REVISTA ESPAÑOLA DE
Cirugía Osteoarticular

Artículo original

# Influencia de la pendiente tibial posterior medial y lateral en el riesgo de rotura del ligamento cruzado anterior y de la plastia: estudio comparativo caso-control

## Influence of medial and lateral posterior tibial slope on the risk of anterior cruciate ligament rupture and reconstruction: a comparative case-control study.

Gema María Gastaldi Llorens[1,2,3*], Vicente Marquina Moraleda[2,3], Pablo Gastaldi Llorens[4,2], Enrique Gastaldi Orquín[2], Tomás Fernández Jaén[5,6]

[1] Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud. Universidad Católica de Murcia (UCAM), Murcia, España.
[2] Instituto de Traumatología Gastaldi Orquín, Hospital La Salud, Valencia, España.
[3] Hospital General de Valencia, Valencia, España.
[4] Ala 14, Ejército del Aire, Albacete, España.
[5] Medicina Deportiva, Clínica CEMTRO, Madrid, España.
[6] Cátedra de Traumatología Deportiva, Universidad Católica San Antonio de Murcia, Murcia, España.

Recibido: 23 junio 2026
Aceptado: 2 septiembre 2026

***Correspondencia:** Gema María Gastaldi Llorens — draggastaldi@gmail.com

### Resumen

**Introducción:** Determinar la asociación entre la pendiente tibial posterior medial (MPTS) y lateral (LPTS), con el riesgo de rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) y del injerto. Así como identificar un valor umbral de riesgo.
**Métodos:** Estudio retrospectivo de 314 pacientes divididos en: reconstrucción primaria del LCA, cirugía de revisión y grupo control. Se analizaron las pendientes LPTS y MPTS en resonancia magnética.
**Resultados:** Tanto la LPTS como la MPTS fueron significativamente mayores en las roturas primarias y en las revisiones que en los controles ($p < 0,001$). Cada grado adicional de LPTS se asoció con una mayor probabilidad de rotura (OR = 1,33; IC 95 %: 1,17–1,51; $p < 0,001$), al igual que cada grado de MPTS (OR = 1,30; IC 95 %: 1,14–1,47; $p < 0,001$). Con valores superiores a 12°, la asociación fue mayor tanto para la LPTS (OR = 13,38; IC 95 %: 5,16–34,73) como para la MPTS (OR = 13,30; IC 95 %: 3,07–57,46).
**Conclusiones:** El aumento de LPTS y MPTS se asoció con una mayor probabilidad de rotura del LCA y del injerto, especialmente con valores superiores a 12°.

**Palabras clave**: Pendiente tibial póstero-lateral. Pendiente tibial póstero-medial.
Rotura del ligamento cruzado anterior. Cirugía de revisión. Factor de riesgo de rotura

### Abstract

**Introduction:** Determine the association between medial posterior tibial slope (MPTS) and lateral posterior tibial slope (LPTS) with the risk of anterior cruciate ligament (ACL) rupture and graft failure. Additionally, identify a threshold risk value.



© 2026 Los autores. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia **Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).** Publicado con index en nombre de Sociedad de Traumatología y Cirugía Ortopédica de la Comunidad Valenciana.

**Methods:** Retrospective study of 314 patients divided into: primary ACL reconstruction, revision surgery, and control group. The LPTS and MPTS slopes were analyzed via magnetic resonance imaging.
**Results:** Both LPTS and MPTS were significantly greater in primary ruptures and revisions than in controls ($p < 0.001$). Each additional degree of LPTS was associated with a higher likelihood of rupture (OR = 1.33; 95% CI: 1.17–1.51; $p < 0.001$), as was each additional degree of MPTS (OR = 1.30; 95% CI: 1.14–1.47; $p < 0.001$). The association was stronger for values above 12°, for both LPTS (OR = 13.38; 95% CI: 5.16–34.73) and MPTS (OR = 13.30; 95% CI: 3.07–57.46).
**Conclusions:** Increased LPTS and MPTS were associated with a higher likelihood of ACL tear and graft failure, especially for values above 12°.

## Introducción

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) constituye una de las principales causas de inestabilidad funcional de la rodilla, produciendo una limitación de la actividad deportiva y la degeneración articular precoz en pacientes jóvenes y activos.[1,2]

A pesar de los avances en las técnicas quirúrgicas y en los protocolos de rehabilitación, la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) no está exenta de complicaciones. El fracaso del injerto por rotura de plastia responde a una etiología multifactorial en la que convergen factores anatómicos, biomecánicos y clínicos[3–6].

Determinadas configuraciones anatómicas óseas de la rodilla pueden predisponer a la lesión del LCA. Entre los parámetros más ampliamente estudiados se encuentra la geometría de la meseta tibial, especialmente la pendiente tibial posterior (PTS)[7]. La evidencia biomecánica sugiere que pequeños incrementos en la pendiente tibial posterior provocan un aumento de la traslación tibial anterior y de las fuerzas de tensión sobre el LCA, incrementando así el riesgo de rotura ligamentosa [8–12].

