

Actualización de la osteotomía tibial en el genu varo

Update on tibial osteotomy in genu varum

Sánchez Bosque, Miguel Ángel
García Díaz, Jorge
Olcina Meseguer, Miguel Ángel
García Mayorgas, Ángel David
Cuevas Pérez, Antonio José
Quevedo Reinoso, Rafael Antonio

Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba

miguelcvc13@gmail.com

Rev. S. And. Traum. y Ort., 2023; 40 (1/4): 08-19

Recepción: 19/07/2023. Aceptación: 26/11/2023

Resumen

La osteoartritis en el compartimento medial de la rodilla es una causa frecuente de dolor crónico e impotencia funcional en nuestro medio. Los tratamientos clínicamente efectivos incluyen el tratamiento conservador, la artroplastía unicompartmental y la osteotomía. Si bien la prótesis unicompartmental puede ser una buena elección en determinados casos, para pacientes jóvenes con una mala alineación de los miembros inferiores se prefieren las osteotomías alrededor de la rodilla con el propósito de redistribuir el eje de carga. Las osteotomías son variadas dependiendo del grado de deformidad y su localización. La más utilizada en la actualidad es la osteotomía tibial valguizante, debido a que la mayoría de genu varo artrósico está causada por una deformidad en tibia. Dentro de las osteotomías valguizantes de tibia podemos

Abstract

Medial compartment osteoarthritis of the knee is a frequent cause of chronic pain and disability in our environment. Clinically effective treatments include conservative treatment, unicompartmental arthroplasty and osteotomy. Although the unicompartmental arthroplasty may be a good choice in certain cases, for young patients with lower limb malalignment, osteotomies around the knee are preferred, for the purpose of redistributing the mechanical axis. Osteotomies are varied depending on the degree of deformity and its location. Valgus tibial osteotomy is the most commonly used, due to the majority of genu varus arthritis is caused by a tibial deformity. Within the valgus tibial osteotomies, we can find: medial opening wedge, lateral closing wedge and tridimensional osteotomy.

encontrar: la osteotomía de adición medial, la de sustracción lateral y la osteotomía tridimensional.

Palabras clave: rodilla, osteotomía proximal de tibia, osteoartritis medial, osteotomía de adición medial, osteotomía de sustracción lateral.

Keywords: Knee, high tibial osteotomy, medial compartment osteoarthritis, open wedged high tibial osteotomy, closed wedged high tibial osteotomy.

Introducción

La osteoartritis en el compartimento medial constituye un desafío para el cirujano ortopédico. La prevalencia de esta patología y la demanda cada vez mayor de la población, han convertido a la osteotomía de tibia proximal (High tibial osteotomy, HTO) en un procedimiento fundamental en su tratamiento. Debido a la mala alineación en varo, se produce una sobrecarga en el compartimento femorotibial medial con el consecuente daño y desgaste progresivo del cartílago articular y el hueso subcondral. Su objetivo es desplazar el eje mecánico de la rodilla, disminuyendo el área de contacto y una descarga progresiva del compartimento afecto. Con ello se consigue una reducción del dolor, aumentar la función y retrasar una posible artroplastia total de rodilla.

¿Cuándo indicar una osteotomía tibial valguizante?

Para indicar una osteotomía tibial valguizante, los estudios clásicos están de acuerdo en que se deben cumplir los siguientes requisitos(1):

- Relativamente joven (< 65 años)
- Varo extraarticular < 15°
- Osteoartritis del compartimento medial < grado III de Ahlback
- Dolor de predominio en el compartimento femorotibial medial
- Compartimento lateral íntegro (sin lesión articular ni cirugías previas meniscales)
- Vida activa
- Buen balance articular (Arco de 100°, permitiendo un flexo hasta de 5°)
- Fracaso al tratamiento conservador.

Las contraindicaciones para una osteotomía tibial valguizante en un paciente con genu varo se encuentran resumidas en tabla 1:

Edad > 65 años
Predominio de dolor femoropatelar
Afectación del compartimento lateral (dolor, patología cartilaginosa o meniscal tales como cirugías previas)
Inestabilidad articular
Rigidez articular (Flexo > 10°)
Patologías que favorezcan la falta de consolidación de la osteotomía - Osteoporosis grave - Artritis inflamatorias - Alteraciones neurológicas o metabólicas - Defecto de consolidación previos - Fumador activo
Infección activa
Obesidad con IMC > 35 Kg / m2

Tabla 1. Contraindicaciones de la osteotomía tibial valguizante

Estas características representan extremos opuestos de lo que la mayoría de pacientes realmente poseen. Con el desarrollo de la técnica quirúrgica y de los métodos de fijación, la mayoría de contraindicaciones absolutas, se han vuelto relativas, pudiéndose realizar HTO en pacientes obesos, en pacientes con cirugías en el compartimento contralateral o incluso en pacientes con inestabilidad ligamentosa sin que aumenten el número de complicaciones (2).

