalle la relación del tumor con estructuras

vasculares y nerviosas y la invasión a tejidos adyacentes, así como determinar el volumen tumoral y su zona de mayor actividad metabólica. Además, se utilizó para simular rutas de abordaje quirúrgico, delimitar los márgenes de seguridad e identificar estructuras críticas, para su preservación o resección planificada.

## Tratamiento

Previo a la cirugía, se realizó, por parte del Servicio de Radiología Intervencionista, la embolización de las arteriolas peritumorales procedentes de la arteria tirocervical izquierda, buscando prevenir posibles hemorragias extratumorales durante la resección, disminuyendo el riesgo de sangrado quirúrgico y el riesgo de contaminación tumoral de los tejidos adyacentes.

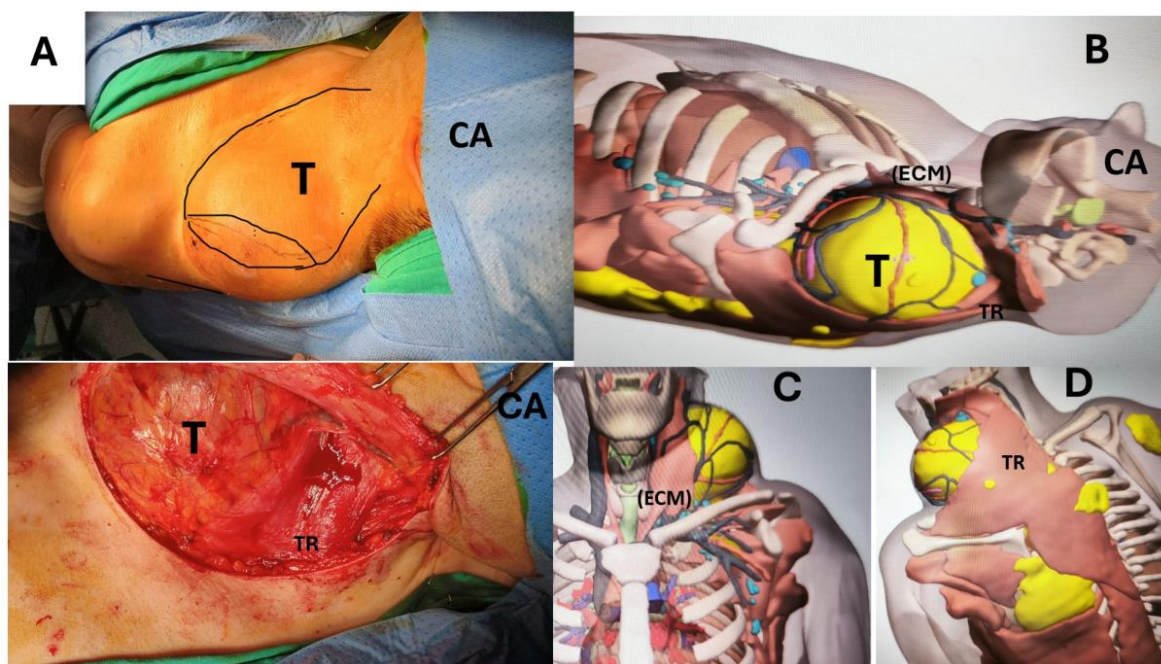
Posteriormente, se realizó la intervención, mediante un abordaje supraclavicular ampliado, realizando un colgajo de base en la cara lateral cervical. En este caso se modificó la incisión por la necesidad de realizar un huso de seguridad cutánea (**Figura 1**). Gracias a la planificación prequirúrgica, se ideó una disección entre el músculo esternocleidomastoideo (ECM) y el escaleno anterior (ESC A) y el trapecio (TR) y elevador de la escápula, estos últimos en la parte posterior, apreciando al retirarlos la relación del tumor con la yugular y el tronco carotideo.

Para poder realizar la resección completa del tumor, nos ayudamos del modelo 3D, donde puede realizarse la retirada del tumor y de la zona de captación, estableciendo así los márgenes de seguridad respecto a las estructuras neurovasculares adyacentes (**Figura 2**).

Durante la intervención, inicialmente se realizó una disección cuidadosa de los vasos venosos y arteriales, mediante la separación del ECM y el ESC A. Se seccionó el músculo omohioideo (OMH), accediendo al tronco tirocervical para ligar los vasos que rodean el tumor. Previamente, mediante la arteriografía realizada, se había descartado la existencia de una vascularización intratumoral. Posteriormente se expuso el tronco inferior del plexo braquial, y se resecó la masa tumoral del mismo plano capsular, sin necesidad de osteotomía de la clavícula, despegándolo de la arteria subclavia.

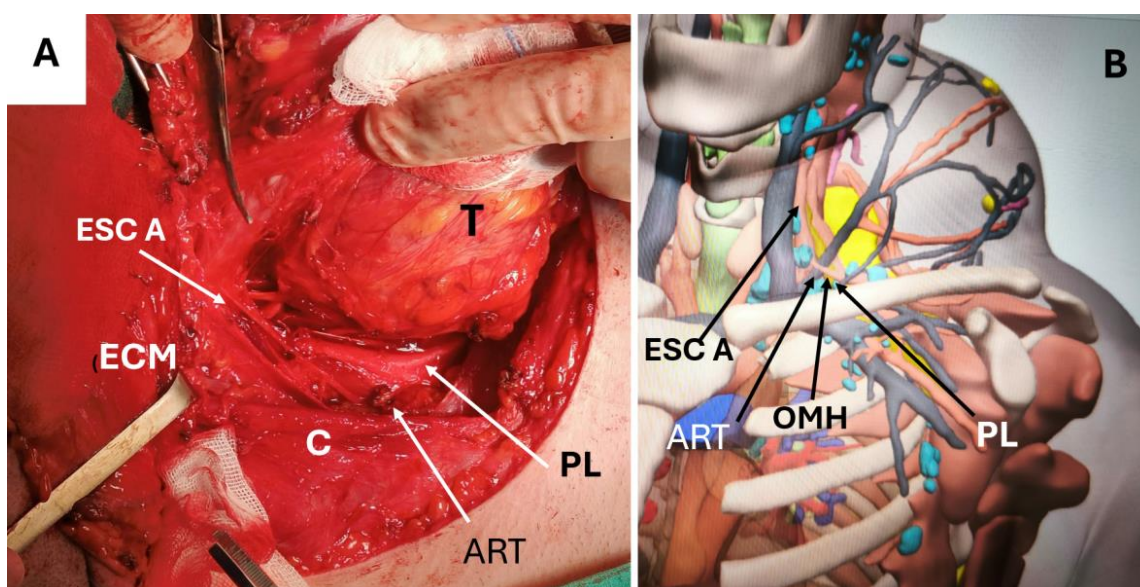
Tras la exéresis completa del tumor, se localizó por detrás y caudalmente el segundo neurofibroma plexiforme encapsulado, tomándose nuevas biopsias excisionales del mismo para su comprobación y control.





