



Original

Resultados clínico-funcionales y radiográficos de la osteotomía tibial de apertura medial valguizante

M. M. Batista Hernández, F. J. Lozano Moreno, C. Redondo Galán, J. A. Constantino Cabrera

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario de Badajoz

Correspondencia:

Dra. María Mercedes Batista Hernández
Correo electrónico: merbaher26@gmail.com

Recibido el 17 de enero de 2022
Aceptado el 12 de septiembre de 2023
Disponible en Internet: diciembre de 2023

RESUMEN

Objetivos: evaluar el resultado clínico, funcional y radiológico de los pacientes operados de una osteotomía valguizante de apertura tibial. Analizar si la percepción clínica subjetiva de los pacientes varía según el índice de masa corporal (IMC), el tiempo transcurrido desde la intervención quirúrgica y el grado de corrección del eje mecánico.

Métodos: estudio observacional, descriptivo y retrospectivo de pacientes operados mediante osteotomía tibial valguizante de apertura medial entre 2014 y 2019. Se recogieron variables demográficas (sexo/edad) e IMC. Se midieron el ángulo femorotibial, los milímetros desde el eje mecánico al punto de Fujisawa, y el índice de Insall-Salvati, pre- y posquirúrgicos. El grado de satisfacción fue valorado según el Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).

Resultados: se han realizado 35 osteotomías en 31 pacientes (26 hombres), siendo la edad media de 50,5 (40-63) años. El tiempo medio de seguimiento fue de 43,65 (12-80) meses. El ángulo femorotibial anatómico medio prequirúrgico fue de 2,5° de varo y la media del eje posquirúrgico, de 4,13° de valgo. El valor medio desde el eje mecánico hasta el centro de la articulación antes de la cirugía fue de 34,13 mm y se redujo a 14 mm. El índice de Insall-Salvati no varió. Para KOOS de síntomas, se obtiene un resultado de 88,5; para dolor, 76; para actividades cotidianas, 74,3; para actividades deportivas, 53,8; y para calidad de vida, 67,5. Los pacientes experimentaron sobre todo mejoría del dolor y de la sintomatología clínica.

Conclusiones: la osteotomía valguizante de apertura tibial medial es un procedimiento útil para personas con vida activa en un rango de edad media, con buenos resultados clínico-radiológicos a corto y medio plazo.

ABSTRACT

Clinical-functional and radiographic outcomes of medial valgus-producing tibial osteotomy

Objectives: An evaluation was made of the clinical-functional and radiographic outcomes of patients subjected to valgus-producing tibial osteotomy. In addition, an analysis was performed to determine whether the subjective clinical perceptions of the patients vary according to body mass index (BMI), the time elapsed from surgery, and the degree of correction of the mechanical axis.

Methods: A retrospective, descriptive observational study was made of patients subjected to medial valgus-producing tibial osteotomy between 2014 and 2019. Demographic variables (gender / age) and BMI were recorded. Measurements were made of the femorotibial angle, the distance (in mm) from the mechanical axis to the Fujisawa point, and the Insall-Salvati index, before and after surgery. The degree of satisfaction was evaluated using the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).

Results: A total of 35 osteotomies in 31 patients (26 males) were carried out. The mean patient age was 50.5 years (range 40-63). The mean duration of follow-up was 43.65 months (range 12-80). The presurgical mean anatomical femorotibial angle was 2.5° varus, and the postsurgical mean axis angle was 4.13° valgus. The mean distance from the mechanical axis to the center of the joint was 34.13 mm before surgery, and this distance was reduced to 14 mm after the operation. The Insall-Salvati index showed no variations. The KOOS symptoms score was 88.5. The score for pain was 76, activities of daily living 74.3, sports activities 53.8, and quality of life 67.5. The patients experienced improvement particularly in relation to pain and clinical symptoms.



<https://doi.org/10.24129/j.reaca.30380.fs2201001>

© 2023 Fundación Española de Artroscopia. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® (www.fondoscience.com). Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Palabras clave: Osteotomía. Rodilla. Valguización. KOOS. Varo.

Conclusions: Medial valgus-producing tibial osteotomy is useful for patients leading active lives and in the middle age range, affording good clinical and radiological outcomes over the short and middle term.

Key words: Osteotomy. Knee. Valgus-producing. KOOS. Varus.