En la década de 1990, Dejour y Bonnin demostraron mediante estudios radiográficos que un aumento de 10° en la pendiente tibial se asociaba a un incremento de 6 mm en la traslación tibial anterior bajo carga axial, con el consiguiente aumento de la tensión sobre el ligamento y de su riesgo de rotura[13].

Durante los últimos años ha aumentado notablemente el interés científico por la relación entre la pendiente tibial posterior y el riesgo de lesión del LCA, especialmente en la identificación de valores umbral asociados a un mayor riesgo de lesión primaria y de fracaso del injerto. En este sentido, una pendiente tibial posterior ≥12° medida en radiografías laterales se ha descrito como un valor clínicamente relevante asociado a un mayor riesgo tanto de lesión primaria del LCA como de rotura de plastia tras la reconstrucción[14–17].

Sin embargo, la ausencia de criterios estandarizados para la medición de la pendiente tibial posterior explica la amplia variabilidad de resultados descrita en la literatura y la existencia de hallazgos contradictorios. Esta variabilidad depende del método de imagen empleado, de la utilización del eje anatómico o mecánico como referencia y de la selección de los puntos anatómicos de medición[18]. Diversos autores recomiendan la utilización de resonancia magnética (RM) para diferenciar la pendiente tibial póstero-medial (MPTS) de la pendiente tibial póstero-lateral (LPTS), ya que la asimetría entre ambas superficies articulares únicamente puede evaluarse de forma precisa mediante RM[19–22]. Se han descrito diferencias de hasta 5° entre ambas pendientes que no son detectables mediante radiografía convencional. Además, también se han observado discrepancias de hasta 5° entre las mediciones realizadas mediante radiografía y resonancia magnética[23].

Por tanto, la identificación precisa de estos factores anatómicos resulta esencial, dado que pueden influir tanto en la aparición de la lesión como en los resultados postoperatorios y en el riesgo de fracaso del injerto.

El objetivo de este estudio fue determinar si un aumento de la pendiente tibial posterior constituye un factor de riesgo para la rotura tanto del ligamento cruzado anterior como de la plastia tras la reconstrucción ligamentosa. Nuestra hipótesis fue que tanto la pendiente tibial póstero-lateral como la póstero-medial serían mayores en los pacientes sometidos a cirugía de revisión respecto a aquellos con rotura primaria y a la población sana, y discernir un valor umbral asociado a un incremento significativo del riesgo de lesión.

# Material y métodos

## Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional retrospectivo comparativo aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (CE061910). Debido al carácter retrospectivo del estudio y al análisis anonimizado de los datos, el comité eximió de la obtención del consentimiento informado.

## Población de estudio

Se incluyeron pacientes intervenidos de reconstrucción primaria del ligamento cruzado anterior (LCA) y pacientes sometidos a cirugía de revisión por fracaso del injerto entre los años 2015 y 2017. Frente a un grupo control formado por sujetos sin antecedentes de lesión del LCA.

Todas las reconstrucciones primarias fueron realizadas por el mismo equipo quirúrgico, siguiendo un protocolo quirúrgico y de rehabilitación estandarizado. Las intervenciones de revisión fueron realizadas por un único cirujano especializado (E.G.O.).

Los criterios de inclusión para el grupo control fueron pacientes tratados por gonalgias con integridad del LCA confirmada mediante exploración clínica y resonancia magnética. Los criterios de inclusión para el grupo de reconstrucción primaria fueron pacientes sometidos a reconstrucción del LCA sin evidencia de fracaso del injerto por rotura de plastia durante el seguimiento. Los criterios de inclusión para el grupo de revisión fueron pacientes sometidos a cirugía de revisión de plastia tras rotura del injerto en un procedimiento realizado en un único tiempo quirúrgico.

Se excluyeron los pacientes menores de 16 años o mayores de 65 años, aquellos con lesiones ligamentosas asociadas, antecedentes de fracturas u osteotomías periarticulares de rodilla y pacientes con artrosis de rodilla superior a grado I según la clasificación de Ahlbäck.

## Recogida de datos y mediciones radiológicas

En todos los sujetos se analizaron las siguientes variables morfológicas: pendiente tibial póstero-lateral (LPTS) y pendiente tibial póstero-medial (MPTS).

Las mediciones se realizaron mediante resonancia magnética utilizando el software Weasis® y sus herramientas de medición digital. Todas las mediciones fueron realizadas por un observador independiente y ciego al grupo de pertenencia de los pacientes.

La pendiente tibial posterior se evaluó siguiendo la técnica descrita por Hashemi et al. en cortes sagitales de resonancia magnética[7]. El eje anatómico tibial se determinó mediante la técnica del punto medio de Hashemi, utilizando el corte sagital en el que se visualizaba claramente el ligamento cruzado posterior. La pendiente tibial posterior se definió como el ángulo formado entre una línea perpendicular al eje diafisario anatómico de la tibia y una línea tangencial a la superficie articular de la meseta tibial (corte sagital correspondiente al plano medio del cóndilo tibial). Las mediciones de la pendiente tibial medial y lateral se realizaron de forma independiente para cada meseta[24] (**figura 1**).

