

Correlación radiográfica entre la desviación del eje mecánico femorotibial y la artrosis temprana de rodilla en adultos jóvenes y de mediana edad

Radiographic correlation between femorotibial mechanical axis deviation and early knee osteoarthritis in young and middle aged adults

Bolívar, Luisangela; Abreu, Martín

 Luisangela Bolívar
luisangelabolivarp@gmail.com
Médico especialista en Radiodiagnóstico.

 Martín Abreu
dantelebrun@gmail.com
Médico especialista en Radiodiagnóstico. Adjunto docente del postgrado en Radiodiagnóstico. Hospital Militar Universitario "Dr. Carlos Arvelo".

Revista Digital de Postgrado
Universidad Central de Venezuela, Venezuela
ISSN-e: 2244-761X
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 15, núm. 2, e459, 2026
revistadpgmeducv@gmail.com

Recepción: 24 de abril de 2026
Aprobación: 27 de julio de 2026

DOI: <https://doi.org/10.37910/RDP.2026.15.2.e459>

Cómo citar: Bolívar L, Abreu M. Correlación radiográfica entre la desviación del eje mecánico femorotibial y la artrosis temprana de rodilla en adultos jóvenes y de mediana edad. Rev. Digit Postgrado 2026; 15(2): e459. doi.10.37910/RDP.2026. 15.2. e459

Resumen: Objetivo: Determinar la relación entre la desviación del eje mecánico y la artrosis temprana de rodilla según la escala Kellgren-Lawrence (KL 1-2), en adultos jóvenes y de mediana edad. Métodos: estudio descriptivo, retrospectivo y observacional, de corte transversal, orientado a evaluar la correlación radiográfica entre la desviación del eje mecánico y los signos iniciales de artrosis de rodilla en adultos jóvenes y de mediana edad. La muestra fue no probabilística, por conveniencia; se evaluaron 72 pacientes (144 rodillas), con análisis de telerradiografías en carga para medir desviación del eje mecánico femorotibial y ángulo femorotibial mecánico (mFT/HKA). Se aplicaron correlación de Spearman, prueba de Chi-cuadrado y regresión logística binaria. Resultados: La desviación del eje mecánico femorotibial mostró correlación positiva moderada con artrosis ($\rho = 0,414$), mientras que mFT/HKA correlacionó negativamente ($\rho = -0,387$). El varo se asoció con mayor daño medial; edad y dolor fueron predictores significativos. Conclusión: La desviación mecánica, especialmente en varo, es un predictor clave de artrosis incipiente, subrayando la importancia de evaluar la alineación en el diagnóstico precoz.

Palabras claves: Artrosis de rodilla, Desviación del eje mecánico, Alineación femorotibial, Kellgren-Lawrence.

Abstract: Objective: To determine the relationship between mechanical axis deviation and early knee osteoarthritis according to the Kellgren-Lawrence scale (KL 1-2) in young and middle-aged adults. Methods: A descriptive, observational and retrospective study was conducted on 72 patients (144 knees). Analysis of weight-bearing long-leg radiographs (telerradiographies) was performed to measure Mechanical Axis Deviation and the Mechanical Femorotibial Angle (mFT/HKA). Statistical analysis included Spearman's

correlation, Chi-square tests, and binary logistic regression. Results: to measure Mechanical Axis Deviation correlated positively with osteoarthritis ($\rho = 0,414$), while mFT/HKA correlated negatively ($\rho = -0,387$). Varus alignment was linked to medial compartment damage; age and pain were significant predictors. Conclusion: Mechanical axis deviation, particularly varus, is a strong predictor of early knee osteoarthritis, highlighting the need to assess alignment in early diagnosis.

Keywords: Knee osteoarthritis, Mechanical axis deviation, Femorotibial alignment, Kellgren-Lawrence.

