Biomarcadores de mal pronóstico en cirugía artroscópica de rodilla

Maximiliano Izquierdo Piedrahita [a], José Iván Martínez Díaz [b], Mariana Lopera Osorno [c], Lina María Martínez Sánchez [d]

a. Estudiante de Medicina. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Medellín, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-4516-9450

b. Estudiante de Medicina. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Medellín, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7747-5694

c. Estudiante de Medicina. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Medellín, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-7392-098X

d. Bacterióloga, especialista en Hematología y magíster en Educación. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Medellín, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9555-0843

10.22517/25395203.25967

Resumen

Introducción: La cirugía artroscópica de rodilla es un procedimiento mínimamente invasivo utilizado para el tratamiento de diversas patologías articulares. La identificación de biomarcadores asociados con el pronóstico podría contribuir a anticipar complicaciones y orientar las decisiones terapéuticas.

Objetivo: Identificar los biomarcadores asociados con mal pronóstico en pacientes sometidos a cirugía artroscópica de rodilla.

Métodos: Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica mediante búsquedas en PubMed y ScienceDirect. Se incluyeron artículos publicados entre 2015 y 2025, en español y en inglés, relacionados con biomarcadores séricos, plasmáticos o del líquido sinovial asociados con desenlaces clínicos, complicaciones posoperatorias, dolor persistente, progresión degenerativa o necesidad de reintervención. Se consideraron principalmente estudios originales y, en menor proporción, revisiones sistemáticas pertinentes.

Conclusiones: Los biomarcadores podrían contribuir a identificar pacientes con mayor riesgo de complicaciones y a optimizar la toma de decisiones terapéuticas después de la cirugía artroscópica de rodilla. Su incorporación a la práctica clínica podría favorecer la personalización del tratamiento; sin embargo, se requieren más estudios prospectivos para establecer protocolos que orienten la selección y el manejo de los pacientes.

Palabras clave: Biomarcadores; artroscopia; procedimientos ortopédicos.

Introducción

La artroscopia de rodilla es un procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo que permite la visualización directa, el diagnóstico y el tratamiento de diversas patologías de esta articulación, como los desgarros meniscales, las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) y las lesiones del cartílago (1, 2). Esta técnica se caracteriza por el abordaje de la articulación mediante pequeñas incisiones y una mínima alteración tisular, lo que favorece una recuperación más rápida, un menor dolor posoperatorio y mejores resultados estéticos (1).

En los últimos años, se ha propuesto integrar la medicina de precisión en el ámbito de la cirugía ortopédica como un paradigma orientado a personalizar las intervenciones quirúrgicas (1). Este enfoque considera las particularidades de cada paciente, incluidas sus características anatómicas, su composición genética y los factores ambientales, con el fin de optimizar los desenlaces clínicos (1, 3). En el contexto de la artroscopia de rodilla, la incorporación de herramientas de biología molecular y de intervenciones basadas en biomarcadores se ha planteado como una estrategia para mejorar los resultados quirúrgicos (1-5).

El empleo de biomarcadores en el diagnóstico y la toma de decisiones terapéuticas en cirugía artroscópica de rodilla ha cobrado creciente relevancia en la medicina contemporánea (6). Estos pueden identificarse en la sangre, la orina o el líquido sinovial y constituyen indicadores objetivos de procesos fisiológicos normales, estados patológicos o respuestas a intervenciones terapéuticas (2, 6, 7). Además de su utilidad para anticipar cambios degenerativos en la rodilla, los biomarcadores representan una herramienta potencial para predecir el dolor y la función del paciente después de la intervención (2).

Entre los principales biomarcadores estudiados se encuentran las citocinas inflamatorias, las metaloproteinasas, las proteasas y los productos de degradación del cartílago, que desempeñan un papel central en la fisiopatología de la degradación cartilaginosa (6, 8, 9).