Introducción

La gonartrosis constituye una enfermedad crónica y degenerativa de la rodilla⁽¹⁾. Es un trastorno cada vez más frecuente y acarrea un importante problema de salud en la población actual⁽²⁾, sobre todo debido al aumento en la esperanza de vida y a la obesidad⁽³⁾. El grado de artrosis se define tanto clínica como radiológicamente⁽¹⁾. Afecta más comúnmente al compartimento medial, provocando una gonartrosis en varo. Para evitar la progresión de este tipo de deformidad, se puede realizar una osteotomía valguizante de apertura medial, que realinea la rodilla y redistribuye las cargas⁽²⁾. Está demostrado que es un procedimiento que alivia el dolor y mejora la función de la rodilla, especialmente en pacientes de mediana edad, con buena calidad de vida, pudiendo en ellos retrasar y/o evitar la cirugía protésica⁽⁴⁾. Con respecto a otros tipos de osteotomías realizadas para el tratamiento de la gonartrosis (como la osteotomía de sustracción externa), la osteotomía tibial valguizante evita posibles lesiones en el ciático poplíteo externo, conserva intacta la articulación tibiofibular proximal, preserva *stock* óseo y constituye un procedimiento más sencillo de ejecutar⁽⁵⁾.

El objetivo del siguiente estudio es revisar los resultados clínico-funcionales y radiológicos de las osteotomías valguizantes de apertura medial de una muestra y ver si dichos resultados repercuten en la calidad de vida y la percepción de dolor de los pacientes, usando como variables el índice de masa corporal (IMC), el tiempo transcurrido desde la intervención quirúrgica y el grado de corrección del eje mecánico.

Material y métodos

Se realizó un estudio observacional retrospectivo de los pacientes operados por *genu* varo artrósico mediante osteotomía valguizante de apertura tibial entre abril de 2014 y diciembre de 2019.

En total se realizaron 35 osteotomías en 31 pacientes (5 mujeres y 26 hombres), siendo la edad media de 50,5 (40-63) años. El tiempo de seguimiento de dichos pacientes ha sido desde la fecha de su cirugía hasta diciembre de 2020, con un tiempo medio de seguimiento de 43,7 (rango: 12-80) meses. Se trata de casos consecutivos.

Tabla 1. Características de la muestra

Muestra	25 hombres	5 mujeres
Rodilla	18 izquierdas	17 derechas
Edad media cuando IQ	50,5 (40-63) años (desviación estándar 5,5)	
Media de seguimiento	43,7 (12-80) meses (desviación estándar 18,6)	

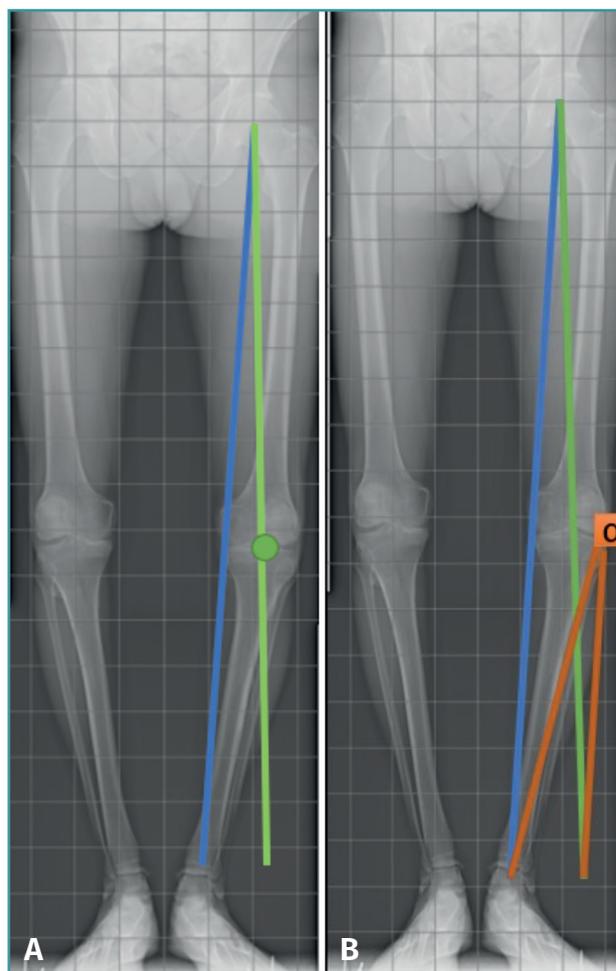


Figura 1. Planificación preoperatoria con telerradiografía. A: línea azul: eje mecánico real o línea de Mikulicz. Línea verde: eje mecánico deseado. Punto verde: punto de Fujisawa; B: usando estas dos líneas, se halla el ángulo de corrección alfa (α), que dará el ángulo de cuña que se debe usar en la osteotomía.

Las características de la muestra se representan en la **Tabla 1**.

Los criterios de inclusión fueron: pacientes con un estilo de vida activo, gonartrosis en varo, Ahlbäck II-III, con dolor en dicho compartimento, que limitara su calidad de vida, sin afectación del compartimento externo, que no presentasen comorbilidades asociadas (como artropatías inflamatorias) e IMC < 40.