Planificación

Identificar y localizar la deformidad

Es necesario una telemetría anteroposterior y lateral de buena calidad (rótulas centradas y superposición de 1/3 de la cabeza del peroné con la tibia). Partiendo de una línea de eje de carga (Línea

de Mikulicz) en varo (medial al centro de la rodilla), se cuantifica el grado de desviación mediante

la medición del eje cadera-rodilla-tobillo (HKA; Hip-Knee-Ankle) (Figura 1).

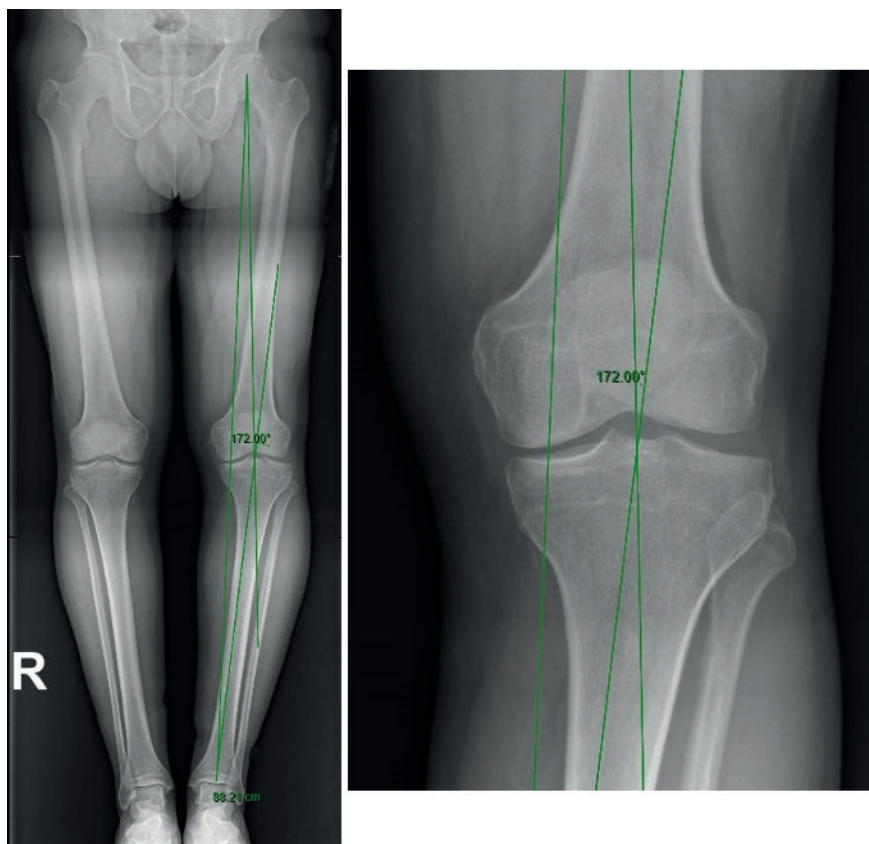


Figura 1. Telemetría anteroposterior. Medición de eje de carga y el grado de desviación en varo (8°).

Posteriormente, se miden los ángulos periarticulares más utilizados descritos por Paley (3) en el plano coronal y sagital, resumidos en la tabla 2 y

representados en la figura 2, que nos ofrecerán información sobre la localización de la deformidad.

Plano coronal		
LPFA	90° (85°-90°)	
mLDFA	88° (85°-90°)	> 90° Varo femoral
JLCA	0-2°	> 4° Varo intraarticular
MPTA	87° (85°-90°)	< 85° Varo tibial
LDFA	88°(85°-90°)	
Plano sagital		
Pendiente tibial posterior	7°- 10° (5-15°)	Variabilidad según poblaciones
Caton-Deschamps	0'8-1'2	

Tabla 2. Principales ángulos descritos por Paley y sus valores normales.