INTRODUCCIÓN

La artrosis de rodilla (AR), también denominada osteoartritis (OA) en la literatura internacional, es la artropatía más prevalente y constituye una de las principales causas de dolor y discapacidad musculoesquelética a nivel mundial, con incremento sostenido de años vividos con discapacidad.⁽¹⁾ Aunque clásicamente asociada a la edad avanzada, la atención epidemiológica y clínica se ha desplazado hacia la identificación y manejo de la OA en etapa inicial (grados 0 a 2 según la clasificación radiográfica de Kellgren-Lawrence) en adultos jóvenes, dada su repercusión funcional a mediano plazo y la existencia de una ventana terapéutica para estrategias de preservación articular.⁽²⁾ La etiopatogenia de la OA es multifactorial e involucra factores mecánicos, metabólicos y biológicos; no obstante, los determinantes mecánicos del miembro inferior, especialmente la alineación coronal, desempeñan un papel central en la génesis y progresión de la lesión condral y subcondral. La desalineación coronal redistribuye las cargas femorotibiales, concentrando las fuerzas en el compartimento medial o lateral, lo que genera un estrés mecánico crónico que favorece el deterioro del cartílago y la progresión estructural de la enfermedad.^(3,4)

La desalineación en varo y valgo se ha asociado con un incremento significativo en el riesgo de progresión de la OA y deterioro funcional, siendo ampliamente documentada en estudios internacionales. Sharma *et al.*,⁽⁵⁾ demostraron que el varo cuadruplica el riesgo de progresión medial, mientras que otros estudios confirmaron que el varo no solo acelera la progresión de la OA, sino que también puede preceder su aparición, especialmente en individuos con sobrepeso.⁽⁴⁾ Además, se evidenció que el impacto de la desalineación es mayor en estadios moderados de la enfermedad, lo que sugiere una interacción entre vulnerabilidad articular y magnitud de la desviación.⁽⁶⁾

Desde una perspectiva biomecánica, Felson, *et al.*,⁽⁷⁾ propuso que la OA debe entenderse como una enfermedad inducida por fuerzas físicas, donde la corrección de la carga articular tiene efectos duraderos sobre el dolor y la función. Heijink *et al.*,⁽⁸⁾ identificaron que la desalineación, junto con la pérdida meniscal y los defectos osteocondrales, favorecen la degeneración del cartílago, particularmente en pacientes jóvenes. Además, estudios del daño del cartílago lateral y el daño meniscal progresivo han permitido caracterizar el papel del valgo en la OA lateral. En este sentido, Sharma *et al.*,⁽⁵⁾ y Felson *et al.*,⁽⁷⁾ documentaron que grados de valgo $\geq 3^\circ$ incrementan el riesgo de OA lateral y daño meniscal en resonancia magnética. Por otro lado, investigaciones como Goulston *et al.*,⁽¹¹⁾ en 2016, destacaron la importancia de la medición precisa del eje mecánico para la evaluación de la alineación y la progresión de la OA, y concluyeron que el método de dos puntos aplicado al centro de la meseta tibial es el más reproducible y correlacionado con los hallazgos radiográficos de OA.

En el contexto latinoamericano, Velasco *et al.*,⁽¹²⁾ realizaron una revisión sistemática sobre los factores biomecánicos asociados con la OA de rodilla, destacando la influencia del índice de masa corporal (IMC), la hipertensión arterial, y el estilo de vida como factores modificables relevantes. En Venezuela, Álvarez *et al.*,

⁽¹³⁾ en 2011, reportaron una alta frecuencia de deformidad angular como causa de OA secundaria, con predominio de la afección bicompartimental y una fuerte asociación con la OA de cadera, lo que sugiere un patrón degenerativo multifocal. Sin embargo, la literatura nacional presenta limitaciones metodológicas importantes, como el uso de muestras clínicas no estandarizadas, la falta de mediciones radiográficas completas en carga y la escasa aplicación de criterios internacionales como el eje mecánico o el ángulo femorotibial.