Materiales y métodos

Estrategia de búsqueda

Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica con el objetivo de identificar biomarcadores asociados con mal pronóstico en pacientes sometidos a cirugía artroscópica de rodilla. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las bases de datos PubMed y Elsevier (ScienceDirect), seleccionadas por su cobertura en el área de las ciencias de la salud. Se emplearon términos DeCS y MeSH, como "Biomarkers", "Arthroscopy", "Knee Arthroscopy", "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction", "Meniscectomy" y "Orthopedic Procedures", combinados mediante los operadores booleanos AND y OR.

Se incluyeron artículos publicados entre 2015 y 2025, en español y en inglés, relacionados con biomarcadores séricos, plasmáticos o presentes en el líquido sinovial, asociados con desenlaces clínicos, complicaciones posoperatorias, dolor persistente, progresión degenerativa o necesidad de reintervención tras la cirugía artroscópica de rodilla. Se consideraron principalmente estudios originales, incluidos ensayos clínicos, estudios de cohortes y estudios prospectivos; en menor proporción, se incluyeron revisiones sistemáticas pertinentes para el tema. Se excluyeron estudios realizados en población pediátrica, reportes de casos aislados, cartas al editor y artículos cuyo texto completo no estuviera disponible.

Tras revisar los títulos y resúmenes y aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 49 estudios para el análisis final y la elaboración de la presente revisión. La selección se realizó mediante lectura crítica independiente por parte de los autores, quienes priorizaron los estudios según su rigor metodológico y pertinencia temática.

Resultados

Descripción del procedimiento en cirugía artroscópica de rodilla

Antes del procedimiento, el paciente se coloca en decúbito dorsal bajo anestesia general o regional (bloqueo epidural o raquídeo). A continuación, se coloca la extremidad afectada en un soporte específico y se instala un manguito de isquemia en el tercio proximal del muslo (10). Tras el vaciamiento sanguíneo de la extremidad, se inicia la isquemia a una presión de 280-300 mmHg. Posteriormente, se realiza la preparación aséptica y se colocan los campos estériles (10).

Una vez iniciado el procedimiento, se infunde solución salina estéril en la articulación para distender la cápsula articular, mejorar la visualización intra-

articular y permitir el lavado de detritos o líquido turbio que pueda interferir con la exploración (11).

A continuación, se realizan dos pequeñas incisiones anteriores, denominadas portales artroscópicos, ubicadas a cada lado del tendón rotuliano (12). A través de uno de estos portales se introduce el artroscopio, cuya imagen se proyecta en un monitor de alta definición. El segundo portal se utiliza para introducir los instrumentos quirúrgicos necesarios para la exploración y el tratamiento (12).

La artroscopia de rodilla puede emplearse con fines diagnósticos, para facilitar la evaluación directa de las estructuras intraarticulares, o terapéuticos, como en la reparación de lesiones meniscales o ligamentarias, la extracción de cuerpos extraños, la resección de tejido patológico y el seguimiento evolutivo de determinadas patologías (13).

En la mayoría de los casos, el procedimiento dura menos de una hora; no obstante, el tiempo quirúrgico puede variar según los hallazgos intraoperatorios y la complejidad de la intervención (14). Al finalizar, el cirujano puede cerrar cada incisión con un punto de sutura o con tiras adhesivas estériles y cubrir la rodilla con un vendaje suave (14). En ocasiones, se utilizan ortesis posoperatorias cuando la reparación o reconstrucción realizada requiere protección.

Rol actual de la artroscopia de rodilla según la evidencia y las guías clínicas

La artroscopia es una herramienta para el manejo quirúrgico de determinadas patologías de rodilla, con fines diagnósticos y terapéuticos. Su desarrollo ha permitido visualizar directamente las estructuras intraarticulares y realizar procedimientos mínimamente invasivos, asociados con menor dolor posoperatorio y una recuperación más rápida en comparación con la cirugía abierta de rodilla (15-18).

La selección adecuada de los pacientes es fundamental para optimizar los resultados clínicos de este procedimiento. En este contexto, la Asociación Británica de Cirugía de la Rodilla (BASK) publicó en 2019 una guía de práctica clínica sobre la cirugía artroscópica meniscal, orientada a facilitar la identificación y el manejo de pacientes con lesiones meniscales (19).

Esta guía recomienda la artroscopia en pacientes con rodilla bloqueada y lesiones meniscales agudas.