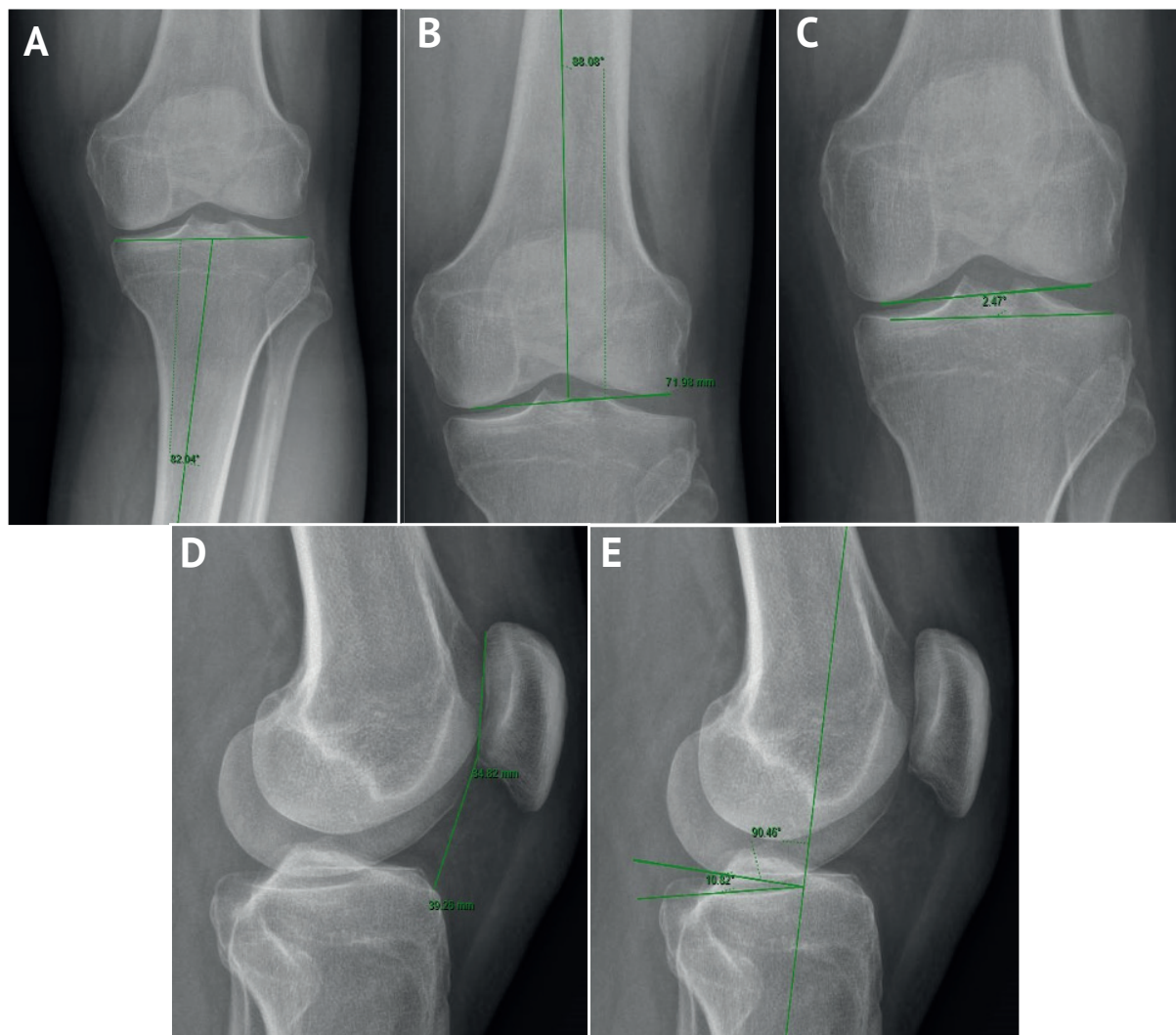


Figura 2. Medición de ángulos periarticulares descritos por Paley: A) mMTPA = 82° B) LDFA = 88° C) JLCA = 2° D) Caton- Deschamps = 1'1 E) PTS = 10°

En este punto es importante advertir sobre el concepto clásico de que las deformidades en varo, se deben fundamentalmente a expensas de tibia, y las deformidades en valgo a expensas de fémur, puesto que se ha comprobado que solo el 28% de los pacientes con deformidad en varo, tienen una deformidad aislada de tibia (4). Teniendo en cuenta estas cifras, cuando se corrige el varo general con una osteotomía de tibia proximal aislada, existe el riesgo de sobrecorrección excesiva (Ángulo mecánico de tibia proximal medial; mMPTA > 95°), que conduce a una interlínea articular oblicua y peores resultados funcionales como veremos posteriormente.