Las telerradiografías panorámicas en carga estandarizadas permiten analizar esta relación en cualquier edad. El análisis retrospectivo de imágenes facilita la identificación de umbrales de riesgo y la definición de criterios diagnósticos y de seguimiento orientados a la preservación articular temprana. En este contexto, surge la siguiente interrogante: ¿Existe una correlación significativa entre la desviación del eje mecánico femorotibial y la presencia de artrosis radiográfica incipiente de rodilla (grados KL 1-2) en adultos jóvenes y de mediana edad? El objetivo general de este estudio fue determinar si existe una correlación significativa entre la desviación del eje mecánico femorotibial (MAD), ángulo femorotibial mecánico (mFT/HKA) y la presencia de artrosis inicial de rodilla (KL1-2), en adultos jóvenes y de mediana edad

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo y observacional de corte transversal, orientado a evaluar la correlación radiográfica entre la desviación del eje mecánico y los signos iniciales de artrosis de rodilla en adultos jóvenes y de mediana edad. La muestra fue no probabilística por conveniencia. Se revisaron 301 estudios radiográficos efectuados entre enero de 2024 y octubre de 2025 en la Policlínica Metropolitana; 72 pacientes cumplieron los criterios de inclusión, totalizando 144 rodillas como unidades independientes de análisis. Esta investigación fue evaluado y aprobado el 03 de diciembre de 2025 por el Comité de Bioética de la institución en donde se realizó la investigación (Policlínica Metropolitana).

Se incluyeron pacientes entre 18 y 50 años con telerradiografías panorámicas de miembros inferiores en carga, técnicamente adecuadas y acompañadas de ficha clínica complementaria. Se excluyeron imágenes incompletas, mal posicionadas, con artefactos, antecedentes quirúrgicos, deformidades graves o expedientes clínicos insuficientes. Las variables peso e IMC fueron descartadas por ausencia sistemática en los registros.

Las telerradiografías panorámicas en carga se obtuvieron con equipo portátil GE *Medical Systems* y sistema PACS *Centricity* RIS-i 5.0. Las mediciones fueron realizadas por la investigadora principal y validadas mediante doble lectura, siguiendo los métodos de Cooke y Sled (14) y Paley. (15) La alineación coronal se evaluó mediante el ángulo mecánico femorotibial (HKA/mFT), recomendado por la *Knee Society* como estándar internacional, y el ángulo femorotibial anatómico (FTA). Ambos describen la misma condición fisiológica, aunque con distinta convención; en este estudio se priorizó el HKA por su mayor precisión biomecánica y correlación con la distribución de cargas, mientras que el FTA se incluyó como medida complementaria. ⁽¹⁶⁻¹⁹⁾

La información se registró en una ficha diseñada para el estudio, codificando hallazgos clínicos y radiográficos por rodilla. Los datos se procesaron en Microsoft Excel y se analizaron en IBM SPSS *Statistics*. Se aplicó estadística descriptiva, correlación de Spearman, Chi-cuadrado y regresión logística binaria, considerando significancia en $p < 0,05$.

RESULTADOS

Tras el análisis de la cohorte compuesta por 144 rodillas (72 pacientes), se determinó que la desviación del eje mecánico (MAD) presentó una media de 4,35 mm (DE 3,05; rango 0,5-17 mm), con un claro predominio de desviaciones leves. El ángulo femorotibial mecánico (mFT/HKA) mostró una media de 179,4° (DE 4,0°; rango 170-189°), con la mayoría de las mediciones situadas cerca del valgo fisiológico, mientras que el ángulo femorotibial anatómico (FTA) registró una media de 5,54° (DE 1,59; rango 2°-9°). Estos parámetros se detallan en la Tabla 1.

TABLA 1. Parámetros radiográficos biomecánicos: MAD, mFT/HKA y FTA

Variable	Media	DE	Mínimo	Máximo
MAD (mm)	4,35	3,05	0,5	17,0
mFT/HKA (°)	179,44	3,99	170,0	189,0
FTA (°)	5,54	1,59	2,0	9,0

Respecto a la alineación del eje femorotibial, la mayoría de la muestra presentó alineación neutra (70,8 %, n = 102), seguido de varo (15,3 %, n = 22) y valgo (13,9 %, n = 20). La magnitud de estas desviaciones fue principalmente de carácter leve a moderado, siendo las desviaciones graves poco frecuentes. Los detalles están en la Tabla 2.