Para analizar la calidad de vida tras la cirugía, se les realizó el Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) a los pacientes para cada rodilla operada⁽⁶⁾.

Planificación preoperatoria

Para planificar la osteotomía, se utilizó el método de Miniaci⁽⁷⁻⁹⁾. En la telerradiografía de los miembros inferiores, se traza el eje mecánico real (o línea de Mikulicz, que va del centro de la cabeza femoral al centro del tobillo) y el eje mecánico deseado (en nuestro caso, hemos usado el punto de Fujisawa, que se encuentra a un 62,5% de la anchura total del platillo tibial, medido desde su margen medial)⁽¹⁰⁾. Tomando como vértice un punto situado un centímetro por debajo de la interlínea externa, justo encima de la cabeza del peroné, trazamos 2 líneas hasta el tobillo, que se unan con los 2 ejes anteriormente hechos a ese nivel. De ahí obtenemos el ángulo de corrección alfa (α), que representa la cuña de apertura que deberá utilizarse para obtener la corrección postoperatoria deseada (**Figura 1**).

Técnica quirúrgica

Todos los pacientes fueron intervenidos por el mismo cirujano y como material de osteosíntesis se usó la placa TomoFix® estándar.

La osteotomía se realiza mediante abordaje oblicuo medial. Se desinsertan parcialmente la pata de ganso y la porción más anterior del ligamento lateral interno (LLI), para