Una vez confirmada la mal alineación en varo a expensas de tibia (mMPTA < 85°), es de utili-

dad medir el ángulo de convergencia de la línea articular (JLCA; Joint Line Convergence Angle), que debe ser normal (<2°) para descartar deformidades intraarticulares que no corregirán con procedimientos extraarticulares (5). En caso de que los ángulos óseos periarticulares no expliquen totalmente la deformidad, los grados de varo restantes se corresponderían con laxitud de los tejidos blandos circundantes o componente articular de la deformidad (JLCA > 4° = Varo intraarticular). También se ha debatido como afecta a la planificación de la osteotomía un JLCA > 4°, dado que existe alto riesgo de sobrecorrección, si corregimos todos los grados de varo considerando erróneamente que pertenecen en su totalidad a varo extraarticular. En este sentido, Micicoi et al (5)

recomiendan para pacientes con JLCA $> 2^\circ$, restar al total de corrección planificada la siguiente fórmula (JLCA-2) / 2.

Planificar la osteotomía

La mayoría de autores están de acuerdo en que es necesaria una sobrecorrección de la osteotomía, llevando el eje de carga al valgo 2° - 4° , basándose en estudios retrospectivos en los que aquellos pacientes con esta alineación, presentaron los mejores resultados funcionales (6). Diferentes teorías han sido propuestas para seleccionar el eje de carga ideal después de una osteotomía tibial valguitizante, aunque la mayoría de ellas, lo sitúa entre el 50% y el 65% del ancho tibial.

- A. Feucht et al (7) proponen 3 zonas objetivo individualizando en cada caso. Entre el 50%-55% para rodillas sin artrosis medial que se vayan a someter a cirugía sobre cartílago, menisco o ligamentos. Entre el 55%-60% para rodillas con artrosis medial leve y entre 60%-65% cuando existe artrosis moderada o grave.
- B. El punto teórico para Fujisawa et al (8) se corresponde con el 62'5% del ancho de la tibia medido desde el lado medial (Figura 3). Es el más utilizado en la actualidad, si bien es cierto, que los últimos estudios sobre la oblicuidad de la interlínea articular después de la sobre corrección al valgo, hacen pensar que el punto teórico se encuentra más cercano al 50%.
- C. Otra alternativa es la propuesta por Laprade, en la vertiente lateral de la espina tibial lateral.

Una vez localizado el punto, existen diferentes métodos para medir el ángulo de corrección como el método de Coventry, Dugdale o Miniaci. No existe consenso sobre el método más confiable tanto intra como interobservador (9,10). El método de Dugdale puede llegar a subestimar el ángulo de corrección según estudios recientes (11), por lo que describiremos el método de Miniaci a continuación:

- Método de Miniaci (Figura 4): El primer paso es calcular la línea de Mikulicz teórica según el porcentaje de corrección que queremos aplicar (Línea A). A continua-

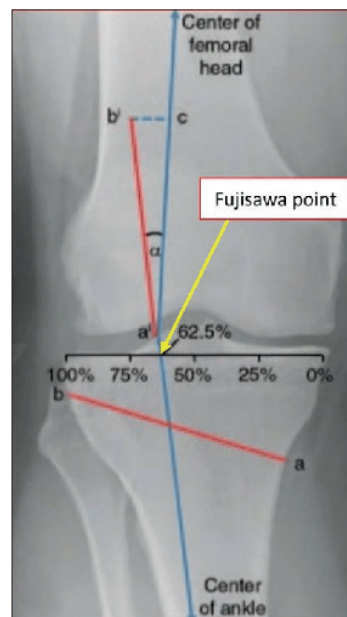


Figura 3. Punto descrito por Fujisawa correspondiente al 62'5% del ancho tibial. Fujisawa et al. *Orthopedic Clinics of North America*. 1979. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(20\)30753-7](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(20)30753-7)

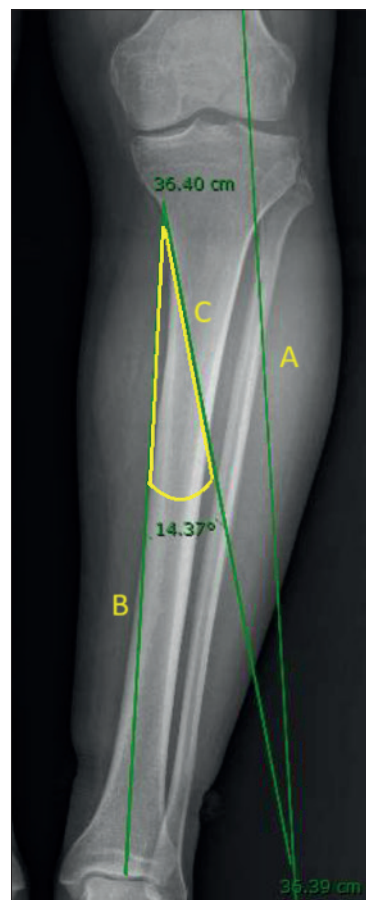


Figura 4. Medición de los grados de corrección mediante el método de Miniaci, en nuestro caso de 14° .