TABLA 2. Distribución de alineación angular y magnitud de desviación

Tipo de alineación	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Magnitud de desviación
Neutro (HKA 177°-183° / FTA 5°-7°)	102	70,8	
Varo (HKA <177° / FTA <5°)	22	15,3	Leve-moderada en la mayoría; severas raras
Valgo (HKA >183° / FTA >7°)	20	13,19	Leve-moderada en la mayoría; severas raras

En cuanto a la clasificación de Kellgren-Lawrence, el 80,6 % de las rodillas (n = 116) se categorizaron como KL 0. La artrosis incipiente estuvo representada por el grado KL 1 (6,9 %, n = 10) y el grado KL 2 (8,3 %, n = 12), lo que arroja una prevalencia total de artrosis temprana del 15,2 % en esta cohorte. Los grados avanzados fueron minoritarios, con un 2,8 % (n = 4) para KL 3 y un 1,4 % (n = 2) para KL 4. Entre los casos con afectación compartimental, predominó el compartimento medial (9,0 %, n = 13), seguido del lateral (6,3 %, n = 9) y el bicompartimental (4,2 %, n = 6). Estos resultados se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3. Clasificación radiográfica de artrosis (KL) y compartimento afectado

Variable	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Kellgren-Lawrence (KL)	KL 0 - Normal	116	80,6
	KL 1 - Dudoso	10	6,9
	KL 2 - Leve	12	8,3
	KL 3 - Moderado	4	2,8
	KL 4 - Severo	2	1,4
Compartimento afectado	0 - No aplica	116	80,6
	1 - Medial	13	9,0
	2 - Lateral	9	6,3
	3 - Bicompartimental	6	4,2

La correlación de Spearman mostró una relación positiva moderada entre MAD y el grado KL ($\rho = 0,414$; $p < 0,001$), indicando que mayores desviaciones del eje se asocian con mayor gravedad de artrosis. En contraste, el mFT/HKA mostró una correlación negativa moderada con la escala KL ($\rho = -0,387$; $p < 0,001$), lo que sugiere que valores menores del ángulo (varo) se relacionan con mayor daño estructural. Estos hallazgos se resumen en la Tabla 4.

TABLA 4. Correlación de Spearman entre MAD, mFT/HKA y grado KL

Parámetro	ρ de Spearman	p-valor	Interpretación
MAD (mm) vs KL	+0,414	< 0,001	Correlación positiva moderada: mayor desviación mecánica se asocia con mayor KL
mFT/HKA (°) vs KL	- 0,387	< 0,001	Correlación negativa moderada: menor ángulo (tendencia al varo) se relaciona con mayor KL

Asimismo, se encontró una asociación significativa mediante la prueba de Chi-cuadrado entre el tipo de alineación (neutro, varo, valgo) y el compartimento afectado (medial, lateral, bicompartimental), con un valor $\chi^2 = 53,63$ ($p < 0,001$). Descriptivamente, las rodillas en varo se asociaron predominantemente con la afectación medial, mientras que las rodillas en valgo mostraron mayor compromiso lateral y bicompartimental. La alineación neutra presentó la mayor proporción de rodillas sin afectación compartimental (80,6 %) (Tabla 5).

TABLA 5. Chi-cuadrado entre tipo de alineación angular y compartimento afectado

Tipo de alineación	Media (n, %)	Lateral (n, %)	Bicompartimental (n, %)	No aplica (n, %)
Neutro (HKA 177°-183° /	77 (53,5%)	19 (13,2%)	2 (1,4%)	4 (2,8%)
Varo (HKA <177° / FTA	5 (3,5%)	15 (10,4%)	0 (0%)	2 (1,4%)
Valgo (HKA >183° / FTA	15 (10,4%)	0 (0%)	5 (3,5%)	0 (0%)

Finalmente, las características demográficas de la cohorte mostraron una edad media de $34,2 \pm 10,5$ años, con predominio de adultos jóvenes (55,6 %) y del sexo femenino (63,9 %). El dolor clínico estuvo presente en el 18,8 % de los casos. El análisis de regresión logística binaria identificó a la edad (OR = 2,27; $p = 0,002$) y al dolor clínico (OR = 9,12; $p < 0,001$) como los principales predictores de artrosis incipiente (KL 1-2). Adicionalmente, el MAD (OR = 1,25; $p = 0,001$), el mFT/HKA (OR = 1,18; $p = 0,004$) y el FTA (OR = 1,20; $p = 0,015$) también mostraron asociaciones significativas, a diferencia del sexo y la lateralidad, que no resultaron ser predictores significativos. Los detalles completos se presentan en las Tablas 6 y 7.