**Figura 1.** A: Situado el paciente en decúbito supino, se visualiza : el volumen tumoral, la incisión quirúrgica mediante un colgajo de base cervical y un "huso" que corresponde al margen de seguridad de la biopsia previa. T: Tumor; CA: cabeza del paciente.

B, C y D: El programa nos describe el tumor en relación con el esternocleidomastoideo (ECM) y trapecio (TR), así como vasos peritumorales procedentes del tronco arterial tirocervical izquierdo y de la vena yugular externa.



**Figura 2.** Comparación de la visualización intraoperatoria (A) frente a la reproducción virtual en 3D (B) Músculo esternocleidomastoideo (ECM), separado, protege los grandes vasos, en la parte inferior la clavícula (C). Por encima se situán las arterias procedentes del tronco tirocervical izquierdo (ART) ligadas. El plexo braquial (PL) se visualiza tras seccionar el músculo omohioideo (OMH) y retirado el escaleno anterior (ESC A).





**Figura 3.** A: Pieza tumoral, se aprecian en el lateral inferior el uso de piel reseca junto a la tumoración como un margen de seguridad de la toma de biopsia previa.

B: Cicatriz resultante tras la exéresis tumoral.

C, D, E y F: Movilidad residual. Se puede apreciar (D) la existencia de otros neurofibromas de gran tamaño (\*) y neurofibromas asociados a angioma cavernoso (\*\*), así como la escápula, la residual (F).

## Resultados

El postoperatorio del paciente transcurrió sin complicaciones. Se efectuó un estudio anatomopatológico donde se indicaba haber logrado la resección con márgenes negativos, aunque escasos, marcados por la compleja región anatómica. Debido a ello, se recomendó, junto con el comité de tumores musculoesqueléticos de nuestro centro, llevar a cabo una terapia adyuvante con quimioterapia basada en doxorubicina e ifosfamida y posteriormente radioterapia (50 Gy).

El paciente en la actualidad se encuentra libre de enfermedad, sigue controles rutinarios de sus lesiones neurofibromatosas y presenta una correcta función motriz y sensitiva de sus miembros superiores, presentando únicamente una escápula discretamente alada por posible afectación de ramas del nervio torácico largo, junto a una afectación sensitiva cutánea cervical, propia de una resección extensa.

## Discusión

Los neurofibromas plexiformes representan un desafío clínico significativo, especialmente cuando se localizan en la región supraclavicular, debido a su patrón infiltrativo y proximidad a estructuras neurovasculares críticas. La transformación maligna a MPNST, aunque poco frecuente, constituye la complicación más temida, con una incidencia estimada entre el 8-13% en pacientes con NF1, cifra notablemente superior a la población general<sup>1,2,6</sup>. Estos tumores requieren un seguimiento estrecho y un abordaje quirúrgico precoz, ya que la resección completa con márgenes negativos es el principal factor pronóstico<sup>2,6,7,8</sup>.

En este contexto, la planificación quirúrgica asistida por reconstrucción tridimensional (3D) basada en imágenes de PET-TAC demostró ser una herramienta valiosa. El modelo 3D permitió visualizar con precisión la relación del tumor con vasos subclavios,

tronco carotídeo, yugular y troncos del plexo braquial, facilitando un abordaje seguro y minimizando el riesgo de daño a estructuras críticas. Además, la planificación tridimensional permitió simular rutas de abordaje, identificar zonas de mayor captación metabólica y anticipar dificultades técnicas, elementos fundamentales para maximizar la resección y preservar la función<sup>3,4,5,9</sup>.

Estudios recientes apoyan estos hallazgos. Lin et al. (2025) demostraron que la guía de planificación 3D en sarcomas retroperitoneales mejoró significativamente los resultados quirúrgicos, reduciendo complicaciones y tiempo operatorio<sup>3</sup>. De manera similar, Mallon & Farnan (2021) y Zahid et al. (2024) reportaron que los modelos tridimensionales facilitan la toma de decisiones quirúrgicas en tumores de cabeza y cuello y en lesiones complejas pediátricas y adultas<sup>4,9</sup>. Jerí-McFarlane et al. (2024) destacaron la utilidad de la reconstrucción 3D para planificar márgenes quirúrgicos seguros y optimizar la resección en tumores de colon localmente avanzados, lo que refleja la aplicabilidad transversal de esta tecnología en cirugía oncológica<sup>5</sup>.

La integración multidisciplinaria es otro factor clave. En nuestro caso, la colaboración con radiología intervencionista permitió realizar una embolización selectiva de vasos peritumorales, reduciendo el riesgo de hemorragia y contaminación tumoral, una estrategia que complementa la planificación 3D y mejora la seguridad del paciente<sup>3,4</sup>.