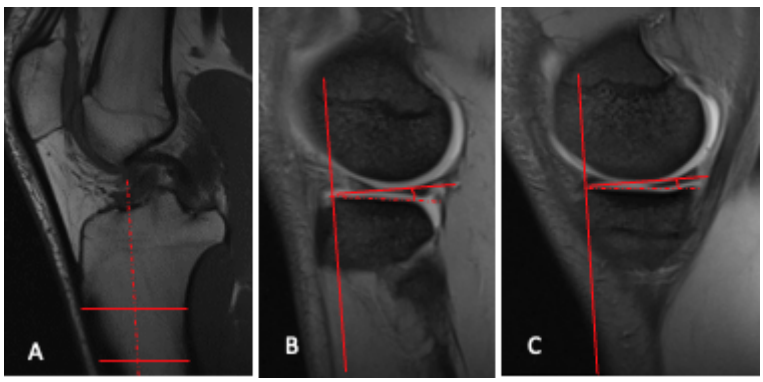



Figura 1. A: Determinación del eje anatómico tibial mediante la técnica del punto medio de Hashemi; B: medición de la pendiente tibial posterior medial (MPTS, ángulo en rojo); C: medición de la pendiente tibial posterior lateral (LPTS, ángulo en rojo).

## Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa IBM SPSS Statistics versión 22.0 (IBM Corp., Armonk, Nueva York, EE. UU.).

La distribución de las variables continuas se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables continuas se expresaron como media ± desviación estándar (DE) cuando presentaban distribución normal y como mediana y rango cuando no seguían una distribución normal.

Las comparaciones entre grupos independientes se realizaron mediante la prueba t de Student para muestras independientes cuando se cumplían los criterios de normalidad y homogeneidad de varianzas, evaluada mediante la prueba de Levene. En los casos en los que no se cumplían estos supuestos, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney.

Para evaluar la asociación entre las variables morfológicas y el riesgo de rotura del LCA, se realizó un análisis de regresión logística binaria. La variable dependiente se definió como presencia de rotura del LCA (casos) o integridad ligamentosa (controles). Los resultados se expresaron mediante odds ratio (OR) e intervalos de confianza del 95% (IC95%). La significación estadística de cada variable se evaluó mediante la prueba de Wald.

Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

# Resultados

## Características de la población estudiada

Se incluyeron un total de 314 pacientes, distribuidos en tres grupos: 157 controles, 138 pacientes con reconstrucción primaria del ligamento cruzado anterior y 19 pacientes sometidos a cirugía de revisión.

La edad media de la población fue de 43 años en el grupo control, 36,8 años en el grupo de reconstrucción primaria y 40,7 años en el grupo de revisión. Sin diferencias estadísticamente significativas en la edad entre los grupos comparados ($p = 0,145$).

La distribución por sexo fue similar entre los grupos, con predominio de hombres en todos ellos.

Los datos demográficos, lesiones asociadas y actividad deportiva previa se resumen en la **tabla 1**.

Tabla 1. Datos demográficos.

| | N | Hombres | Mujeres | Edad (años) | L. meniscales | L. condrales | Actividad deportiva. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CONTROL | 157 | 67,20% | 32,80% | 43 | | | |
| PRIMARIA | 138 | 65,9% | 34,1% | 36,8 | 52,5% | 34,05 | 95% |
| REVISIÓN | 19 | 60% | 40% | 40,7 | 62,5% | 50% | 81,2% |

## Comparación de las pendientes tibiales entre grupos

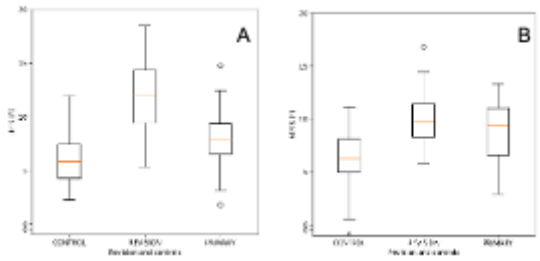
Las mediciones de pendientes tibial póstero-lateral y póstero-medial se muestran en la **tabla 2**.

Tabla 2. Resultados de las medidas LPTS y MPTS para cada grupo.

| | LPTS (95% CI) | MPTS (95% CI) |
|---|---|---|
| CONTROL | 7,04º (6,67-7,42) | 5,65º (5,28-6,01) |
| PRIMARIA | 9,97º (9,47-10,48) | 8,55º (8,05-9,05) |
| REVISIÓN | 12,39º (10,22-14,56) | 10,43º (8,73-12,14) |

El análisis mediante la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas para ambas variables (p < 0,001).

Las comparaciones por pares demostraron que los pacientes con lesión del LCA presentaban pendientes tibiales significativamente mayores que los controles (**figura 2**). Asimismo, el grupo de revisión mostró los valores más elevados, situándose por encima del grupo de reconstrucción primaria (**tabla 3**).




A. Diagramas de caja de la distribución de la pendiente tibial posterior lateral (LPTS) en los tres grupos analizados (control, reconstrucción primaria y reconstrucción de revisión del LCA). B: distribución de la pendiente tibial posterior medial (MPTS).