ción, se traza una línea desde el centro del tobillo hasta el punto de bisagra (Línea B), teniendo en cuenta que se encuentra a 15 mm de la superficie articular y 1 mm medial a la cortical lateral para la osteotomía de adición medial, y al contrario en la osteotomía de sustracción lateral. Posteriormente, se traza otra línea, de la misma longitud que la línea B hasta la intersección con la línea A (Línea C). El ángulo formado entre B y C es el ángulo de corrección planificado.

La conversión del ángulo de corrección a milímetros de cuña de adición medial se realiza a partir de la tabla trigonométrica de Hernigou (12). Para utilizarla se debe tener acceso a pruebas complementarias (radiografía simple o TAC), que permitan medir la metáfisis tibial a escala. Esta tabla (Figura 5) se ha comparado con el método tradicional (13), 1° de corrección corresponde a 1 mm de apertura de la osteotomía, obteniéndose mejor precisión de la corrección en el grupo que utilizó dicha tabla. Posteriormente, también se ha comparado con sistemas de navegación asistidos por ordenador, sin encontrar diferencias significativas (14).

Tabla trigonométrica

	Ángulo de corrección															
	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°
Diámetro mediolateral de la osteotomía (mm)	50 mm	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16
	55 mm	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17
	60 mm	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
	65 mm	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20
	70 mm	5	6	7	8	10	11	12	13	15	16	17	18	20	21	22
	75 mm	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17	18	20	21	22	24
	80 mm	6	7	8	10	11	13	14	15	17	18	19	21	22	24	25

Figura 5. Tabla trigonométrica de Hernigou. *The Knee* [Internet] 2001. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0968-0160\(00\)00061-2](https://doi.org/10.1016/S0968-0160(00)00061-2).

¿Qué tipo de osteotomía tibial utilizar?

Son un conjunto de factores tanto clínicos como radiológicos, los que nos van a hacer decantarnos por el tipo de osteotomía a utilizar. A continuación, expondremos cada uno de ellos, teniendo en cuenta que al igual que las indicaciones de la HTO, el tipo de osteotomía a utilizar también ha cambiado con el paso del tiempo, realizándose en la actualidad en su gran mayoría osteotomía de adición medial, a pesar de que la literatura es contradictoria sobre el gold standard (15).

A) Grados de corrección

Para genu varos por debajo de los 15°, nosotros utilizamos la osteotomía tanto de adición como de sustracción atendiendo a otros aspectos

Utilizamos la técnica uniplanar, puesto que los estudios in vivo sobre las osteotomías biplanares son limitados hasta el momento. En varos por encima de los 15° (asocia frecuentemente inestabilidad), se recomienda una osteotomía cupuliforme o una osteotomía de apertura progresiva mediante fijación externa, aunque la incidencia de varos tan grandes es limitada y, por tanto, se trata de cirugías poco frecuentes.

B) Deformidad en otro plano

A pesar de que el objetivo de la osteotomía de adición y sustracción es corregir la deformidad en el plano coronal, la presencia de deformidades leves en el plano sagital (flexo < 15°) o axial (exceso de rotación externa) aumenta la indicación de la osteotomía de sustracción lateral y disminuye la de adi-

ción, que fundamentalmente corrige el varo tibial. Las deformidades de mayor tamaño en otro plano o las sospechas de patología torsional de miembros inferiores deben ser estudiadas a través de TAC y se benefician de osteotomías tridimensionales.

C) Factores del paciente

Clásicamente, la osteotomía de adición medial se ha reservado para pacientes con buena condición física y generalmente, por debajo de los 50 años y con normopeso (IMC 18'5-25), condiciones idóneas para mantener la descarga necesaria de este tipo de osteotomía con implantes más antiguos. Por el contrario, para la osteotomía de sustracción lateral podemos ser más laxos y ampliar la indicación a pacientes con regular condición física, osteoporosis leve, obesidad (IMC 30-35) y edad < 60-65 años (16). La literatura no aporta datos concluyentes sobre la superioridad de una sobre la otra en grupos específicos de pacientes, pero si informa sobre un aumento de fracaso de ambas (fracturas intraoperatorias, pérdida de corrección, retraso de consolidación, progresión de artrosis, conversión a artroplastia total de rodilla) en pacientes > 55 años, IMC > 35 y fumadores (17,18).