El tratamiento óptimo de MPNST sigue siendo la resección quirúrgica completa, frecuentemente combinada con quimioterapia y radioterapia adyuvante para mejorar el control local y la supervivencia<sup>7,8</sup>. El uso de herramientas tridimensionales puede incrementar la probabilidad de lograr márgenes negativos, especialmente en regiones anatómicamente complejas, y potencialmente mejorar los resultados oncológicos en comparación con cirugía convencional.

## Conclusión

La reconstrucción tridimensional virtual basada en imágenes de PET-TAC proporciona un enfoque innovador y efectivo para la planificación quirúrgica de tumores complejos como el neurofibroma plexiforme supraclavicular con transformación maligna. Su integración en la práctica clínica, como lo demuestra el presente caso, puede mejorar significativamente los resultados quirúrgicos y la seguridad del paciente, pudiéndose consolidar como un estándar emergente en cirugía de alta complejidad.

## Financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores públicos, comercial o sin fines de lucro.

## Contribución de los autores

Los autores certifican haber contribuido de igual manera con el material científico e intelectual, análisis de datos y redacción del manuscrito.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## Responsabilidades éticas

Los autores confirman haber obtenido consentimiento informado de los pacientes sujetos de investigación en humanos, de acuerdo con los principios éticos contenidos en la Declaración de Helsinki.

## Uso de IA

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna fase de la elaboración del manuscrito.

## Referencias

1. Abdul Halim WMA, Mat Hassan S, Awang M, Hau Abdullah M. Malignant transformation of plexiform neurofibroma due to neglected giant soft tissue swelling of the back: a case report. *Cureus*. 2024 Jul 4;16(7): e63807. doi:10.7759/cureus.63807. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11297569>
2. Friedrich RE, Löhmann DM. Neurofibromatosis type 1-associated plexiform neurofibromas of the neck: topography of lesions and surgical treatment data of 69 patients. *Oral Maxillofac Surg*. 2024 Mar;28(1):393-404. doi:10.1007/s10006-023-01155-5. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10006-023-01155-5>
3. Lin J, Li Y, Feng X, Zhang Y, Wang J, Liao W, et al. Impact of three-dimensional-printing technology guidance on surgical outcomes for retroperitoneal sarcoma: a propensity score-matched study. *Cancer*. 2025; 131(1):e35452. doi:10.1002/cncr.35452. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38959293>
4. Mallon A, Farnan T. A case report detailing the use of 3D printing technology in surgical planning and decision making in ENT surgery—an axial 3D first in Northern Ireland. *Int J Surg Case Rep*. 2021 Sep 15; 87:106407. doi: 10.1016/j.ijscr.2021.106407. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8473765>
5. Jerí-McFarlane S, García-Granero Á, Pellino G, Torres-Marí N, Ochogavía-Seguí A, Rodríguez-Velázquez M, et al. Prospective observational non-randomized trial protocol for surgical planner 3D image processing & reconstruction for locally advanced colon cancer. *BMC Surg*. 2024 Oct 7; 24:292. doi:10.1186/s12893-024-02558-1. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8473765>

6. Medupe TL. Plexiform neurofibroma transformation to a malignant peripheral nerve sheath tumour: a case report in a patient with neurofibromatosis-1. *J Tumor Res Reports*. 2024;9(2):224. doi:10.35248/2684-1614.24.9.224. Disponible en: <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/plexiform-neurofibroma-transformation-to-a-malignant-peripheral-nerve-sheath-tumour-a-case-report-in-a-patient-with-neurofibromatosis-128589.html>
7. Hassan A, Carmagnani Pestana R, Parkes A. Systemic options for malignant peripheral nerve sheath tumors. *Curr Treat Options Oncol*. 2021;22(4):30. doi:10.1007/s11864-021-00830-7. Disponible en: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/9jox63g7>
8. Pellerino A, Verdijk RM, Nichelli L, Andratschke NH, Idbaih A, Goldbrunner R. Diagnosis and treatment of peripheral and cranial nerve tumors with expert recommendations: an EUropean Network for RAre CANcers (EURACAN) initiative. *Cancers (Basel)*. 2023;15(7):1930. doi:10.3390/cancers15071930. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6694/15/7/1930>
9. Zahid F, Memon A, Siddiqui M, Deewani MH, Asif O, Javer A, Khan AA. Successful use of a patient specific 3D-printed biomodel as surgical guide for excision of juvenile nasopharyngeal angiofibroma extending to skull base: a case report. *Surg Neurol Int*. 2024 Feb 16;15:44. Disponible en: [https://doi.org/10.25259/SNI\\_743\\_2023](https://doi.org/10.25259/SNI_743_2023).

## Uso de placa puente dorsal: una alternativa en fracturas de muñeca catastróficas

### Use of dorsal spanning plate: an alternative in catastrophic wrist fractures

Álvaro Andrés-Ruiz\* , Cristina Gallego-Terres, Vicente José Climent-Peris

Hospital Lluís Alcanyís, Xàtiva, España

Recibido: 30/11/2025

Aceptado: 05/12/2025

Publicado: 31/12/2025

\*Correspondencia: Álvaro Andrés-Ruiz. alvaroar1698@gmail.com

#### Resumen

Se presenta el caso de una paciente de 73 años con fractura articular conminuta de radio distal tratada mediante placa puente dorsal. Se describe la técnica quirúrgica, la evolución clínica y radiográfica, así como el proceso de rehabilitación posterior a la retirada del implante. Tras 12 semanas se evidenció consolidación radiológica, y diez semanas después de la retirada de la placa, la paciente llevaba a cabo las actividades básicas de la vida diaria sin limitaciones, con pronosupinación completa y flexoextensión funcional. Se discute la evidencia actual sobre el uso de placas puente dorsales en fracturas complejas de muñeca, comparando resultados funcionales y complicaciones frente a la fijación externa y la fijación volar bloqueada. En este tipo de fracturas, se trata de una técnica eficaz, segura y con buenos resultados.