Además, la artroscopia puede considerarse en escenarios clínicos específicos y cuidadosamente seleccionados, como determinadas lesiones

de los ligamentos cruzados, artrofibrosis, lesiones osteocondrales, presencia de cuerpos libres intraarticulares, sinovitis villonodular y artritis séptica. También puede utilizarse para procedimientos terapéuticos específicos, como sinovectomía, microfracturas, irrigación y desbridamiento articular, de acuerdo con el contexto clínico y la evidencia disponible (12, 20-32).

No obstante, la indicación de la artroscopia debe individualizarse y evaluarse con cautela en el contexto de la enfermedad degenerativa de rodilla. En este escenario, la guía de la BASK señala que los pacientes con artrosis avanzada pueden beneficiarse más de tratamientos alternativos, como la osteotomía o la artroplastia (19).

Complicaciones

La mortalidad asociada con la cirugía artroscópica de rodilla es baja, con tasas que oscilan entre el 0,5 % y el 1 % (15). El volumen de procedimientos realizados por el cirujano se ha relacionado con los resultados clínicos, y se ha descrito una relación inversamente proporcional entre ambas variables (33-36).

Otras complicaciones descritas incluyen eventos asociados con los procedimientos quirúrgicos, como complicaciones anestésicas, necesidad de transfusión, tromboembolia venosa e infección del sitio quirúrgico. También se mencionan complicaciones específicas, como lesiones neurovasculares, fracturas periimplantarias, infecciones protésicas, trastornos patelofemorales y problemas relacionados con el desgaste de la prótesis (37).

Entre las complicaciones menos frecuentes se describen la inhibición del cuádriceps, el síndrome compartimental, la distrofia simpática refleja, las lesiones de la arteria poplítea, los cuerpos libres intraarticulares y la herniación de la grasa (38).

La reintervención en la artroplastia total de rodilla (ATR) puede ser necesaria debido a complicaciones como las descritas anteriormente. El aflojamiento y la infección se señalan como las principales causas de reintervención, con tasas más altas en hombres y pacientes jóvenes, atribuidas a una mayor frecuencia de infección. La longevidad del implante depende de la carga soportada y se describe como mayor en pacientes de edad avanzada y con artritis inflamatoria que en aquellos con osteoartritis. La obesidad incrementa el riesgo de infección y revisión quirúrgica. La infección protésica puede requerir múltiples intervenciones y, en casos graves, conducir a una artrodesis o amputación (39).

Biomarcadores

Los biomarcadores asociados con mal pronóstico en la cirugía artroscópica de rodilla pueden contribuir a predecir los resultados clínicos posoperatorios e identificar a los pacientes con mayor riesgo de complicaciones (40). Mediante el análisis del líquido sinovial y otros métodos diagnósticos complementarios, es posible categorizar a los pacientes según el grado de respuesta inflamatoria, lo que puede orientar las decisiones terapéuticas, estimar la intensidad del dolor posoperatorio y anticipar la posible necesidad de reintervención (40-43).

Diversos biomarcadores específicos también se han relacionado con un pronóstico desfavorable en estos pacientes (43). Su elevación se asocia con una respuesta inflamatoria exacerbada, dolor persistente, deterioro funcional y daño tisular, factores que, en conjunto, pueden aumentar el riesgo de complicaciones a largo plazo (44-48).

Los biomarcadores incluidos se seleccionaron por su relación con el dolor articular, la inflamación y la degeneración del cartílago (6). Sus características se presentan en las tablas 1 y 2 (1, 6, 43-49).