Tabla 3. Comparación de medidas LPTS y MPTS entre grupos.

| | Grupos | Test Estadístico | Std. Error | Std. Test estadístico | Sig. | Adj. Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LPTS | CONTROL-PRIMARIA | -84,555 | 10,589 | -7,986 | 0,000 | 0,000 |
| | CONTROL-REVISIÓN | -135,217 | 22,058 | -6,130 | 0,000 | 0,000 |
| | PRIMARIA-REVISIÓN | 50,663 | 22,204 | 2,282 | 0,023 | 0,068 |
| MPTS | CONTROL-PRIMARIA | -85,518 | 10,571 | -8,090 | 0,000 | 0,000 |
| | CONTROL-REVISIÓN | -126,471 | 21,996 | -5,750 | 0,000 | 0,000 |
| | PRIMARIA-REVISIÓN | 40,952 | 22,134 | 1,850 | 0,064 | 0,193 |

## Análisis de regresión logística

Se realizó un modelo de regresión logística binaria para evaluar la asociación entre las variables morfológicas y el riesgo de rotura del LCA (**tabla 4**).

Tabla 4. Resultados del modelo de regresión logística para predicción de rotura del LCA.

| **Modelo de regresión logística** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Factor | bB | S.E. | Wald | Df | Sig. | OR | 95% C.I. |
| LPTS | 0,289 | 0,063 | 20,854 | 1 | 0,000 | 1,335 | 1,179-1,512 |
| MPTS | 0,265 | 0,065 | 16,754 | 1 | 0,000 | 1,303 | 1,148-1,479 |

La pendiente tibial póstero-lateral se identificó como un factor de riesgo independiente para la lesión ligamentosa (OR = 1,335; IC95%: 1,179–1,512; p < 0,001), por lo que cada incremento de un grado en la LPTS aumenta el riesgo de rotura del LCA en un 33%.

De igual forma, la pendiente tibial póstero-medial mostró una asociación significativa con el riesgo de rotura (OR = 1,303; IC95%: 1,148–1,479; p < 0,001). De este modo, cada incremento de un grado en la MPTS incrementa dicho riesgo en un 30%.

## Influencia de una pendiente tibial superior a 12°

Con el objetivo de determinar un valor umbral clínicamente relevante, ambas pendientes tibiales fueron dicotomizadas utilizando un punto de corte de 12°.

### Pendiente tibial posterolateral

Se observó una asociación significativa entre una LPTS superior a 12° y la presencia de lesión del LCA ($p < 0,001$).

De los 53 pacientes con una LPTS >12°, el 90,6% presentó una rotura del LCA.

Los pacientes con una pendiente lateral superior a 12° presentaron un riesgo de lesión 13 veces mayor que aquellos con valores inferiores (OR = 13,38; IC95%: 5,16–34,73) (**tabla 5**).

Tabla 5. Tabla de contingencia entre la LPTS recodificada (<12°) y el grupo de estudio.

| **LPTS recodificada (<12°) según el grupo.** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | GRUPO | | Total |
| | | | CONTROL | CASO | |
| **LPTS** | <=12 | Recuento | 152 | 109 | 261 |
| | | % dentro LPTS recodificada (<12) | 58,2% | 41,8% | 100,0% |
| | | % dentro GRUPO | 96,8% | 69,4% | 83,1% |
| | >12 | Recuento | 5 | 48 | 53 |
| | | % dentro LPTS recodificada (<12) | 9,4% | 90,6% | 100,0% |
| | | % dentro GRUPO | 3,2% | 30,6% | 16,9% |
| **Total** | | Recuento | 157 | 157 | 314 |
| | | % dentro LPTS recodificada (<12) | 50,0% | 50,0% | 100,0% |
| | | % dentro GRUPO | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

### Pendiente tibial posteromedial

De forma similar, se observó una asociación significativa entre una MPTS superior a 12° y la rotura del LCA ($p < 0,001$).

Entre los 25 pacientes con una MPTS >12°, el 92% presentó lesión ligamentosa.

Los pacientes con una pendiente medial superior a 12° mostraron un riesgo de rotura aproximadamente 13 veces superior respecto a aquellos con valores inferiores (OR = 13,30; IC95%: 3,07–57,46) (**tabla 6**).

Tabla 6. Tabla de contingencia entre la MPTS recodificada (<12°) y el grupo de estudio.

| MPTS recodificada (<12°) según el grupo | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | GRUPO | | Total |
| | | | CONTROL | CASO | |
| **MPTS** | <=12 | Recuento | 155 | 134 | 289 |
| | | % dentro MPTS recodificada (<12) | 53,6% | 46,4% | 100,0% |
| | | % dentro GRUPO | 98,7% | 85,4% | 92,0% |
| | >12 | Recuento | 2 | 23 | 25 |
| | | % dentro MPTS recodificada (<12) | 8,0% | 92,0% | 100,0% |
| | | % dentro GRUPO | 1,3% | 14,6% | 8,0% |
| **Total** | | Recuento | 157 | 157 | 314 |
| | | % dentro MPTS recodificada (<12) | 50,0% | 50,0% | 100,0% |
| | | % dentro GRUPO | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

## Discusión

El hallazgo principal de este estudio fue demostrar que la pendiente tibial posterior constituye un factor anatómico independiente asociado tanto al riesgo de rotura primaria del ligamento cruzado anterior (LCA) como al fracaso del injerto tras reconstrucción ligamentosa. Los pacientes con lesión del LCA presentaron valores significativamente superiores de pendiente tibial póstero-lateral (LPTS) y póstero-medial (MPTS) respecto a los controles sanos, observándose además los valores más elevados en los pacientes sometidos a cirugía de revisión.