**Palabras clave:** Fractura de radio distal. Placa puente dorsal. Fijación interna. Fractura conminuta. Rehabilitación.

#### Abstract

We present the case of a 73-year-old woman with a comminuted intra-articular distal radius fracture treated with a dorsal bridge plate. The surgical technique, clinical and radiographic evolution, and postoperative rehabilitation process after implant removal are described. Radiographic union was achieved at 12 weeks, and ten weeks after plate removal, the patient was able to perform activities of daily living without limitations, with complete pronation-supination and functional wrist flexion-extension. The current evidence regarding the use of dorsal bridge plates in complex wrist fractures is discussed, comparing functional outcomes and complication rates with those of external fixation and volar locked plating. In this type of fractures, it's an effective, safe technique with good outcomes.

**Keywords:** Distal radius fracture. Dorsal spanning plate. Internal fixation. Comminuted fracture. Rehabilitation.

#### Introducción

Las fracturas del radio distal son las más frecuentes del miembro superior en adultos, representando hasta el 20 % de todas las fracturas<sup>1</sup>. Además del tratamiento ortopédico, la fijación interna mediante

placas bloqueadas se ha consolidado como el tratamiento quirúrgico de elección<sup>2</sup>.

Las fracturas complejas con conminución articular (AO 23-C3.3) y metafisaria (AO 23-C3.2) pueden producirse tanto por mecanismos de alta energía



como tras traumatismos de baja energía en pacientes añosos con fragilidad. Los principales objetivos del tratamiento quirúrgico son recuperar la altura, la inclinación y la báscula radiales, y lograr una movilización precoz que permita retomar las actividades básicas de la vida diaria<sup>3</sup>.

En fracturas osteoporóticas complejas, a menudo no pueden conseguirse estos objetivos con las placas bloqueadas volares o dorsales. Tradicionalmente, los fijadores externos se han utilizado para mantener la reducción mediante ligamentotaxis; sin embargo, se asocian con complicaciones como rigidez articular, infecciones en los puntos de entrada de los pines y pérdida de la reducción<sup>4</sup>.

En 1998, Burke y Singer<sup>5</sup> describieron por primera vez el uso de placas puente dorsales para el tratamiento de fracturas complejas de radio distal con conminución articular. El principio de esta técnica consiste en colocar una placa que actúe como un "fijador externo interno", extendiéndose desde la metáfisis radial hasta el segundo o tercer metacarpiano. Este método busca obtener una reducción adecuada de la fractura y minimizar las complicaciones asociadas al uso de fijadores externos, permitiendo al mismo tiempo cierta movilidad de los dedos y apoyo parcial precoz<sup>6-8</sup>.

A pesar de sus ventajas, las placas puente dorsales no están exentas de complicaciones, como el fallo del implante, lesiones tendinosas, infecciones, fracturas periimplante y la necesidad de reintervención para la retirada del material<sup>9</sup>.

El presente trabajo tiene como objetivo describir el caso de una paciente osteoporótica de edad

avanzada con fractura articular conminuta de radio distal tratada mediante placa puente dorsal, su evolución clínica y radiográfica, así como revisar la literatura actual sobre esta alternativa terapéutica en fracturas complejas de muñeca.

## Caso clínico

Paciente mujer de 73 años que, tras sufrir una caída casual desde su propia altura, fue diagnosticada de fractura de radio distal izquierdo AO 23R.C3 (**Figura 1**). Dada la extensión metafisaria, la conminación articular y considerando la fragilidad ósea de la paciente, se decidió realizar tratamiento quirúrgico mediante la técnica de placa puente dorsal (*Spanning fixation*) APTUS Medartis®, con fijación en radio distal y 2.º metacarpiano.

En nuestra técnica quirúrgica, tras seleccionar la placa, situamos esta sobre la piel para delimitar las incisiones que realizaremos. La primera es sobre la diáfisis dorsal del 2.º metacarpiano. Realizamos una disección roma para exponer el metacarpiano, protegiendo tendones extensores y ramas nerviosas superficiales. Posteriormente, guiándonos por la longitud y la posición de la placa seleccionada, procedemos a la incisión proximal sobre diáfisis radial distal. Se procede a la apertura de la fascia antebraquial, accediendo a la diáfisis a través del intervalo entre el extensor carpi radialis longus (ECRL) y el extensor carpi radialis brevis (ECRB). Con ello disminuimos el riesgo de dañar la rama superficial del nervio radial, situada entre el ECRL y el tendón del braquioradialis.

Tras ello, colocamos la placa de forma retrógrada a través de la incisión distal, procurando que quede



**Figura 1.** Radiografías iniciales AP y L de muñeca izquierda.



situada sobre el metacarpiano distalmente y en el intervalo entre el ECRL y el ECRB proximalmente. Mientras realizamos tracción axial y bajo control de escopia, se coloca un tornillo de cortical proximal. Posteriormente, vigilando que la alineación en el plano frontal y sagital sea correcta, se colocan 3 tornillos distales y 2 más proximales bloqueados a placa, en este orden. Finalmente, comprobamos una alineación final de la muñeca correcta y que la movilidad pasiva de los dedos esté conservada.

El control radiográfico postoperatorio se muestra en la **Figura 2**.

A las 12 semanas de evolución postoperatoria, se evidenció consolidación radiológica de la fractura, por lo que se procedió a la retirada de la placa puente dorsal e iniciar la fase de rehabilitación funcional.

A las 10 semanas de la retirada del implante, la paciente realiza las actividades básicas de la vida diaria

sin limitaciones. En la exploración física presentaba un balance articular activo de 20° de extensión, 30° de flexión y pronosupinación completa (**Figura 3**), sin dolor ni signos de complicaciones locales. El resultado del cuestionario DASH fue de 26. El control radiográfico final a los 5 meses de evolución postoperatoria se muestra en la **Figura 4**.