TABLA 6. Características demográficas y clínicas de la muestra (n = 144 rodillas)

Variable	Categorías / Estadísticos	Resultados
Edad (años)	Media $\pm$ DE Mediana (rango)	34,18 $\pm$ 10,47 34 (18–50)
Grupo etario	1 = Adulto joven (18–35) 2 = Mediana edad (36–50)	80 (55,6%) 64 (44,4%)
Sexo	0 = Femenino 1 = Masculino	92 (63,9%) 52 (36,1%)
Lateralidad	0 = Izquierda 1 = Derecha	72 (50%) 72 (50%)
Dolor clínico	0 = No 1 = Sí	118 (81,25%) 26 (18,75%)

TABLA 7. Regresión logística binaria para predictores de artrosis incipiente (KL 1–2)

Variable independiente	OR (Odds Ratio)	IC95%	p-valor
Edad (años)	2,27	[1,36 – 3,80]	0,002
Dolor clínico (Sí vs No)	9,12	[2,99 – 27,85]	<0.001
MAD (mm)	1,25	[1,10 – 1,42]	0,001
mFT/HKA (°)	1,18	[1,05 – 1,33]	0,004
FTA (°)	1,20	[1,02 – 1,40]	0,015
Sexo (Masculino vs Femenino)	0,93	[0,36 – 2,37]	0,88
Lateralidad (Izquierda vs Derecha)	1,01	[0,55 – 1,85]	0,97

DISCUSIÓN

En el estudio se analizó la relación entre la desviación del eje mecánico femorotibial (MAD), el ángulo femorotibial mecánico (mFT/HKA) y la presencia de artrosis incipiente (KL 1-2) en adultos jóvenes y de mediana edad. Los resultados obtenidos revelan que, al igual que en investigaciones previas, las alteraciones biomecánicas de la rodilla, particularmente las desviaciones en la alineación, están asociadas con un mayor riesgo de artrosis temprana.

En la muestra de la presente investigación, se observó una correlación positiva moderada ($\rho = 0,414$) entre MAD y el grado de artrosis, lo que sugiere que, a mayor desviación del eje femorotibial, mayor es la prevalencia de artrosis temprana. Este hallazgo es consistente con lo que se ha reportado previamente, donde la alineación en varo está asociada con una mayor prevalencia y progresión de la artrosis medial. En particular, estudios como el de Sharma *et al.*,⁽⁵⁾ y Brouwer *et al.*,⁽⁹⁾ han identificado que la desalineación coronal, especialmente en varo, es un factor de riesgo importante para el desarrollo de artrosis en el compartimento medial de la rodilla. El estudio de Goulston *et al.*,⁽¹¹⁾ también refuerza la idea de que la alineación en varo puede duplicar el riesgo de desarrollar artrosis. En esta investigación, la correlación observada entre el mFT/HKA y el grado de artrosis también coincide con la literatura, como lo sugieren Hunter *et al.*,⁽¹⁰⁾ quienes encontraron que los valores menores de mFT/HKA (en varo) se correlacionan con mayor riesgo de daño articular.

Aunque la mayoría de los pacientes en este estudio no reportaron dolor (81,25 %), la regresión logística identificó que edad (OR = 2,27, $p = 0,002$) y dolor clínico (OR = 9,12, $p < 0,001$) fueron factores predictivos significativos de artrosis temprana, estos resultados son consistentes con estudios previos, como el de Sharma *et al.*,⁽⁵⁾ que encontraron que la edad avanzada es un factor importante para la progresión de la artrosis de rodilla. Además, investigaciones como la de Heijink *et al.*,⁽⁸⁾ sostienen que la edad es un factor determinante para el daño articular, lo que respalda la relación observada entre la edad y la artrosis incipiente en esta casuística. Por otro lado, la presencia de dolor no mostró una correlación significativa en el presente modelo, lo que podría explicarse por el hecho de que el dolor no siempre refleja con precisión la gravedad de la degeneración articular en las fases iniciales de la artrosis. Como mencionan, en 2016, Goulston *et al.*,⁽¹¹⁾ los pacientes pueden experimentar diferentes niveles de dolor sin que esto sea un indicador directo de la gravedad de la artrosis.