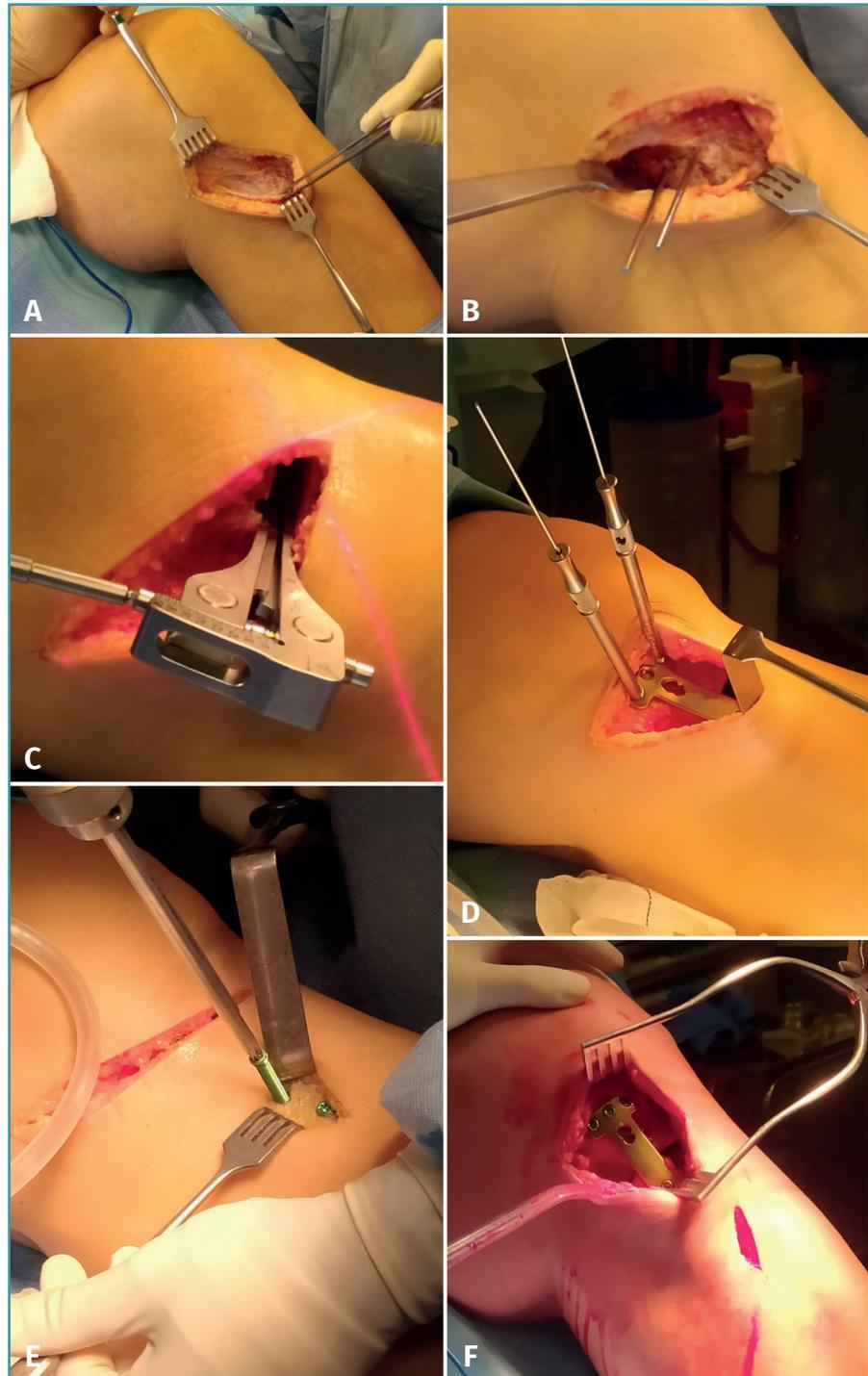


Figura 2. Cirugía de osteotomía medial. A: abordaje medial, visión directa del ligamento colateral medial (LCM) y pata de ganso; B: agujas colocadas como guía para la rama horizontal de la osteotomía; C: medidor del ángulo de la osteotomía una vez abierta con los escoplos; D: fijación de la apertura con placa, una vez puesta la cuña; E: colocación de tornillos distales; F: posición final de la placa.

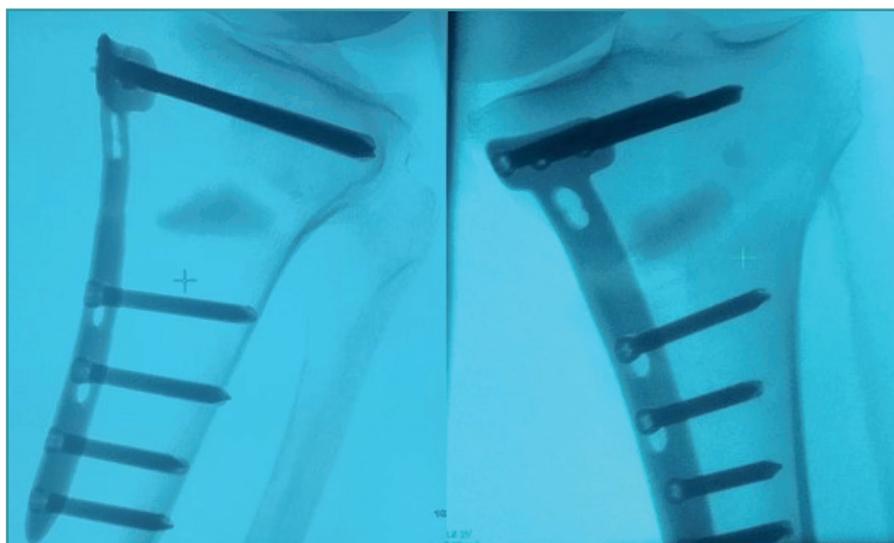


Figura 3. Control radiológico posquirúrgico inmediato.

tener una exposición amplia de la epífisis tibial proximal. A continuación, se pasan 2 agujas de 3 milímetros paralelas entre sí (una anterior y otra posterior), desde 3-4 centímetros por debajo de la interlínea medial hasta el punto lateral utilizado como vértice del ángulo de corrección. Estas 2 agujas servirán de guía para la rama horizontal de la osteotomía. En la parte anterior, a nivel de la tuberosidad tibial anterior (TTA) se realiza la osteotomía perpendicular a la anterior, posterior a la TTA y dirigida hacia proximal. Una vez completados los cortes, se introducen los escoplos sin llegar a la cortical externa y posteriormente el distractor, hasta conseguir la apertura de la osteotomía con el ángulo α planificado. Tras ello, se introduce la cuña de injerto en esta apertura creada (cuña ChronOS®) y se fija con una placa TomoFix® atornillada, proximal y distalmente, ambos de DePuy Synthes (Figuras 2 y 3).

El protocolo postoperatorio incluye movilización precoz, descarga de 6 semanas y revisiones periódicas con telerradiografía para verificar consolidación.

Análisis estadístico

Para comparar los resultados del cuestionario KOOS y el tiempo desde la intervención quirúrgica, el IMC postoperatorio y el grado de corrección del eje tras la cirugía, se elaboró una base de datos en Microsoft Excel®

(versión 18). Los datos se analizaron mediante IBM SPSS Statistics 28.0. Se expresaron como media \pm desviación estándar. Se hicieron pruebas de normalidad. En los casos en los que las variables seguían una distribución normal, se realizaron pruebas paramétricas (coeficiente de correlación de Pearson) y, en los casos en los que seguían una distribución no normal, se emplearon no paramétricas –el coeficiente de correlación de Spearman (ρ)–.

Los valores del eje coronal, en el SPSS se expresaron en cifras negativas para varo y positivas para valgo.

Resultados

De los 31 pacientes (35 rodillas) incluidos inicialmente, solo 28 (32 rodillas) fueron evaluados al menos un año tras la cirugía (seguimiento del 91%).