Tabla 1. Biomarcadores inflamatorios y de respuesta inmunológica

Características	Biomarcador
Un valor elevado en el período preoperatorio se asocia con peor pronóstico, ya que indica la presencia de un proceso inflamatorio sistémico o infeccioso.	**PCR (Proteína C reactiva)**
Citocina proinflamatoria que activa la ciclooxigenasa-2 (COX-2) y aumenta la producción de prostaglandina E2 (PGE2), intensificando la respuesta inflamatoria y el dolor postoperatorio.	**IL-1β**
Citocina proinflamatoria que estimula la COX-2 y la producción de PGE2, contribuyendo al aumento de la inflamación y del dolor postoperatorio.	**IL-6**
Quimiocina cuya sobreexpresión intensifica la respuesta inflamatoria, incrementa el infiltrado celular y prolonga el proceso inflamatorio, asociándose con recuperación más lenta.	**RANTES (CCL5)**
Quimiocina que recluta monocitos y linfocitos T de memoria, favoreciendo la liberación de citocinas proinflamatorias y la persistencia de la inflamación.	**MCP-1 (CCL2)**

PCR: proteína C reactiva; IL-1β: interleucina 1 beta; IL-6: interleucina 6, RANTES: quimiocina regulada tras la activación, expresada y secretada por linfocitos T; MCP-1: proteína quimioatrayente de monocitos tipo 1.

Tabla 2. Biomarcadores de daño tisular, remodelación y reparación

Características	Biomarcador
Metaloproteinasas asociadas con la degradación del colágeno tipo IV y otros componentes de la matriz extracelular. Se relacionan con mala cicatrización, inestabilidad articular y osteoartrosis postquirúrgica.	**MMP-2 / MMP-9**
Estromelisina que degrada colágenos II, IV, IX, X y XI, además de proteoglicanos, fibronectina, laminina y elastina. También activa otras metaloproteinasas, amplificando la degradación de la matriz extracelular.	**MMP-3**
Colagenasa con capacidad para degradar colágenos I, II, III, IV, IX, X y XIV, participando en la remodelación y destrucción del tejido cartilaginoso.	**MMP-13**
Inhibidores tisulares de metaloproteinasas. Regulan la actividad de las MMP y tienen un papel condroprotector, manteniendo el equilibrio en la remodelación de la matriz extracelular.	**TIMP-1 / TIMP-2 / TIMP-3**
Marcador de lisis celular y daño tisular, asociado a activación de macrófagos y estrés oxidativo en el tejido afectado.	**LDH**
Factor de crecimiento endotelial vascular que induce angiogénesis y participa en los procesos de reparación y regeneración tisular.	**VEGF**

MMP: metaloproteinasa de matriz; TIMP: inhibidor tisular de las metaloproteinasas; LDH: lactato deshidrogenasa; VEGF: factor de crecimiento endotelial vascular.

Conclusiones

La artroscopia de rodilla se ha consolidado como una herramienta terapéutica para el manejo de múltiples patologías articulares, ya que permite realizar procedimientos menos invasivos y reducir los tiempos de recuperación en comparación con las técnicas abiertas. Sin embargo, la variabilidad de los resultados clínicos resalta la necesidad de optimizar los criterios de selección y seguimiento de los pacientes. En este contexto, la identificación de biomarcadores asociados con mal pronóstico podría contribuir a anticipar complicaciones y mejorar los resultados posoperatorios.

La evidencia disponible sugiere que los factores inflamatorios, los marcadores de daño tisular y determinados perfiles genéticos pueden influir en la evolución clínica después de una intervención artroscópica. Por ello, la evaluación preoperatoria integral, que considere las características clínicas y funcionales, así como el perfil biológico del paciente, podría contribuir a orientar estrategias terapéuticas individualizadas.

El estudio de estos biomarcadores representa una oportunidad para avanzar hacia un modelo de medicina de precisión en la artroscopia de rodilla, con el potencial de mejorar los resultados del procedimiento y reducir el riesgo de complicaciones. No obstante, se requieren más estudios

prospectivos que profundicen en la relación entre los biomarcadores y los resultados quirúrgicos, con el fin de establecer protocolos que orienten la selección y el manejo de los pacientes sometidos a estas intervenciones.

Financiación: Autofinanciada.

Conflictos de intereses: Ninguno.