D) Patología ligamentosa

Esta es, posiblemente, la indicación que más ha cambiado tras la publicación de nuevos estudios. Ya se ha descrito la asociación de las osteotomías en rodillas con ligamentos cruzados inestables a través de la modificación de la pendiente tibial (posterior tibial slope; PTS).

En concreto, cuando la pendiente tibial se encuentra disminuida (valores normales entre 7°-10°) o existe una insuficiencia del cruzado posterior, la osteotomía de adición medial es de gran utilidad ya que aumenta la pendiente tibial y aporta cierta estabilidad, independientemente de las técnicas de reconstrucción que asociemos. Actualmente se recomienda asociar osteotomía de adición medial cuando la pendiente tibial es < 5° en reconstrucciones primarias y < 7° en revisiones de LCP (19).

Por el contrario, cuando la pendiente tibial se encuentra aumentada (una PTS > 12° en pacientes intervenidos de reconstrucción de LCA aumenta por cinco el riesgo de recurrencia de la lesión (20)) o existe una insuficiencia de cruzado anterior en

pacientes con genu varo sintomático, sería conveniente utilizar la osteotomía de sustracción lateral, que junto a la reconstrucción del LCA, ha reportado un efecto protector sobre nuevas roturas de la plastia (21).

Los osteótomos se utilizan para abrir gradualmente el espacio de la osteotomía. La modificación de la brecha entre la osteotomía anterior y posterior, permite el ajuste de la PTS, de tal manera que, si la apertura es preferentemente anterior o posterior, estaremos aumentando o disminuyendo la PTS respectivamente (22).

E) Articulación patelofemoral

Los dos factores más estudiados de la articulación femoropatelar en la osteotomía tibial han sido el grado de artrosis, y la altura rotuliana. En cuanto al grado de artrosis, los cambios degenerativos leves parecen no afectar a los resultados clínicos ni radiológicos (23). A pesar de que hay estudios recientes que afirman que la altura patelar no se ve influenciada después de una osteotomía de adición medial en genu varos < 15° (24), una contraindicación clásica para este tipo de osteotomía ha sido la altura patelar baja, por el descenso relativo que se crea al abrir la brecha de la osteotomía (25). Diferentes modificaciones de la técnica quirúrgica han sido propuestas para evitar este descenso, como la asociación de la osteotomía de la tuberosidad tibial, aunque actualmente, la indicación más clara para una rótula baja, es la osteotomía de cierre lateral.

F) Dismetría

Las osteotomías también tienen un efecto sobre la longitud del miembro intervenido. La osteotomía de adición aumenta la longitud del miembro proporcionalmente al grado de corrección (entre 7 y 10 mm de media en el alargamiento) por lo que está indicada en miembros inferiores más cortos. La osteotomía de sustracción tiene una influencia menor en la longitud de los miembros, con un efecto medio de acortamiento de aproximadamente 2-3 mm en rodillas con varos inferiores a los 10°. Además, también puede provocar un alargamiento cuando la deformidad supera los 10°, debido a que predomina el aumento de longitud del miembro por la corrección de la deformidad sobre acortamiento de la osteotomía.

¿Cómo afecta la oblicuidad de la interlínea y el MTPA en el resultado postoperatorio? ¿Se debe asociar osteotomía femoral?

Diversos grupos de investigación, han estudiado la relación de la oblicuidad de la interlínea articular (Joint-Line Obliquity; JLO) con el desgaste del compartimento medial después de una osteotomía valguizante. La JLO se define en una telemetría como el ángulo que se forma entre la paralela al suelo y la línea que cruza ambas mesetas (Figura 6). La literatura más reciente, defiende que un $JLO > 4^\circ$ se relaciona con peores resultados tanto objetivos como funcionales, y una $JLO > 6^\circ$ con peores resultados radiológicos (26). Teniendo en cuenta estos resultados, es importante conocer, que la osteotomía de adición medial afecta significativamente al cambio de JLO (Un aumento de 1° de MTPA incrementará la JLO en 0.463°), en contraposición, a la doble osteotomía (asociando osteotomía femoral distal lateral) que mantiene la JLO según Akamatsu (27). Otro parámetro controvertido es el mMTPA límite postosteotomía a partir del cual los resultados empeoran, habiendo variabilidad entre autores, el MTPA objetivo debe estar entre 91° - 95° (28).