Los resultados se clasifican en 5 subescalas (síntomas, dolor, actividades cotidianas, actividades deportivas y calidad de vida) dentro de la escala del KOOS y son: para KOOS de síntomas, se obtiene un resultado de 88,5; para dolor, 76; para actividades cotidianas, 74,3; para actividades deportivas, 53,8; y para calidad de vida, 67,5 (Tabla 2).

Solo 2 pacientes tuvieron que ser sometidos a una cirugía de prótesis total de rodilla (PTR) por persistencia del dolor en el compartimento interno tras la osteotomía

Tabla 2. Resultados del KOOS

	KOOS calidad de vida	KOOS actividades deportivas	KOOS actividades cotidianas	KOOS dolor	KOOS síntomas
Media	57,4 (0-100)	54,4 (20-90)	76,6 (26-98)	77,8 (11-100)	89,1 (70-100)
Desviación estándar	30,8	23,6	24,5	21,4	

Tabla 3. Datos pre- y posquirúrgicos analizados

	Prequirúrgico		Posquirúrgico	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Eje anatómico	-2,5° (varo)	2	4,13° (valgo)	2
Distancia en milímetros al eje mecánico	34,13	9,8	14	9,8
Índice de Insall-Salvati	0,88	0,11	0,84	0,11

Tabla 4. Ángulo femorotibial y distancias al eje mecánico

	Diferencia de medias	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%	
Eje anatómico prequirúrgico-eje anatómico posquirúrgico	6,66	2,12	5,92	7,40
Milímetros desde el eje mecánico hasta el centro de la articulación pre- y posquirúrgicos	22,22	9,33	16,96	23,48

inicial, uno al año de operarse y otro a los 2 años.

En la **Tabla 3** se muestran los valores medios de los resultados radiológicos de la muestra: la corrección del ángulo femorotibial o eje anatómico (tomando como valores normales de 5 a 7° de valgo posquirúrgicos), la disminución de la distancia al eje mecánico tras la cirugía y el índice de Insall-Salvati para la rótula. De las 35 osteotomías, la media del eje anatómico prequirúrgico es de 2,5° de varo y la media del eje posquirúrgico es de 4,13° de valgo. De los 34 pacientes, un 53% (n = 18) consiguió un ángulo femorotibial en valgo entre 5 y 7°. Sin embargo, aunque solo aproximadamente la mitad de los pacientes llegaron al objetivo de un valgo de entre 5 y 7°, la diferencia media entre los ejes pre- y posquirúrgicos es de 6,6°, con una significación inferior a 0,001.

También se midió la distancia del eje mecánico de cada rodilla hasta el punto de Fujisawa, antes y después de la cirugía. Al disminuir el varo de las rodillas operadas, disminuye esta distancia. De una media de 34,13 mm inicialmente, se ha conseguido reducir hasta una media de 14 mm (con una media en milímetros de 22,22).

El índice de Insall-Salvati prequirúrgico fue de 0,88 y el posquirúrgico de 0,84. La media de las diferencias entre el índice pre- y el posquirúrgico es de 0,03. Esta diferencia es estadísticamente significativa.

Después de analizar los resultados clínicos y radiológicos, se buscó intentar demostrar si había relación o no entre los resultados del cuestionario KOOS y: el tiempo desde la intervención quirúrgica, el IMC postoperatorio y el grado de corrección del eje tras la cirugía.

- Tiempo de seguimiento desde la intervención quirúrgica: se correlacionaron los resultados del KOOS para cada subcategoría con el tiempo de seguimiento de las 32 osteotomías. No existe una correlación estadísticamente significativa ($p > 0,05$) entre el tiempo desde la intervención quirúrgica y los resultados del cuestionario KOOS. Se trata de una correlación negativa, es decir, al aumentar el tiempo desde la intervención, menor es la puntuación del cuestionario.
- IMC: no existe correlación entre el IMC de cada paciente y los resultados del cuestionario KOOS.
- Eje en valgo posquirúrgico: se analizó la asociación entre los resultados clínicos (la media total del cuestionario KOOS de los pacientes) y el grado

de corrección posquirúrgico. En este caso, la correlación es positiva, es decir, cuanto mayor es el eje en valgo posquirúrgico (mayor grado de corrección total), mayor es la puntuación del cuestionario y mayor satisfacción refieren los pacientes. Aunque hay correlación clínica, esta no es estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

- Se analizó además si parcialmente en alguno de los ítems varía el resultado; el KOOS medio de la subcategoría de actividades cotidianas sí resulta significativo.

Discusión

Este estudio valora si el varo de la rodilla se relaciona con un mejor resultado clínico del paciente y si esa asociación empeora a lo largo del tiempo.