Correspondencia electrónica: Maximiliano.izquierdo@upb.edu.co

Referencias

1. Rathod V, Shrivastav S, Gharpinde MR. Knee arthroscopy in the era of precision medicine: a comprehensive review of tailored approaches and emerging technologies. Cureus. 2024;16(10). doi:10.7759/cureus.70932.
2. Gottreich JR, Katz JN, Jones MH. Preoperative synovial tissue and synovial fluid biomarkers as predictors for outcomes after knee arthroscopy and ACL reconstruction: a narrative review. Orthop J Sports Med. 2024;12(3):23259671231193370. doi:10.1177/23259671231193370.
3. Johnson KB, Wei WQ, Weeraratne D, Frisse ME, Misulis K, Rhee K, et al. Precision medicine, AI, and the future of personalized health care. Clin Transl Sci. 2021;14(1):86-93. doi:10.1111/cts.12884.
4. Yazdi H, Moradi A, Sanaie A, Ghadi A. Does the hyperextension maneuver prevent knee extension loss after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction? J Orthop Traumatol. 2016;17(4):327-31. doi:10.1007/s10195-016-0408-9.
5. National Research Council (US) Committee on Intellectual Property Rights in Genomic and Protein Research and Innovation; Merrill SA, Mazza AM, editors. Reaping the benefits of genomic and proteomic research: intellectual property rights, innovation, and public health. Washington (DC): National Academies Press (US); 2006. doi:10.17226/11487.
6. Cuéllar VG, Cuéllar JM, Kirsch T, Strauss EJ. Correlation of synovial fluid biomarkers with cartilage pathology and associated outcomes in knee arthroscopy. Arthroscopy. 2016;32(3):475-85. doi:10.1016/j.arthro.2015.08.033.
7. Naili JE, Ahmed AS, Hedström M, Simonsen MB, Broström EW, Harris HE, et al. Proteomic analysis reveals biomarkers associated with performance-based joint function and patient-reported outcomes in knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage Open. 2024;7(1):100543. doi:10.1016/j.ocarto.2024.100543.
8. van de Loo FA, Joosten LA, van Lent PL, Arntz OJ, van den Berg WB. Role of interleukin-1, tumor necrosis factor alpha, and interleukin-6 in cartilage proteoglycan metabolism and destruction: effect of in situ blocking in murine antigen- and zymosan-induced arthritis. Arthritis Rheum. 1995;38(2):164-72. doi:10.1002/art.1780380204.
9. Shlopov BV, Lie WR, Mainardi CL, Cole AA, Chubinskaya S, Hasty KA. Osteoarthritic lesions: involvement of three different collagenases. Arthritis Rheum. 1997;40(11):2065-74. doi:10.1002/art.1780401120.
10. Ayala-Mejías JD, García-Estrada GA, Rodríguez-Hernández C, del-Monte-Bello G. Descripción de una técnica artroscópica y percutánea para la reparación de lesiones de esquina posterolateral de rodilla. Acta Ortop Mex. 2011;25(6):396-402.
11. Reyes Llerena Gil A, Guibert Toledano JM, Hernández Martínez A. Usos, inconvenientes y abusos de la artroscopia en reumatología. Rev Cubana Reumatol. 2000;2(2):4-12.
12. Thompson SR. Diagnostic knee arthroscopy and partial meniscectomy. JBJS Essent Surg Tech. 2016;6(1). doi:10.2106/JBJS.ST.N.00095.
13. Solís Cartas U, Torres Carballeira R, Pérez Piñero J. Tratamiento por artroscopia para afecciones de rodilla en adultos mayores. Rev Cubana Reumatol. 2010;12(16):18-32.
14. Mondino JA. Artroscopia de rodilla con anestesia local. Artroscopia. 2006;13(2):102-10.
15. Mahomed NN, Barrett J, Katz JN, Baron JA, Wright J, Losina E. Epidemiology of total knee replacement in the United States Medicare population. J Bone Joint Surg Am. 2005;87(6):1222-8. doi:10.2106/JBJS.D.02546.
16. Jämsen E, Virta LJ, Hakala M, Kauppi MJ, Malmivaara A, Lehto MU. The decline in joint replacement surgery in rheumatoid arthritis is associated with a concomitant increase in the intensity of anti-rheumatic therapy: a nationwide register-based study from 1995 through 2010. Acta Orthop. 2013;84(4):331-7. doi:10.3109/17453674.2013.810519.