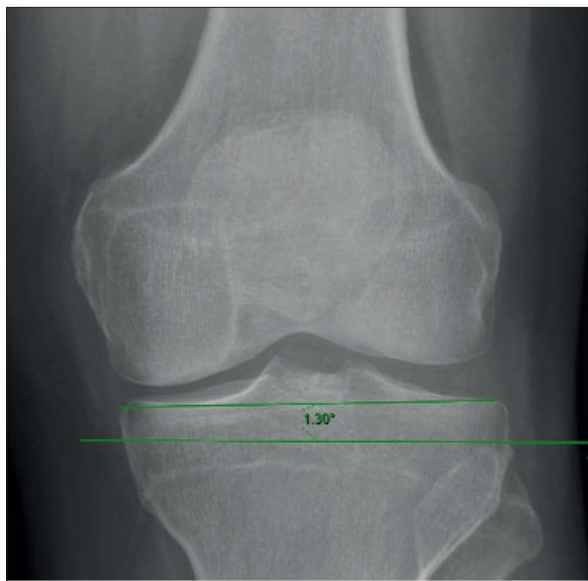


Figura 6. Medición de la oblicuidad de la interlínea articular (JLO) de 1.3° .

Por tanto, el mayor riesgo de generar una inclinación lateral patológica se encuentra al corregir grados de deformidad en tibia que no se co-

rresponden con esta localización, es decir, cuando existe cierto componente de varo articular o femoral. Feucht et al (29) informa de que la osteotomía de tibia proximal es adecuada en menos de 2/3 de los genu varo si no queremos afectar a la interlínea, siendo necesaria una osteotomía femoral cuando existe un $mLDFA > 90^\circ$, y previsiblemente con la osteotomía tibial vamos a generar una interlínea oblicua ($mMTPA$ previsible $> 95^\circ$ o $JLO > 4^\circ$ (30)).

Aspectos Quirúrgicos

¿Se necesita una artroscopia previa a la osteotomía?

La artroscopia de rodilla previa a la osteotomía permite valorar el estado del cartílago articular, tratar lesiones meniscales y comprobar la integridad del compartimento sano, de tal forma que puede modificar la indicación quirúrgica, considerándose un procedimiento recomendable, aunque no de forma sistemática. Zhao et al(31), publicaron en 2022 un ensayo clínico aleatorizado con un total de 82 pacientes, 41 se sometieron a una osteotomía de tibia proximal aislada y a los otros 41 se añadió la artroscopia previa osteotomía. En el grupo Artroscopia + HTO encontraron resultados estadísticamente significativos: menor estancia hospitalaria, mejoría de los test funcionales y menor dolor en los primeros seis meses del postoperatorio, haciendo falta estudios de más largo plazo.

La bisagra

La zona más segura para posicionar la bisagra en la osteotomía de adición medial debe ir dirigida hacia el 1/3 proximal de la articulación tibioperonea proximal o la punta de la cabeza del peroné, según Nakamura para evitar fracturas de la bisagra (32). Además, la posición posterolateral de la bisagra en la tibia, afecta significativamente en el cambio de la pendiente tibial, por lo que se recomienda dirigirla hacia la cara lateral tibial si no queremos cambiar la pendiente.

Para proteger la bisagra de fracturas iatrógenas, se ha descrito la colocación de agujas de Kirschner atravesando la bisagra (Figura 7), con resultados estadísticamente significativos (33).