Desde el punto de vista biomecánico, estos resultados apoyan la hipótesis de que un incremento de la pendiente tibial posterior favorece la traslación tibial anterior bajo carga axial, aumentando las fuerzas de tensión transmitidas al LCA y al injerto reconstruido. Diversos estudios publicados en la literatura respaldan nuestros hallazgos y son consistentes con los datos obtenidos en este trabajo[12,13,25,26]. Estudios biomecánicos recientes han confirmado que incluso pequeños incrementos de la pendiente provocan aumentos significativos de las fuerzas ejercidas sobre el ligamento[27–32]. Por el contrario, una menor pendiente tibial posterior se ha asociado con una mejor funcionalidad y estabilidad de la rodilla[33]. Por lo tanto, estos individuos podrían presentar una menor incidencia de lesiones del LCA y una mejor adaptación tras una lesión o reconstrucción del ligamento[34].

El presente estudio ha demostrado la relación significativa entre el aumento del slope tibial y las roturas de plastia, con mayor grado de pendiente respecto a las roturas primarias de ligamento y respecto a los controles sanos.

Resultados similares obtuvieron estudios previos en los que se observó que los pacientes con fracaso del injerto por rotura de plastia presentaban pendientes tibiales mayores que aquellos con roturas primarias o individuos sanos[5]. Logrando realizar una asociación significativa entre el aumento de la pendiente tibial posterior y el riesgo de re-rotura tras reconstrucción del LCA

Como se ha mencionado previamente, numerosos estudios han respaldado la relación entre la pendiente tibial posterior (PTS) y las alteraciones de la cinemática de la rodilla; sin embargo, no determinan la influencia específica de cada platillo tibial. Uno de los aspectos más relevantes de nuestro estudio ha sido la evaluación de cada pendiente tibial de manera independiente (LPTS y MPTS) mediante imágenes de resonancia magnética. Esta permite diferenciar con precisión la pendiente medial y lateral, evitando las limitaciones inherentes a la radiografía convencional[18,35,39–41]. [35–37]. Resultados similares obtuvo el grupo de Grassi et al., en su estudio de múltiples revisiones frente a revisión única y grupo control, donde encontraron una mayor pendiente tibial (LPTS y MPTS) medida en resonancia magnética en los pacientes con múltiples fracasos, en comparación con aquellos con un único fracaso y pacientes sin fallo de la plastia[38]. Nuestros resultados han demostrado que ambas pendientes participan de forma significativa en el riesgo de lesión, observándose un incremento del riesgo del 33% por

cada grado adicional de LPTS y del 30% por cada grado adicional de MPTS.

Christensen et al., en su estudio sobre LPTS medida mediante resonancia magnética, obtuvieron un OR de fracaso del injerto de 1,6 por cada incremento de 2° en la pendiente tibial póstero-lateral de manera independiente[36]. Diferentes autores han demostrado ambas pendientes aumentadas en rodillas con lesión del LCA en comparación con rodillas sanas[5,8]. Ye et al., tras realizar diversas mediciones angulares alrededor de la rodilla (pendiente medial, pendiente lateral, eje mecánico, eje anatómico, platillo tibial lateral, subluxación del platillo tibial, etc.), determinaron que la PTS medida mediante resonancia magnética era el mejor predictor de fracaso del injerto y riesgo de re-rotura del LCA[19].

También se ha logrado discernir un valor umbral clínicamente relevante de 12°, de modo que los pacientes con pendientes superiores a este valor presentaron un riesgo de rotura aproximadamente trece veces superior al observado en sujetos con pendientes inferiores. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que sitúan el punto de corte de riesgo de rotura de LCA entre los 10° y 12° de PTS[42–45].

Rahnemai Azar estudió la pendiente tibial lateral medida por resonancia magnética, estableciendo un elevado riesgo de inestabilidad en pacientes con una LPTS superior a 9°[24]. Diversos estudios han relacionado el aumento del slope tibial con el riesgo de rotura de plastia. Qian-kun et al. identificaron una PTS radiográficamente superior a 17° como factor de riesgo para la rotura de plastia del LCA[46]. Del mismo modo, Lee et al. analizaron la PTS radiográfica en 37 revisiones frente a 37 roturas primarias y encontraron un OR de 4,5 para la re-rotura cuando la PTS era superior a 12°[47]. Resultados similares fueron descritos por Duerr et al., quienes demostraron en una cohorte de pacientes (múltiples revisiones frente a revisión única) que aquellos con una PTS ≥14° medida radiográficamente presentaban un riesgo hasta 18,7 veces superior de fracaso tras la revisión del LCA[37]

## Conclusiones

Los resultados obtenidos refuerzan la evidencia existente sobre la importancia de los factores anatómicos en la lesión del LCA y sugieren que la evaluación sistemática de la pendiente tibial posterior (LPTS y MPTS) debería formar parte del estudio preoperatorio de los pacientes candidatos a reconstrucción ligamentosa, especialmente en aquellos con antecedentes de fracaso del injerto o con otros factores de riesgo asociados.