Desde un punto de vista biomecánico, es de esperar que una osteotomía biplanar como la descrita en este estudio produzca una disminución de la altura de la rótula al distalizar la TTA⁽¹¹⁾, al tratarse en este estudio de una cuña de aumentación y, por el diseño de los cortes, se produce un leve descenso de la rótula, lo que teóricamente podría afectar negativamente los resultados funcionales de la cirugía. En la bibliografía consultada⁽¹²⁾, no es un factor que se considere en todos los estudios, ya que por lo general no se mide la altura de la patela antes de la osteotomía y tampoco se evalúa si esta disminución de altura tiene una repercusión funcional en el paciente⁽¹³⁾.

En el estudio, se ha medido la altura de la rótula con un Insall-Salvati pre- (0,88) y posquirúrgico (0,84). No tuvo nuestra osteotomía repercusión funcional en la altura de la patela (la media de las diferencias entre el índice pre- y el posquirúrgico es de 0,03), aunque sí clínica, ya que el valor más bajo del cuestionario KOOS posquirúrgico lo obtuvo la subescala de actividades deportivas (con significación estadística), donde se responde a las preguntas de ponerse de cuclillas o arrodillarse, por lo que nuestros pacientes, al igual que en la literatura^(14,15), presentan limitación a actividades que aumenten el estrés en la articulación femoropatelar.

Westrich *et al.* refieren en su estudio que el 80% de los pacientes con PTR que previamente tenían una osteotomía valguizante, presentan patela baja. Esto aumenta el tiempo y la dificultad de la cirugía de PTR, además de producir mayor dolor femoropatelar posquirúrgico⁽¹⁶⁾. En el estudio de LaPrade *et al.*⁽¹⁷⁾, confirman que la artrotomía para realizar la PTR se puede complicar tras una osteotomía tibial que distalice la rótula. No sucedió así en nuestros 2 pacientes del estudio que tuvieron que ser reconvertidos a PTR.

Parece lógico, a nuestro criterio, considerar que en aquellos casos de patela baja claros debería valorarse otra técnica como la osteotomía de sustracción lateral que produce el efecto contrario, es decir, ascenso de la patela. Para evitar esta complicación, en la bibliografía se habla de varias técnicas como la osteotomía distalizadora de la TTA, que está demostrado que disminuye el choque femorrotuliano y mantiene la alineación⁽¹⁸⁾.

Respecto a los resultados clínicos obtenidos, los pacientes de la muestra experimental sobre todo mejoría del dolor y de su sintomatología, como se describe en la literatura^(19,20). En el estudio de cohortes de C. Bastard *et al.*⁽²¹⁾, confirmaron la hipótesis de que la osteotomía tibial valguizante realizada a su muestra permitió a los pacientes volver a su vida normal después de 1 año, con mejoría de su dolor y de su calidad de vida, medida con el cuestionario SF-36. En nuestro estudio, se encontró una asociación con evidencia estadísticamente significativa entre los resultados del cuestionario KOOS para actividades cotidianas y el grado de corrección del varo, es decir, que nuestros pacientes no presentaron molestias para realizar tareas habituales, ni complicaciones en su día a día que les impidiesen continuar con su rutina.

El éxito de la cirugía depende sobre todo de la selección adecuada del paciente⁽²⁰⁾. El paciente ideal para una osteotomía de apertura medial es una persona activa (pero que no realice actividades como saltar ni correr), joven (entre 40 y 60 años) con dolor aislado de la interlínea medial, IMC < 30, movilidad completa de la rodilla, artrosis en el compartimento interno con Ahlbäck I-II y compartimentos femorrotuliano y lateral casi normales⁽²²⁻²⁴⁾.

En cuanto al objetivo de corrección, existe un consenso generalizado de que la sobrecorrección en valgo leve produce mejores resultados en la osteotomía. Sin embargo, el grado específico de corrección en valgo aún está por acordar^(20,25).

En nuestra muestra, aunque solo aproximadamente la mitad de los pacientes llegaron al objetivo de un valgo de entre 5 y 7°, la diferencia media entre los ejes pre- y posquirúrgicos es de 6,6°, con una significación inferior a 0,001 (Tabla 4), lo que significa que nuestros pacientes lograron una mejora, de media, de 6,6° hacia el valgo. Es decir, se consiguió una corrección estadísticamente significativa, que demuestra que la cirugía valguiza el eje y, por tanto, disminuye la presión sobre el compartimento interno.

En el estudio de Hee-June Kim⁽²⁶⁾, consiguen una corrección del ángulo tibiofemoral desde un varo de 8,8° a un valgo de 2,1° posquirúrgicos ($p < 0,001$). Resultados de corrección similares obtuvieron en sus estudios Da Silva *et al.*⁽²⁷⁾ (desde un varo preoperatorio de 11,6° a uno postoperatorio en valgo de 4,3°) y Morin *et al.*⁽²⁸⁾ (varo preoperatorio de 7° a 3° de valgo) con buenos resultados clínicos. Aun así, la literatura que existe sobre la biomecánica tras una osteotomía valguizante sigue siendo insuficiente. La relación entre el grado de degeneración articular y el alineamiento deseado sigue en discusión.