## Discusión

Las fracturas complejas de radio distal con conminución metafisaria y articular representan un desafío terapéutico, especialmente en pacientes añosos o con fragilidad<sup>1-4</sup>. El objetivo del tratamiento quirúrgico es restaurar la congruencia articular, mantener la longitud y la inclinación radial y permitir una rehabilitación funcional temprana.

Las técnicas convencionales incluyen placas bloqueadas volares o dorsales y fijadores externos. Las placas volares ofrecen un control adecuado de la



**Figura 2.** Controles radiográficos del postoperatorio inmediato.



**Figura 3.** Rango de movilidad funcional a las 10 semanas tras la retirada de la placa puente dorsal. (A) Extensión de 20°, (B) pronosupinación completa.



**Figura 4.** Controles radiográficos 5 meses tras la intervención.

superficie articular, pero pueden no proporcionar estabilidad suficiente en fracturas altamente conminutas, particularmente en fragmentos pequeños o con hueso osteoporótico, lo que limita la movilización precoz<sup>2,4</sup>. Por su parte, los fijadores externos permiten una estabilidad provisional mediante ligamentotaxis, aunque se asocian a una mayor incidencia de rigidez articular, infecciones en los pines, pérdida de reducción y complicaciones de partes blandas<sup>4,10</sup>.

La placa puente dorsal combina las ventajas de ambos enfoques: proporciona estabilidad suficiente para permitir la consolidación ósea y, al mismo tiempo, facilita la movilización temprana de los dedos. Estudios recientes han demostrado que los pacientes tratados con esta técnica alcanzan rangos de movilidad funcional comparables o superiores a los obtenidos con fijadores externos o placas volares, logrando pronosupinación completa y un rango de flexoextensión activo entre 20° y 40° al inicio de la rehabilitación tras la retirada del implante, con progresión rápida hacia la recuperación completa<sup>6-13</sup>.

En nuestro caso, la paciente presentó pronosupinación completa y flexoextensión de 20° y 30°, respectivamente, a las diez semanas de la retirada de la placa puente dorsal, lo que coincide con los rangos descritos en la literatura<sup>6-8,10-12</sup>. Estos resultados funcionales superan generalmente los reportados con fijador externo, donde la rigidez y la limitación funcional son más frecuentes<sup>4,10</sup> y son similares a los obtenidos con placas volares en fracturas menos complejas, con la ventaja añadida de que la placa

puente dorsal permite tratar fracturas de mayor conminución sin recurrir a fijación externa prolongada.

Respecto a las complicaciones, la literatura describe fallos del implante, fracturas periimplante, lesiones tendinosas, infecciones y necesidad de reintervención<sup>6-9,13</sup>. En comparación, la fijación externa presenta tasas más elevadas de infección en los pines, daño cutáneo y rigidez articular, mientras que las placas volares pueden causar complicaciones tendinosas dorsales cuando se requiere reducción de fragmentos dorsales o puenteo metafisario<sup>4,10,12</sup>. En el caso presentado no se observaron complicaciones postoperatorias, lo que sugiere que, con una planificación adecuada y una retirada del implante en tiempo oportuno. La placa puente dorsal puede ofrecer un perfil de seguridad elevado, incluso en fracturas de alta complejidad.

Un aspecto crucial es el momento de retirada del implante. La evidencia sugiere que la extracción entre las 10 y 14 semanas, una vez confirmada la consolidación radiológica, permite iniciar la rehabilitación activa sin comprometer la estabilidad<sup>6,7,10-12</sup>. En nuestro caso, la retirada a las 12 semanas permitió recuperar movilidad funcional completa, coincidiendo con los tiempos recomendados y mostrando resultados comparables o superiores a los obtenidos con fijadores externos y similares a los de placas volares en fracturas menos conminutas.

Otro tema relevante en el seguimiento de los pacientes tratados con placas puente dorsales es la posible

necesidad de tenolisis para recuperar la movilidad completa, especialmente en casos con adherencias tendinosas o rigidez residual. La manipulación de los tejidos dorsales, el tiempo prolongado de inmovilización y la proximidad del implante a los tendones extensores pueden favorecer la formación de adherencias que limiten la extensión activa de los dedos o la muñeca.

Estudios como los de Beeres et al.<sup>6</sup> y Esworthy et al.<sup>13</sup> reportan tasas de tenólisis entre el 5 % y el 10 % en pacientes tratados con placa puente dorsal, especialmente cuando el implante se mantiene más de 14 semanas o cuando el inicio de la rehabilitación se retrasa. En contraste, Fares et al.<sup>7</sup> describen que una extracción precoz, antes de las 12 semanas, reduce significativamente la rigidez y la necesidad de procedimientos secundarios como este.

En nuestro caso, gracias a la retirada oportuna del implante a las 12 semanas y al inicio inmediato de fisioterapia, la paciente recuperó una movilidad funcional sin requerir tenolisis. Esto refuerza la importancia de un manejo protocolizado, basado en el seguimiento radiológico estrecho y la rehabilitación temprana, para prevenir adherencias tendinosas y evitar cirugías secundarias.

## Conclusiones

El tratamiento de las fracturas intraarticulares conminutas de radio distal continúa siendo un desafío, especialmente en pacientes con hueso osteoporótico. La utilización de una placa puente dorsal representa una alternativa eficaz a los métodos convencionales, combinando la estabilidad necesaria para la consolidación con la posibilidad de una movilización temprana.

Un protocolo de manejo cuidadoso, basado en la planificación e indicación quirúrgica individualizada, el seguimiento radiológico estrecho y la extracción en tiempo adecuado del material de osteosíntesis, puede optimizar los resultados clínicos y minimizar la necesidad de reintervenciones.