## Financiación

Los autores declaran que no se recibió financiación para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

## Contribución de autoría

GMGL: Conceptualización, Metodología, Investigación, Recopilación de datos, Análisis formal, Redacción - revisión y edición. VMM: Investigación, Metodología.

PGL: Recopilación de datos, Investigación.

EGO: Redacción - revisión y edición, Supervisión, Investigación, Metodología.

TFJ: Supervisión, Redacción - revisión y edición, Metodología, Investigación.

Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito.

## Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay ningún conflicto de interés comercial o financiero para esta investigación.

## Declaraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la UCAM el día 7 de junio de 2019, con el código de aprobación N.º CE061910, y cumple con las normativas éticas nacionales e internacionales aplicables a investigaciones con seres humanos.

## Uso de herramientas de inteligencia artificial

Los autores declaran que no se ha utilizado ninguna herramienta de inteligencia artificial (como ChatGPT, Copilot, Gemini, u otras) en la redacción, análisis o revisión de este artículo.

## Referencias


1. Kraeutler MJ, Wolsky RM, Vidal AF, Bravman JT. Anatomy and Biomechanics of the Native and Reconstructed Anterior Cruciate Ligament: Surgical Implications. Journal of Bone and Joint Surgery. 2017;99(5):438-445. Disponible en: https://doi.org/10.2106/jbjs.16.00754.
2. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. Orthopedic Clinics of North America. 2002;33(4):605-620. Disponible en: https://doi.org/10.1016/s0030-5898(02)00010-x.
3. Barber-Westin S, Noyes FR. One in 5 Athletes Sustain Reinjury Upon Return to High-Risk Sports After ACL Reconstruction: A Systematic Review in 1239 Athletes Younger Than 20 Years. Sports Health: A Multidisciplinary Approach. 2020;12(6):587-597. Disponible en: https://doi.org/10.1177/1941738120912846.
4. Paterno M, Rauh M, Schmitt L, Ford K, Hewett T. Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport. Am J Sports Med. 2014;42(7):1567-73. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546514530088.
5. Dean RS, DePhillipo NN, LaPrade RF. Posterior Tibial Slope in Patients With Torn ACL Reconstruction Grafts Compared With Primary Tear or Native ACL: A Systematic Review and Meta-analysis. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2022;10(4). Disponible en: https://doi.org/10.1177/23259671221079380.
6. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. The American Journal of Sports Medicine. 2016;44(7):1861-1876. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546515621554.
7. Hashemi J, Chandrashekar N, Gill B, Beynnon BD, Slauterbeck JR, Schutt RC, et al. The Geometry of the Tibial Plateau and Its Influence on the Biomechanics of the Tibiofemoral Joint. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume. 2008;90(12):2724-2734. Disponible en: https://doi.org/10.2106/jbjs.g.01358.
8. Mas Matas B, Barberà IC, Marsico S, Claramunt AA, Torres-Claramunt R, Solano López A. Importance of Posterior Tibial Slope, Medial Tibial Plateau Slope and Lateral Tibial Plateau Slope in Anterior Cruciate Ligament Injury. Open Journal of Orthopedics. 2021;11(09):233-248. Disponible en: https://doi.org/10.4236/ojo.2021.119022.
9. Hohmann E, Bryant A, Reaburn P, Tetsworth K. Is there a correlation between posterior tibial slope and non-contact anterior cruciate ligament injuries?. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2011;19 (S1):109-114. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00167-011-1547-4.
10. Bernhardson AS, Aman ZS, Dornan GJ, Kemler BR, Storaci HW, Brady AW, et al. Tibial Slope and Its Effect on Force in Anterior Cruciate Ligament Grafts: Anterior Cruciate Ligament Force Increases Linearly as Posterior Tibial Slope Increases. The American Journal of Sports Medicine. 2019;47(2):296-302. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546518820302.
11. Zeng C, Yang T, Wu S, Gao S-guang, Li H, Deng Z-han, et al. Is posterior tibial slope associated with noncontact anterior cruciate ligament injury?. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2014;24(3):830-837. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00167-014-3382-x.
12. Todd MS, Lalliss S, Garcia E, DeBerardino TM, Cameron KL. The Relationship between Posterior Tibial Slope and Anterior Cruciate Ligament Injuries. The American Journal of Sports Medicine. 2009;38(1):63-67. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546509343198.
13. Dejour H, Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. The Journal of Bone and Joint Surgery British volume. 1994;76-B(5):745-749. Disponible en: https://doi.org/10.1302/0301-620x.76b5.8083263.
14. Dejour D, Pungitore M, Valluy J, Nover L, Saffarini M, Demey G. Preoperative laxity in ACL-deficient knees increases with posterior tibial slope and medial meniscal tears. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2018;27(2):564-572. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00167-018-5180-3.
15. Liu Z, Jiang J, Yi Q, Teng Y, Liu X, He J, et al. An increased posterior tibial slope is associated with a higher risk of graft failure following ACL reconstruction: a systematic review. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2022;30(7):2377-2387. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00167-022-06888-6.
16. Marouane H, Shirazi-Adl A, Hashemi J. Quantification of the role of tibial posterior slope in knee joint mechanics and ACL force in simulated gait. Journal of Biomechanics. 2015;48(10):1899-1905. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.04.017.
17. Yamaguchi KT, Cheung EC, Markolf KL, Boguszewski DV, Mathew J, Lama CJ, et al. Effects of Anterior Closing Wedge Tibial Osteotomy on Anterior Cruciate Ligament Force and Knee Kinematics. The American Journal of Sports Medicine. 2017;46(2):370-377. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546517736767.
18. Dean RS, DePhillipo NN, Chahla J, Larson CM, LaPrade RF. Posterior Tibial Slope Measurements Using the Anatomic Axis Are Significantly Increased Compared With Those That Use the Mechanical Axis. Arthroscopy. 2020;37(1):243-249. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.arthro.2020.09.006.
19. Ye Z, Xu J, Chen J, Qiao Y, Wu C, Xie G, et al. Steep lateral tibial slope measured on magnetic resonance imaging is the best radiological predictor of anterior cruciate ligament reconstruction failure. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2022;30(10):3377-3385. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00167-022-06923-6.
20. Hudek R, Schmutz S, Regenfelder F, Fuchs B, Koch PP. Novel Measurement Technique of the Tibial Slope on Conventional MRI. Clinical Orthopaedics & Related Research. 2009;467(8):2066-2072. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11999-009-0711-3.
21. Su AW, Bogunovic L, Smith MV, Gortz S, Brophy RH, Wright RW, et al. Medial Tibial Slope Determined by Plain Radiography Is Not Associated with Primary or Recurrent Anterior Cruciate Ligament Tears. The Journal of Knee Surgery. 2018;33(01):022-028. Disponible en: https://doi.org/10.1055/s-0038-1676456.
22. Ikawa MH, Yamada AF, da Rocha Corrêa Fernandes A, Skaf AY, Cohen M, Arliani GG. Relationship between anterior cruciate ligament rupture and the posterior tibial and meniscal slopes in professional soccer athletes. Skeletal Radiology. 2021;50(10):2041-2047. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00256-021-03776-x.