La placa TomoFix® empleada es una placa de compresión (*locking compression plate* –LCP–) que ofrece fijación rígida e inicio precoz de la rehabilitación en el postoperatorio⁽²⁹⁻³¹⁾ con una estabilidad mayor que otros dispositivos de fijación de la osteotomía⁽³²⁾. Sin embargo, fue necesario retirar la placa en 5 de nuestros pacientes por intolerancia a ella.

En cuanto a las limitaciones de este estudio, destacamos el tamaño reducido de nuestra muestra y que no se dispone de datos como el KOOS prequirúrgico. Hay 6 pacientes de la muestra que tienen un seguimiento menor de 2 años. Un seguimiento más extenso de este tipo de pacientes debería ser evaluado para comprobar los resultados a largo plazo esta cirugía, la disminución de la calidad de vida o la tasa de conversión a PTR.

Conclusión

En este estudio se ha evaluado el resultado clínico-funcional y radiológico de la osteotomía valguizante de apertura tibial, evidenciándose una mejora subjetiva de la situación basal de los pacientes sumada a una valguización del eje mecánico. Los pacientes presentan buenos resultados en el seguimiento a corto y medio plazo.

Responsabilidades éticas

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Financiación. Este trabajo no ha sido financiado.

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Bibliografía

1. Jang S, Lee K, Ju JH. Recent Updates of Diagnosis, Pathophysiology, and Treatment on Osteoarthritis of the Knee. *Int J Mol Sci.* 2021 Mar 5;22(5):2619.
2. Vaishya R, Bijukchhe AR, Agarwal AK, Vijay V. A critical appraisal of medial open wedge high tibial osteotomy for knee osteoarthritis. *J Clin Orthop Trauma.* 2018 Oct-Dec;9(4):300-6. Erratum in: *J Clin Orthop Trauma.* 2020 Nov-Dec;11(6):1176.
3. Wallace JJ, Worthington S, Felson DT, et al. Knee osteoarthritis has doubled in prevalence since the mid-20th century. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2017 Aug 29;114(35):9332-6.