En base a la literatura actual, la placa puente dorsal se consolida como una opción segura, reproducible y efectiva para el tratamiento de fracturas complejas del radio distal, especialmente en aquellos casos donde la fijación volar o externa no garantiza una estabilidad adecuada.

## Financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores públicos, comercial o sin fines de lucro.

## Consideraciones éticas

La paciente firmó un consentimiento informado autorizando la publicación del caso clínico y las imágenes asociadas, garantizando la confidencialidad de su identidad conforme a los principios de la Declaración de Helsinki y las normativas vigentes sobre protección de datos personales.

## Contribución de autoría

Los autores certifican haber contribuido de igual manera en la concepción y diseño de la revisión, la búsqueda y análisis de la literatura científica, así como en la redacción del manuscrito, haciéndose responsables de su contenido.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no presentan ningún conflicto de interés.

## Uso de IA

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna fase de la elaboración del manuscrito.

## Referencias

1. Chung KC, Spilson SV. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg Am.* 2001;26(5):908-15.
2. Orbay JL, Fernandez DL. Volar fixation for dorsally displaced fractures of the distal radius: a preliminary report. *J Hand Surg Am.* 2002;27(2):205-15.
3. Ruch DS, Papadonikolakis A. Current concepts in the treatment of distal radius fractures. *Orthop Clin North Am.* 2004;35(1):123-31.
4. Jupiter JB, Ring D, Weitzel PP. Surgical treatment of redisplaced fractures of the distal radius in patients older than 60 years. *J Hand Surg Am.* 2002;27(5):714-23.
5. Burke EF, Singer RM. Treatment of comminuted distal radius with the use of an internal distraction plate. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 1998;2(4):248-52.
6. Beeres FJP, Liechti R, Link B-C, Babst R. Role of a spanning plate as an internal fixator in complex distal radius fractures. *Oper Orthop Traumatol.* 2021;33(1):77-88.
7. Fares AB, Childs BR, Polmear MM, Clark DM, Nesti LJ, Dunn JC. Dorsal bridge plate for distal radius fractures: a systematic review. *J Hand Surg Am.* 2021;46(7):627.e1-627.e8.
8. Makhani AA, Mufti Y, Qiu A, Ulmer CJ, Rose RA. Outcomes in dorsal spanning plates for the management of distal radius fractures. *J Hand Surg Glob Online.* 2025;7(3):100697.
9. Richard MJ, Katolik LI, Hanel DP, Wartinbee DA, Ruch DS. Distraction plating for the treatment of highly comminuted distal radius fractures in elderly patients. *J Hand Surg Am.* 2012;37(5):948-56.
10. Wang WL, Ilyas AM. Dorsal bridge plating versus external fixation for distal radius fractures. *J Wrist Surg.* 2020;9(2):177-84.

11. Drummond I et al. Dorsal bridge plating in distal radius fractures: a systematic review. *Hand*. 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2023.38967772>.
12. Rambau GM, Sgromolo N, Rhee PC. Radiographic outcomes for comminuted, intra-articular distal radius fractures treated with primary distraction bridge plate fixation. *Indian J Orthop*. 2023;57(4):543-551.
13. Esworthy GP, Shaji V, Duraku L, Wu F, Power DM. Bridge plate distraction for complex distal radius fractures: a cohort study and systematic review of the literature. *J Wrist Surg*. 2023;13(3):282-292.

## Manejo artroscópico en condromatosis sinovial primaria de tobillo: presentación de un caso clínico

### Arthroscopic management of primary synovial chondromatosis of the ankle: a case report

Nuria Ribera-Martínez\* , Daniel Herrero-Mediavilla

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Arnau de Vilanova, Valencia, España

Recibido: 02/12/2025

Aceptado: 05/12/2025

Publicado: 31/12/2025

\*Correspondencia: Nuria Ribera-Martínez. [nuriariberamartinez@gmail.com](mailto:nuriariberamartinez@gmail.com)

#### Resumen

La condromatosis sinovial primaria (PSC) es una afección benigna poco común caracterizada por la formación de cuerpos cartilaginosos intraarticulares. Su localización en el tobillo es rara, lo que dificulta su diagnóstico y tratamiento.

Presentamos el caso de un paciente varón de 30 años con PSC del tobillo izquierdo, quien consultó por dolor progresivo de cuatro años de evolución. Los estudios de imagen evidenciaron múltiples cuerpos intraarticulares en el receso anterior de la articulación tibioastragalina. Se realizó tratamiento artroscópico con exéresis de cuerpos libres y sinovectomía total. El análisis histopatológico confirmó el diagnóstico. A los seis meses, el paciente presentó resolución del dolor y recuperación completa del rango de movimiento sin recurrencias.

Este caso destaca la artroscopia como una opción eficaz y mínimamente invasiva para el manejo de la PSC del tobillo, permitiendo una recuperación rápida y obteniendo buenos resultados a medio plazo.

**Palabras clave:** Condromatosis sinovial. Artroscopia. Tobillo. Cuerpos libres intraarticulares. Caso clínico.

#### Abstract

Primary synovial chondromatosis (PSC) is a rare benign condition characterized by the presence of intra-articular cartilaginous bodies. Its location in the ankle is unusual, which can make it more difficult to diagnose and treat properly.

The present case report concerns a 30-year-old male patient who sought medical attention due to a progressive pain that had been present for a period of four years. Imaging studies revealed the presence of multiple intra-articular bodies within the anterior recess of the tibiotalar joint. The patient underwent arthroscopic treatment, consisting of the excision of all free bodies and a total synovectomy. Histopathological analysis subsequently confirmed the diagnosis. Following a period of six months, the patient exhibited a resolution of pain and a complete recovery of range of motion, with no evidence of recurrence.

This case highlights arthroscopy as an effective and minimally invasive option for the management of PSC of the ankle, allowing rapid recovery and obtaining good medium-term results.