23. Garra S, Li ZI, Triana J, Rao N, Alaia MJ, Strauss EJ, et al. Posterior Tibial Slope in Patients Undergoing Bilateral Versus Unilateral ACL Reconstruction: MRI and Radiographic Analyses. The American Journal of Sports Medicine. 2023;51(9):2275-2284. Disponible en: https://doi.org/10.1177/03635465231177086.
24. Rahnemai-Azar AA, Abebe ES, Johnson P, Labrum J, Fu FH, Irrgang JJ, et al. Increased lateral tibial slope predicts high-grade rotatory knee laxity pre-operatively in ACL reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2016;25(4):1170-1176. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00167-016-4157-3.
25. Brandon ML, Haynes PT, Bonamo JR, Flynn MI, Barrett GR, Sherman MF. The Association Between Posterior-Inferior Tibial Slope and Anterior Cruciate Ligament Insufficiency. Arthroscopy. 2006;22(8):894-899. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.04.098.
26. Schillhammer CK, Reid JB, Rister J, Jani SS, Marvil SC, Chen AW, et al. Arthroscopy Up to Date: Anterior Cruciate Ligament Anatomy. Arthroscopy. 2016;32(1):209-212. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.arthro.2015.10.009.
27. Kotiuk V, Kostrub O, Blonskyi R, Podik V, Smirnov D, Haiko O. The stress in the ACL, ACL graft, and other joint elements while weight-bearing in full extension depending on the posterior tibial slope. Georgian Med News. 2022(331):54-60.
28. Beynnon BD, Hall JS, Sturnick DR, DeSarno MJ, Gardner-Morse M, Tourville TW, et al. Increased Slope of the Lateral Tibial Plateau Subchondral Bone Is Associated With Greater Risk of Noncontact ACL Injury in Females but Not in Males: A Prospective Cohort Study With a Nested, Matched Case-Control Analysis. The American Journal of Sports Medicine. 2014;42(5):1039-1048. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546514523721.
29. Lansdown D, Ma CB. The Influence of Tibial and Femoral Bone Morphology on Knee Kinematics in the Anterior Cruciate Ligament Injured Knee. Clinics in Sports Medicine. 2018;37(1):127-136. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.07.012.
30. Alaia MJ, Kaplan DJ, Mannino BJ, Strauss EJ. Tibial Sagittal Slope in Anterior Cruciate Ligament Injury and Treatment. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2021;29(21):e1045-e1056. Disponible en: https://doi.org/10.5435/jaaos-d-21-00143.
31. Lin LJ, Akpinar B, Meislin RJ. Tibial Slope and Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Outcomes. JBJS Reviews. 2020;8(4):e0184-e0184. Disponible en: https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.19.00184.
32. Zhang Z, Pan X, Maimaitijiang P, Meng L, He Z, Zhao Q, et al. Anterior tibial subluxation measured under a modified protocol is positively correlated with posterior tibial slope: a comparative study of MRI measurement methods. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2022;30(10):3350-3360. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00167-022-06913-8.
33. Kiapour AM, Yang DS, Badger GJ, Karamchedu NP, Murray MM, Fadale PD, et al. Anatomic Features of the Tibial Plateau Predict Outcomes of ACL Reconstruction Within 7 Years After Surgery. The American Journal of Sports Medicine. 2019;47(2):303-311. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546518823556.
34. Hohmann E, Bryant A, Reaburn P, Tetsworth K. Does Posterior Tibial Slope Influence Knee Functionality in the Anterior Cruciate Ligament–Deficient and Anterior Cruciate Ligament–Reconstructed Knee?. Arthroscopy. 2010;26(11):1496-1502. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.arthro.2010.02.024.
35. Napier RJ, Garcia E, Devitt BM, Feller JA, Webster KE. Increased Radiographic Posterior Tibial Slope Is Associated With Subsequent Injury Following Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2019;7(11). Disponible en: https://doi.org/10.1177/2325967119879373.