17. Cordtz RL, Hawley S, Prieto-Alhambra D, Højgaard P, Zobbe K, Overgaard S, et al. Incidence of hip and knee replacement in patients with rheumatoid arthritis following the introduction of biological DMARDs: an interrupted time-series analysis using nationwide Danish healthcare registers. Ann Rheum Dis. 2018;77(5):684-9. doi:10.1136/annrheumdis-2017-212424.

18. LaPrade RF, Spalding T, Murray IR, Chahla J, Safran MR, Larson CM, et al. Knee arthroscopy: evidence for a targeted approach. Br J Sports Med. 2021;55(13):707-8. doi:10.1136/bjsports-2020-103742.

19. Abram SGF, Beard DJ, Price AJ; BASK Meniscal Working Group. Arthroscopic meniscal surgery: a national society treatment guideline and consensus statement. Bone Joint J. 2019;101-B(6):652-9. doi:10.1302/0301-620X.101B6.BJJ-2019-0126.R1.

20. Herrero V, Ávila C, Crespo P, García-Germán D. Abordajes artroscópicos posteriores en cirugía de rodilla. Rev Esp Artrosc Cir Articul. 2019;26(2):136-45. doi:10.24129/j.reaca.26266.fs1901001.

21. Louisia S, Charrois O, Beaufils P. Posterior "back and forth" approach in arthroscopic surgery on the posterior knee compartments. Arthroscopy. 2003;19:321-5.

22. Jang KM, Ahn JH, Wang JH. Arthroscopic partial meniscectomy of a posteriorly flipped superior leaflet in a horizontal medial meniscus tear using a posterior transseptal portal. Orthopedics. 2012;35:430-3.

23. Wang KH, Hwang DH, Cho JH, Changale SD, Woo SJ, Nha KW. Arthroscopic direct repair for a complete radial tear of the posterior root of the medial meniscus. Clin Orthop Surg. 2011;3:332-5.

24. Keyhani S, Ahn JH, Verdonk R, Soleymanha M, Abbasian M. Arthroscopic all-inside ramp lesion repair using the posterolateral transseptal portal view. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2017;25:454-8.

25. Vasdev A, Rajgopal A, Gupta H, Dahiya V, Tyagi VC. Arthroscopic all-inside posterior cruciate ligament reconstruction: overcoming the "killer turn". Arthrosc Tech. 2016;5:501-6.

26. Chen LB, Wang H, Tie K, Mohammed A, Qi YJ. Arthroscopic fixation of an avulsion fracture of the tibia involving the posterior cruciate ligament: a modified technique in a series of 22 cases. Bone Joint J. 2015;97-B:1220-5.

27. García-Germán Vázquez D. Rigidez de rodilla y artrofibrosis. En: Calvo E, editor. Bloque miembro inferior: artroscopia de rodilla. Plan Nacional de Formación en Artroscopia. Asociación Española de Artroscopia; 2016. p. 1-15.

28. Chen B, Chen L, Chen H, Yang X, Tie K, Wang H. Arthroscopic removal of loose bodies using the accessory portals in the difficult locations of the knee: a case series and technical note. J Orthop Surg Res. 2018;13:258.

29. Kramer DE, Frassica FJ, Frassica DA, Cosgarea AJ. Pigmented villonodular synovitis of the knee: diagnosis and treatment. J Knee Surg. 2009;22:243-54.

30. Elazab A, Lee YS, Kang SG. Femoral footprint reconstruction with a direct viewing of the posterior insertion using a trans-septal portal in the outside-in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthrosc Tech. 2016;5(1). doi:10.1016/j.eats.2015.10.001.

31. Kyung BS, Lee SH, Han SB, Park JH, Kim CH, Lee DH. Arthroscopic treatment of synovial chondromatosis at the knee posterior septum using a trans-septal approach: report of two cases. Knee. 2012;19(5):732-5. doi:10.1016/j.knee.2011.10.003.

32. Kongmalai P, Chernchujit B. Arthroscopic treatment of popliteal cyst: a direct posterior portal by inside-out technique for intracystic debridement. Arthrosc Tech. 2015;4(2). doi:10.1016/j.eats.2014.12.002.