El análisis de la relación entre el tipo de alineación (neutro, varo, valgo) y el compartimento afectado reveló una asociación significativa entre la alineación en varo y la afectación del compartimento medial de la rodilla. Estos hallazgos coinciden con los de Brouwer *et al.*,⁽⁹⁾ y Cerejo *et al.*,⁽⁶⁾ quienes documentaron que la alineación en varo está asociada principalmente con la progresión de la artrosis en el compartimento medial de la rodilla. En contraste, la alineación en valgo se asocia con un mayor riesgo de progresión en el compartimento lateral, como lo sugieren los estudios de Sharma *et al.*,⁽⁵⁾ y Felson *et al.*,⁽⁷⁾. Estos resultados refuerzan la importancia de evaluar no solo la alineación del eje femorotibial, sino también la distribución

del daño articular en los diferentes compartimentos de la rodilla, lo que puede tener implicaciones terapéuticas significativas.

Los resultados de este estudio subrayan la importancia de evaluar la alineación de la rodilla como una herramienta clave en el diagnóstico y manejo de la artrosis temprana de rodilla. Identificar la desviación del eje mecánico, particularmente en varo, como un predictor significativo de artrosis incipiente, podría ayudar a desarrollar estrategias terapéuticas más efectivas, como la corrección quirúrgica de la alineación en pacientes con desviaciones en varo, como se sugiere en estudios previos de Suardi *et al.*,⁽²⁰⁾ y Felson *et al.*,⁽⁷⁾ quienes enfatizan la importancia de la alineación personalizada en la artroplastia total de rodilla (ATR).

El estudio presenta algunas limitaciones, como el tamaño de la muestra y la falta de seguimiento longitudinal, lo que impide evaluar la progresión de la artrosis a lo largo del tiempo. Además, no se consideraron otros factores biomecánicos, como la fuerza muscular o la estabilidad ligamentosa, que también podrían influir en la progresión de la artrosis de rodilla. Este aspecto, como sugieren Heijink *et al.*,⁽⁸⁾ y Cerejo *et al.*,⁽⁶⁾ sería importante considerar en futuros estudios.

CONCLUSIONES

El análisis de la relación entre la desviación del eje mecánico femorotibial (MAD) y el ángulo femorotibial mecánico (mFT/HKA) con la presencia de artrosis temprana de rodilla (KL 1-2) en la población de adultos jóvenes y de mediana edad estudiados, ha mostrado resultados relevantes para el diagnóstico y tratamiento de la osteoartritis. La correlación positiva entre MAD y KL y la correlación negativa entre mFT/HKA y KL refuerzan la idea de que las alteraciones en la alineación de la rodilla, especialmente la desviación en varo, son factores predictivos de la artrosis incipiente.

Además, los resultados evidencian que la edad y la presencia de dolor son predictores significativos de la artrosis temprana, lo que respalda la importancia de estos factores en la evaluación clínica. Aunque la lateralidad y el sexo no mostraron asociación significativa, el análisis de la distribución de la deformidad angular en relación con los compartimentos afectados de la rodilla es importante para la toma de decisiones terapéuticas. En particular, la alineación en varo se relacionó principalmente con la afectación del compartimento medial, lo que coincide con los hallazgos de estudios previos que sugieren que la artrosis en varo afecta predominantemente esta zona.

Este estudio subraya la necesidad de considerar la alineación femorotibial como una herramienta diagnóstica esencial en pacientes con artrosis temprana, lo que podría permitir intervenciones terapéuticas más personalizadas y efectivas, como la corrección quirúrgica de la alineación en aquellos con desviaciones en varo.

En conclusión, los hallazgos obtenidos contribuyen a la comprensión de los factores biomecánicos involucrados en la progresión de la artrosis de rodilla, sugiriendo que la alineación adecuada puede jugar un papel clave en la prevención de la progresión de la enfermedad.