36. Christensen JJ, Krych AJ, Engasser WM, Vanhees MK, Collins MS, Dahm DL. Lateral Tibial Posterior Slope Is Increased in Patients With Early Graft Failure After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. The American Journal of Sports Medicine. 2015;43(10):2510-2514. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546515597664.
37. Duerr RA, Ormseth B, DiBartola A, Geers K, Kaeding CC, Siston R, et al. Association of Elevated Posterior Tibial Slope With Revision Anterior Cruciate Ligament Graft Failure in a Matched Cohort Analysis. The American Journal of Sports Medicine. 2022;51(1):38-48. Disponible en: https://doi.org/10.1177/03635465221134806.
38. Grassi A, Macchiarola L, Urrizola Barrientos F, Zicaro JP, Costa Paz M, Adravanti P, et al. Steep Posterior Tibial Slope, Anterior Tibial Subluxation, Deep Posterior Lateral Femoral Condyle, and Meniscal Deficiency Are Common Findings in Multiple Anterior Cruciate Ligament Failures: An MRI Case-Control Study. The American Journal of Sports Medicine. 2019;47(2):285-295. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546518823544.
39. Beynnon BD, Vacek PM, Sturnick DR, Holterman LA, Gardner-Morse M, Tourville TW, et al. Geometric profile of the tibial plateau cartilage surface is associated with the risk of noncontact anterior cruciate ligament injury. Journal of Orthopaedic Research. 2013;32(1):61-68. Disponible en: https://doi.org/10.1002/jor.22434.
40. Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS, Hand A. Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review. International Journal of Sports Physical Therapy. 2018;13(4):575-587. Disponible en: https://doi.org/10.26603/ijspt20180575.
41. Terauchi M, Hatayama K, Yanagisawa S, Saito K, Takagishi K. Sagittal Alignment of the Knee and Its Relationship to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries. The American Journal of Sports Medicine. 2011;39(5):1090-1094. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546510393305.
42. de Sousa Filho, Pedro Guilme Teixeira and Marques, Andre Cavalcante and Pereira, Leonardo Soares and Pigozzo, Breno Almeida and Albuquerque, Rodrigo Sattamini Pires e. Análise da inclinação tibial posterior como fator de risco para lesão do ligamento cruzado anterior. Revista Brasileira de Ortopedia. 2020;56(01):047-052. Disponible en: https://doi.org/10.1055/s-0040-1712495.
43. Senişik S, Özgürbüz C, Ergün M, Yüksel O, Taskiran E, Işlegen C. Posterior tibial slope as a risk factor for anterior cruciate ligament rupture in soccer players. J Sports Sci Med. 2011;10(4):763-767.

44. Salmon L, Heath E, Akrawi H, Roe J, Linklater J, Pinczewski L. 20-year outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autograft: the catastrophic effect of age and posterior tibial slope. American Journal of Sports Medicine. 2018;46(3):531-543. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546517741497.
45. Webb JM, Salmon LJ, Leclerc E, Pinczewski LA, Roe JP. Posterior Tibial Slope and Further Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Anterior Cruciate Ligament–Reconstructed Patient. The American Journal of Sports Medicine. 2013;41(12):2800-2804. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546513503288.
46. Ni Q-kun, Song G-yang, Zhang Z-jun, Zheng T, Feng Z, Cao Y-wei, et al. Steep Posterior Tibial Slope and Excessive Anterior Tibial Translation Are Predictive Risk Factors of Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Failure: A Case-Control Study With Prospectively Collected Data. The American Journal of Sports Medicine. 2020;48(12):2954-2961. Disponible en: https://doi.org/10.1177/0363546520949212.
47. Lee CC, Youm YS, Cho SD, Jung SH, Bae MH, Park SJ, et al. Does Posterior Tibial Slope Affect Graft Rupture Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction?. Arthroscopy. 2018;34(7):2152-2155. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.01.058.