**Keywords:** Synovial chondromatosis. Arthroscopy. Ankle. Loose bodies. Case report.



## Introducción

La condromatosis sinovial primaria (PSC, por sus siglas en inglés), también llamada condrometaplasia sinovial, síndrome de Reichel o síndrome de Henderson-Jones, es una afección benigna poco común caracterizada por la formación de múltiples cuerpos cartilaginosos dentro de la membrana sinovial de una articulación, bursa o vaina tendinosa. Suele afectar predominantemente a grandes articulaciones como la cadera o la rodilla (siendo esta articulación responsable de alrededor del 50% de los casos). Su aparición en el tobillo es infrecuente, lo que puede dificultar su diagnóstico y tratamiento oportuno<sup>1,2,3</sup>.

Los pacientes con PSC en el tobillo suelen presentar dolor persistente, inflamación y limitación funcional. Si no se trata, esta afección puede progresar hacia cambios degenerativos articulares y, en raros casos, evolucionar a condrosarcoma, una transformación maligna que se ha visto asociada a elevadas tasas de recurrencia y períodos prolongados desde su aparición hasta el tratamiento<sup>2,4,5</sup>.

El tratamiento de elección es la extracción de los cuerpos libres, asociando sinovectomía para reducir tanto recurrencias como el riesgo de transformación maligna. En este contexto, la artroscopia ha emergido como una técnica eficaz, ofreciendo ventajas significativas sobre la cirugía abierta, tales como una recuperación más rápida y menores tasas de complicaciones<sup>3,6,7</sup>.

Estudios recientes han demostrado que el manejo artroscópico de la condromatosis sinovial en diversas articulaciones, incluyendo el tobillo, proporciona buenos resultados funcionales y una baja tasa de recurrencia<sup>1,3,5,7</sup>.

En este artículo, se presenta el caso de un paciente con condromatosis sinovial anterior del tobillo tratado mediante artroscopia, destacando los hallazgos intraoperatorios, la técnica quirúrgica empleada y los resultados clínicos obtenidos.

## Descripción del caso

Se presenta el caso de un paciente varón de 30 años que consultó por dolor progresivo en el tobillo izquierdo, de cuatro años de evolución. Como antecedente relevante, presentaba pies planos congénitos y había sido intervenido a los 12 años mediante la colocación de una prótesis subastragalina, retirada a los 14 años.

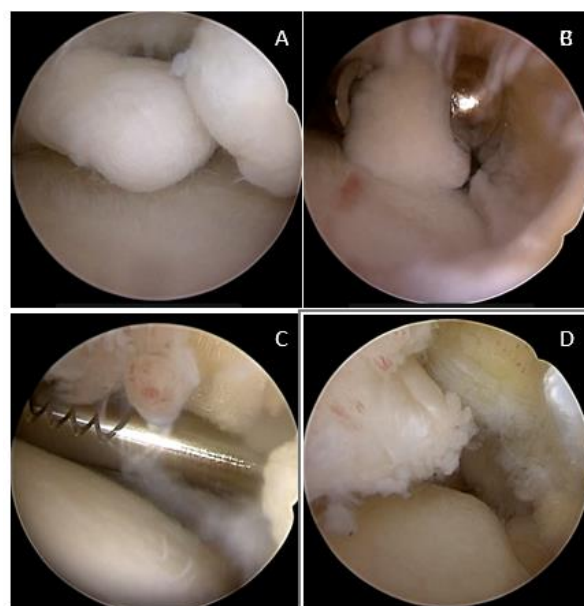
En la exploración física, se evidenciaron dolor y edema en la región anterior del tobillo, donde se palpaban múltiples tumoraciones redondeadas compatibles con condromas. No se observaron restricciones en la movilidad ni signos de inestabilidad articular.

Los estudios de imagen realizados, radiografías y tomografía computarizada, revelaron la presencia de múltiples cuerpos intraarticulares localizados en el receso anterior de la articulación tibioastragalina, hallazgos compatibles con el diagnóstico de condromatosis sinovial primaria (**Figura 1**).

El paciente fue tratado quirúrgicamente mediante artroscopia de tobillo, empleando abordajes anteriores. En posición de decúbito supino, y con isquemia en muslo, se establecieron portales de visión anteromedial y de trabajo anterolateral, lateral al extensor común de los dedos y al nervio peroneo superficial, bajo visión directa. Durante el procedimiento se identificaron sinovitis y abundantes



**Figura 1.** Radiografía previa a la cirugía. Se aprecian en la primera los condromas en cara anterior de la articulación tibioastragalina, que desaparecen en el control post quirúrgico.



**Figura 2.** Imágenes de artroscopia. A: condromas; B: extracción de condroma; C y D: limpieza de sinovitis



**Figura 3.** Imágenes intraoperatorias en las que se observan los condromas extraídos en la cirugía, de un tamaño que varía entre 2 y 5mm.

cuerpos libres osteocondrales en el compartimento anterior, así como osteofitos marginales en la tibia distal (zona anterolateral y cara dorsal) y en el astrágalo, proximal a la inserción capsular.

Se realizó la exéresis de los cuerpos libres y osteofitos, junto con una sinovectomía total (**Figuras 2 y 3**). Al finalizar, se cerraron los portales con grapas y se inmovilizó el tobillo con una férula suropédica posterior.

El análisis anatomopatológico de las muestras obtenidas confirmó el diagnóstico de condromatosis sinovial primaria.

Tras la cirugía, el paciente experimentó una resolución completa del dolor (**Figura 4**). A las 2 semanas, la férula fue sustituida por una ortesis hemivalva para permitir el inicio de la movilidad en flexoextensión. La carga parcial se inició a las 3 semanas y, a las 6 semanas, el paciente alcanzó carga completa sin dolor, con un rango de movilidad articular completo y permaneciendo asintomático a los 9 meses.