REFERENCIAS

1. Cross M, Smith E, Hoy D, Nolte S, Ackerman I, Fransen M, et al. The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014; (7): 1323-1330. DOI: 10.1136/annrheumdis-2013-204763
2. Hunter DJ, Bierma-Zeinstra S. Osteoarthritis. *Lancet.* 2019; 393(10182): 1745-1759. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30417-9
3. Andriacchi TP, Koo S, Scanlan SF. Gait mechanics influence healthy cartilage morphology and osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Feb;91 Suppl 1(Suppl 1):95-101. doi: 10.2106/JBJS.H.01408.
4. Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in the initiation and progression of knee osteoarthritis. *Ann Intern Med.* 2001; 135(12): 1167-1175. doi:10.1001/jama.286.2.188

5. Sharma L, Chang A, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD, et al. Alignment in varus and valgus and incident and progressive knee osteoarthritis: data from the Osteoarthritis Initiative. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010; 18(11): 1292-1299. <https://doi.org/10.1136/ard.2010.129742>
6. Cerejo R, Dunlop DD, Cahue S, Channin D, Song J, Sharma L. The influence of alignment on risk of knee osteoarthritis progression according to baseline stage of disease. *Arthritis & rheumatism*. 2002 Oct;46(10):2632-6. <https://doi.org/10.1002/art.10530>
7. Felson DT. Osteoarthritis as a disease of mechanics. *Osteoarthritis Cartilage*. 2013; 21: 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2012.09.012>
8. Heijink A, Gomoll AH, Madry H, Drobnič M, Filardo G, Espregueira-Mendes J, et al. Biomechanical considerations in the pathogenesis of osteoarthritis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012; 20(3): 423-435. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1818-0>
9. Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, Belo JN, Bernsen RMD, Reijman M, et al. Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 2007; 56(4): 1204-1211. <https://doi.org/10.1002/art.22515>
10. Hunter DJ, Sharma L, Skaife T. Alignment and osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91(Suppl 1): 85-89. DOI: 10.2106/JBJS.H.01409
11. Goulston LM, Felson DT, Skey MR, Crossley KM, MacLachlan L, Segal NA, et al. Radiographic measurement of knee alignment: comparison of methods and correlation with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2016; 24(3): 418-425. doi: 10.1016/j.joca.2015.11.009.
12. Velasco JC, Martínez-Osorio J, Rodríguez-García R, Vallejo-Rodríguez J. Factores biomecánicos y metabólicos asociados a artrosis de rodilla: revisión sistemática. *Rev Repert Med Cir*. 2023; 32(1): e1371. <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.01217372.1371>
13. Álvarez López A, García Lorenzo YE, Puentes Álvarez A, Govea J. Artrosis secundaria a deformidades angulares: experiencia en un hospital venezolano. *Rev Cubana Med Gen Integr*. 2011; 27(2): 147-155. https://www.researchgate.net/publication/262669017_Comportamiento_de_la_osteoartritis_de_la_rodilla_en_un_grupo_de_pacientes_venezolanos
14. Cooke TD, Sled EA. Optimizing limb alignment in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91(Suppl 1): 1-6. DOI: 10.4103/jajs.jajs_145_24Creative commons license
15. Paley D. Principles of deformity correction. Berlin: Springer; 2002. (pp. 806-806). <https://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=SB70CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=15.%09Paley+D.+Principles+of+deformity+correction.+Berlin:+Springer%3B+2002.&ots=U6CTVlqDpg&sig=J7jiBCbdxgzP3TcVRw7ooSDnUa0>
16. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989; (248): 13-14. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5451-8_48
17. Weng N. Hip-knee-ankle angle. *Radiopaedia*. 2024 <https://doi.org/10.53347/rID-88254>
18. The Radiology Assistant. Knee alignment and mechanical axis. [Internet]. The Radiology Assistant. [citado 22 jul 2026] Disponible en: <https://radiologyassistant.nl/musculoskeletal/knee/alignment>.
19. Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). Guías de medición radiográfica en rodilla. [Internet]. Madrid: SERAM [citado 22 jul 2026] Disponible en: <https://seram.es>.
20. Suardi C, Stimolo D, Zanna L, Carulli C, Matassi F, Civinini R, et al. Varus morphology and its surgical implication in osteoarthritic knee and total knee arthroplasty. *J Orthop Translat*. 2022; 34: 1-7. DOI: 10.1186/s13018-022-03184-4