33. Onyema C, Oragui E, White J, Khan WS. Evidence-based practice in arthroscopic knee surgery. J Perioper Pract. 2011;21(4):128-34. doi:10.1177/175045891102100403.

34. Australian Knee Society. Position statement from the Australian Knee Society on arthroscopic surgery of the knee, including reference to the presence of osteoarthritis or degenerative joint disease: updated October 2016. Orthop J Sports Med. 2017;5(9):2325967117728677. doi:10.1177/2325967117728677.

35. Siemieniuk RAC, Harris IA, Agoritsas T, Poolman RW, Brignardello-Petersen R, van de Velde S, et al. Arthroscopic surgery for degenerative knee arthritis and meniscal tears: a clinical practice guideline. BMJ. 2017;357. doi:10.1136/bmj.j1982.

36. Katz JN, Mahomed NN, Baron JA, Barrett JA, Fossel AH, Creel AH, et al. Association of hospital and surgeon procedure volume with patient-centered outcomes of total knee replacement in a population-based cohort of patients aged 65 years and older. Arthritis Rheum. 2007;56(2):568-74. doi:10.1002/art.22333.

37. Bragg JT, McIntyre JA, Puzzitiello RN, Salzler MJ. Complications, reoperations, and readmissions after common arthroscopic sports medicine procedures of the knee: an analysis of the ABOS Part II Oral Examination case list database. Am J Sports Med. 2025;53(5):1085-92. doi:10.1177/03635465251321007.

38. Juryn MS, Ekhtiari S, Wolfstadt JI, Backstein DJ. Above-knee amputation following chronically infected total knee arthroplasty: patient-reported satisfaction and functional outcomes. J Arthroplasty. 2025;40(2):486-93.e2. doi:10.1016/j.arth.2024.08.017.

39. Evans JT, Walker RW, Evans JP, Blom AW, Sayers A, Whitehouse MR. How long does a knee replacement last? A systematic review and meta-analysis of case series and national registry reports with more than 15 years of follow-up. Lancet. 2019;393(10172):655-63. doi:10.1016/S0140-6736(18)32531-5.

40. Izaguirre A, González-Gutiérrez G, Galindo-López SE, Arenas-Serna G, Rodríguez A, Flores-Torrero E, et al. Evaluation of biomarkers of joint damage in patients subjected to arthroscopy. Int Orthop. 2021;45(6):1413-20. doi:10.1007/s00264-020-04829-x.

41. Alonso B, Bravo B, Mediavilla L, Gortazar AR, Forriol F, Vaquero J, et al. Osteoarthritis-related biomarkers profile in chronic anterior cruciate ligament injured knee. Knee. 2020;27(1):51-60. doi:10.1016/j.knee.2019.12.007.

42. Clair AJ, Kingery MT, Anil U, Kenny L, Kirsch T, Strauss EJ. Alterations in synovial fluid biomarker levels in knees with meniscal injury as compared with asymptomatic contralateral knees. Am J Sports Med. 2019;47(4):847-56. doi:10.1177/0363546519825498.

43. Watt FE, Paterson E, Freidin A, Kenny M, Judge A, Saklatvala J, et al. Acute molecular changes in synovial fluid following human knee injury: association with early clinical outcomes. Arthritis Rheumatol. 2016;68(9):2129-40. doi:10.1002/art.39677.

44. Wyatt LA, Nwosu LN, Wilson D, Hill R, Spendlove I, Bennett AJ, et al. Molecular expression patterns in the synovium and their association with advanced symptomatic knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2019;27(4):667-75. doi:10.1016/j.joca.2018.12.012.

45. Hill CL, Hunter DJ, Niu J, Clancy M, Guermazi A, Genant H, et al. Synovitis detected on magnetic resonance imaging and its relation to pain and cartilage loss in knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2007;66(12):1599-603. doi:10.1136/ard.2006.067470.

46. Baker K, Grainger A, Niu J, Clancy M, Guermazi A, Crema M, et al. Relation of synovitis to knee pain using contrast-enh