**Figura 4.** Radiografía posterior a la cirugía.

## Discusión

La condromatosis sinovial primaria afecta predominantemente a las articulaciones grandes, especialmente la rodilla, como se observa en varios estudios previos<sup>1,2</sup>. La presencia de esta patología en el tobillo, tal como ocurrió en nuestro caso, es menos común y puede ser fácilmente confundida con otras patologías como osteocondritis disecante, artritis séptica u otras tumoraciones sinoviales<sup>3</sup>. Este caso subraya la importancia de una prueba de imagen detallada, que permita una localización precisa de los cuerpos intraarticulares, aspecto esencial para la planificación quirúrgica.

El tratamiento quirúrgico de la PSC del tobillo sigue siendo un desafío debido a la difícil accesibilidad de la articulación y la necesidad de preservar la función articular. En este caso, el enfoque artroscópico permitió realizar una exéresis de los cuerpos libres osteocondrales y una sinovectomía total, lo cual resultó en la resolución del dolor y en una rápida recuperación de la movilidad articular, sin complicaciones postoperatorias. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en otras series de casos que han reportado el éxito de la artroscopia en el tratamiento de la PSC en diversas articulaciones, incluida la del tobillo<sup>6,7</sup>.

El caso presentado contribuye a la literatura al demostrar los beneficios de la artroscopia en el tratamiento de la PSC del tobillo, especialmente en términos de recuperación funcional y rápida, así como la baja incidencia de complicaciones. La artroscopia ofrece varias ventajas sobre las técnicas abiertas tradicionales, como menor agresión a los tejidos, menor riesgo de infecciones y una recuperación más rápida. Además, permite una visualización directa de la articulación, lo que facilita la identificación de cuerpos libres y la sinovitis, lo cual fue clave en este caso para la resolución

completa de los síntomas. Este enfoque coincide con los hallazgos de estudios previos que documentan una alta tasa de éxito y baja recurrencia en el manejo artroscópico de la PSC<sup>1,5,7</sup>.

Aunque la PSC es una afección benigna, existe un riesgo bajo, pero significativo, de transformación maligna a condrosarcoma. Este riesgo subraya la importancia de un tratamiento quirúrgico adecuado y un seguimiento a largo plazo para detectar posibles recurrencias o complicaciones. La sinovectomía total realizada en este caso es esencial para minimizar el riesgo de recurrencia. La literatura respalda la importancia de la sinovectomía en la reducción de las tasas de recurrencia, ya que al eliminar los tejidos sinoviales afectados se previene la reaparición de los cuerpos libres y las proliferaciones sinoviales<sup>3,7</sup>.

Una de las principales limitaciones de este caso es el seguimiento a corto plazo, que no permite evaluar la recurrencia a largo plazo de la PSC en este paciente. Además, aunque el tratamiento artroscópico ha mostrado buenos resultados en este caso, se requieren más estudios prospectivos y comparativos para confirmar la eficacia a largo plazo de esta técnica en pacientes con PSC de tobillo. Futuros trabajos podrían incluir un análisis más amplio de la recurrencia postquirúrgica y la comparación entre las distintas técnicas de manejo, tanto artroscópicas como abiertas, para establecer de manera definitiva las mejores prácticas en el tratamiento de esta rara afección.

## Conclusión

El tratamiento artroscópico de la condromatosis sinovial primaria del tobillo ha demostrado ser una opción eficaz, segura y menos invasiva, con buenos resultados funcionales a corto plazo. Este caso contribuye a la literatura existente al ofrecer evidencia adicional de los beneficios de esta técnica, y destaca la importancia de un diagnóstico y un manejo quirúrgico adecuado para evitar complicaciones y asegurar la recuperación completa del paciente, además de aportar evidencia adicional sobre la seguridad y eficacia del tratamiento artroscópico en esta patología.

## Financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores públicos, comercial o sin fines de lucro.

## Contribución de los autores

Los autores certifican haber contribuido de igual manera con el material científico e intelectual, análisis de datos y redacción del manuscrito.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## Responsabilidades éticas

Los autores confirman haber obtenido consentimiento informado de los pacientes sujetos de investigación en humanos, de acuerdo con los principios éticos contenidos en la Declaración de Helsinki.

## Uso de IA

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna fase de la elaboración del manuscrito.

## Referencias

1. Bojanić I, Plečko M, Mataić A, Dimnjaković D. Anterior and posterior arthroscopic treatment of primary synovial chondromatosis of the ankle. *Foot & Ankle International*. 2020;41(9):1145-1152. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1071100720970961>.
2. Milgram JW. Synovial osteochondromatosis: A histopathological study of thirty cases. *J Bone Joint Surg Am*. 1977;59(6):792-801. Disponible en: <https://doi.org/10.2106/00004623-197759060-00005>.
3. Doral MN, Uzumcugil A, Bozkurt M, Atay OA, Cil A, Leblebicioglu G, et al. Arthroscopic treatment of synovial chondromatosis of the ankle. *J Foot Ankle Surg*. 2007;46(3):192-195. Disponible en: <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2007.01.001>.
4. Galat DD, Ackerman DB, Spoon D, Turner NS, Shives TC. Synovial chondromatosis of the foot and ankle. *Foot & Ankle International*. 2008;29(3):312-317. Disponible en: <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0312>.
5. Afzal S, Kazemian G, Baroutkoub M, Amouzadeh Omrani F, Ahmadi A, Tavakoli Darestani R. Arthroscopic management of ankle primary synovial chondromatosis (Reichel's syndrome): A case report with literature review. *Int J Surg Case Rep*. 2023;111:108832. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2023.108832>.
6. van Dijk CN. Hindfoot endoscopy for posterior ankle impingement. *Foot Ankle Clin*. 2006;11(2):391-414. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2006.03.002>.
7. Lee HS, et al. Arthroscopic management of synovial chondromatosis of the ankle: A systematic review. *JBJS Reviews*. 2020;8(9):e1900171. Disponible en: <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.19.00171>.