4. Bode G, von Heyden J, Pestka J, et al. Prospective 5-year survival rate data following open-wedge valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Jul;23(7):1949-55.
5. Nikose SS, Nikose D, Kekatpure AL, Jain S, Saoji K, Reddy SM. Impact of medial open-wedge high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis of the knee. *World J Orthop.* 2020 Dec 18;11(12):606-14.
6. Collins NJ, Prinsen CA, Christensen R, Bartels EM, Terwee CB, Roos EM. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): systematic review and meta-analysis of measurement properties. *Osteoarthritis Cartilage.* 2016 Aug;24(8):1317-29.
7. Yoon SD, Zhang G, Kim HJ, Lee BJ, Kyung HS. Comparison of Cable Method and Miniaci Method Using Picture Archiving and Communication System in Preoperative Planning for Open Wedge High Tibial Osteotomy. *Knee Surg Relat Res.* 2016 Dec 1;28(4):283-8.
8. He A, Mao Y, Zhou Y, et al. Preoperative planning by osteotomy master software helps to improve the accuracy of target limb alignment in high tibial osteotomy. *J Orthop Surg Res.* 2020 Nov 2;15(1):504.
9. Chuaychoosakoon C, Parinyakhup W, Kwanyuang A, Duangnum-sawang Y, Tangtrakulwanich B, Boonriong T. Coronal Alignment Correction and Maintenance of Tibial Slope in Opening-Wedge Valgus High Tibial Osteotomy Using a 4-Reference Kirschner Wire Technique: A Cadaveric Study. *Orthop J Sports Med.* 2020 Jun 5;8(6):2325967120923608.
10. Feucht MJ, Minzlaff P, Saier T, et al. Degree of axis correction in valgus high tibial osteotomy: proposal of an individualised approach. *Int Orthop.* 2014 Nov;38(11):2273-80.
11. Elyasi E, Cavalié G, Perrier A, Graff W, Payan Y. A Systematic Review on Selected Complications of Open-Wedge High Tibial Osteotomy from Clinical and Biomechanical Perspectives. *Appl Bionics Biomech.* 2021 Oct 31;2021:9974666.
12. Erquicia J, Gelber PE, Perelli S, et al. Biplane opening wedge high tibial osteotomy with a distal tuberosity osteotomy, radiological and clinical analysis with minimum follow-up of 2 years. *J Exp Orthop.* 2019 Feb 28;6(1):10.
13. Amzallag J, Pujol N, Maqdes A, Beauflis P, Judet T, Catonne Y. Patellar height modification after high tibial osteotomy by either medial opening-wedge or lateral closing-wedge osteotomies. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 Jan;21(1):255-9.
14. Kloos F, Becher C, Fleischer B, et al. High tibial osteotomy increases patellofemoral pressure if adverted proximal, while open-wedge HTO with distal biplanar osteotomy discharges the patellofemoral joint: different open-wedge high tibial osteotomies compared to an extra-articular unloading device. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 Jul;27(7):2334-44.
15. Kim JS, Lee JI, Choi HG, Yoo HJ, Jung YS, Lee YS. Retro-Tubercle Biplanar Opening Wedge High Tibial Osteotomy Is Favorable for the Patellofemoral Joint But Not for the Osteotomized Tubercle Itself Compared With Supra-Tubercle Osteotomy. *Arthroscopy.* 2021 Aug;37(8):2567-78.
16. Westrich GH, Peters LE, Haas SB, Buly RL, Windsor RE. Patella height after high tibial osteotomy with internal fixation and early motion. *Clin Orthop Relat Res.* 1998 Sep;(354):169-74.
17. LaPrade RF, Oro FB, Ziegler CG, Wijdicks CA, Walsh MP. Patellar height and tibial slope after opening-wedge proximal tibial osteotomy: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2010 Jan;38(1):160-70.
18. Ogawa H, Matsumoto K, Yoshioka H, Sengoku M, Akiyama H. Distal tibial tubercle osteotomy is superior to the proximal one for progression of patellofemoral osteoarthritis in medial opening wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Oct;28(10):3270-8.
19. Belsey J, Yasen SK, Jobson S, Faulkner J, Wilson AJ. Return to Physical Activity After High Tibial Osteotomy or Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Pooling Data Analysis. *Am J Sports Med.* 2021 Apr;49(5):1372-80.
20. Sarwar S, Lu J, Marcella C, Ji ML. Indications and clinical outcomes of high tibial osteotomy: a literature review. *J Orthop Muscular Syst.* 2019;2(1):1007.
21. Bastard C, Mirouse G, Potage D, et al. Return to sports and quality of life after high tibial osteotomy in patients under 60 years of age. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017 Dec;103(8):1189-91.
22. Sabzevari S, Ebrahimpour A, Roudi MK, Kachooei AR. High Tibial Osteotomy: A Systematic Review and Current Concept. *Arch Bone Jt Surg.* 2016 Jun;4(3):204-12.
23. Liu X, Chen Z, Gao Y, Zhang J, Jin Z. High Tibial Osteotomy: Review of Techniques and Biomechanics. *J Healthc Eng.* 2019 May 2;2019:8363128.
24. He M, Zhong X, Li Z, Shen K, Zeng W. Progress in the treatment of knee osteoarthritis with high tibial osteotomy: a systematic review. *Syst Rev.* 2021 Feb 14;10(1):56.
25. Bonasia DE, Dettoni F, Sisto G, et al. Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload/arthritis in the varus knee: prognostic factors. *Am J Sports Med.* 2014 Mar;42(3):690-8.
26. Kim HJ, Shin JY, Lee HJ, et al. Open-wedge high tibial osteotomy in patients with discoid lateral meniscus. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2021 May-Aug;29(2):23094990211017355.
27. Da Silva HGPV, Zorzi AR, da Silva HPV, de Miranda JB. Gait analysis in short-term follow-up of medial opening wedge high tibial osteotomy. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018 Jul;28(5):939-46.
28. Morin V, Pailhé R, Duval BR, et al. Gait analysis following medial opening-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018 Jun;26(6):1838-44.
29. Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, von Heyden J, Südkamp NP, Köstler W. Open-wedge osteotomy using an internal plate fixator in patients with medial-compartment gonarthrosis and varus malalignment: 3-year results with regard to preoperative arthroscopic and radiographic findings. *Arthroscopy.* 2010 Dec;26(12):1607-16.
30. Brinkman JM, Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Staubli AE, Wymenga AB, van Heerwaarden RJ. Osteotomies around the knee: patient selection, stability of fixation and bone healing in high tibial osteotomies. *J Bone Joint Surg Br.* 2008 Dec;90(12):1548-57.
31. Asada S, Akagi M, Mori S, Matsushita T, Hashimoto K, Hamanishi C. Increase in posterior tibial slope would result in cor-

rection loss in frontal plane after medial open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Mar;20(3):571-8.

32. Takahashi T, Takahashi M, Yamamoto H, Miura H. Biomechanical study of optimum anchorage in dome-shaped high tibial osteotomy. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2018 May-Aug;26(3):2309499018792406.