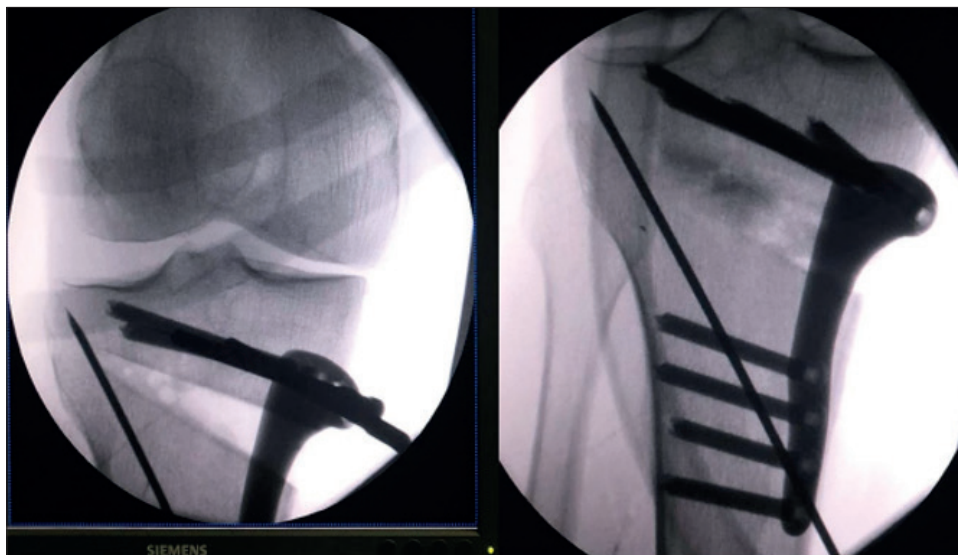


Figura 7. Aguja de Kirschner protegiendo la osteotomía antes y después de colocar el injerto. Gulagaci et al. *Knee surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet] 2019. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05806-7>

El uso de injerto óseo

El tratamiento de la brecha de la osteotomía también es debatido. La mayoría de artículos defienden que, en caso de obesidad, fractura de la bisagra lateral, brecha > 10 mm o corrección > 10°, es necesario el aporte de injerto o sustitutos óseos (34,35). En las circunstancias opuestas, las placas bloqueadas de acero proporcionan la estabilidad angular necesaria para promover la cicatrización ósea y evitar la pérdida de la corrección sin necesidad de injerto.

Tampoco hay evidencia suficiente para apoyar el uso de autoinjerto de cresta ilíaca frente al aloinjerto u otros sustitutos como el fosfato cálcico. Un ejemplo de ello, es el ensayo clínico aleatorizado publicado por Haghpanah et al (36) comparando auto vs aloinjerto, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de corrección, tasa de complicaciones, consolidación radiográfica y scores funcionales.

Dispositivos para la fijación

Actualmente el método de fijación de elección para las osteotomías tibiales, son las placas bloqueadas de ángulo estable frente a otros dispositivos como grapas o placas no bloqueadas. Las pla-

cas bloqueadas de compresión permiten una carga precoz (37), tienen mejores resultados y reducen la pérdida de corrección (38).

Postoperatorio

Protocolo postoperatorio

Como hemos comentado en el apartado anterior, el desarrollo de las placas bloqueadas de ángulo estable permite la carga parcial precoz de la extremidad. Nosotros individualizamos cada caso en función de diferentes variables del paciente (IMC, osteoporosis y otras comorbilidades) y la estabilidad de la osteotomía. Esta última depende principalmente de la presencia de fracturas de la bisagra lateral. La clasificación de Takeuchi (39) las divide en 3 tipos (Figura 8) dependiendo si afectan a la cortical lateral (Tipo 1), a la cortical distal (Tipo 2) o la cortical proximal (Tipo 3, fractura de meseta lateral). En estos casos, independientemente de los gestos quirúrgicos añadidos para estabilizar la osteotomía, mantenemos la extremidad en descarga durante un mes aproximadamente, para luego comenzar con carga parcial, teniendo en cuenta para el seguimiento, que existirá un retraso en el tiempo hasta la consolidación total (40).

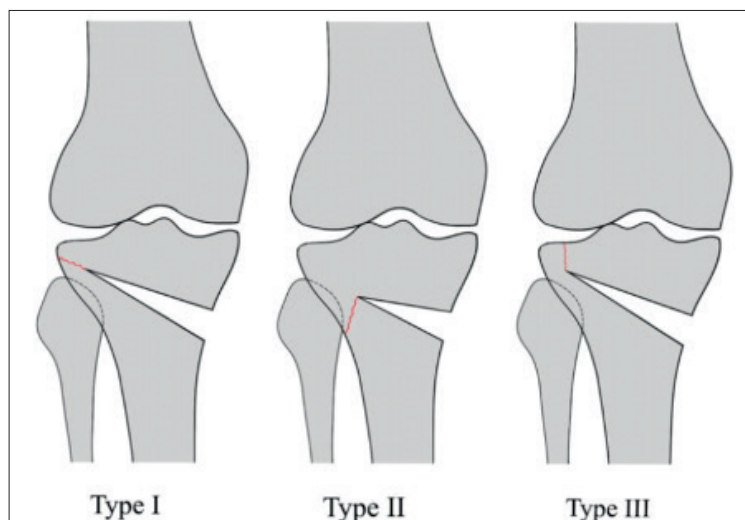


Figura 8. Clasificación de fracturas de la bisagra lateral según Takeuchi. Dawson et al. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet] 2022. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07024-0>

Retirada de material

En 2019, Goshima et al (41) publicaron una serie de casos (101 rodillas) a los que se le retiró la placa de fijación. Evaluaron diversos parámetros entre los cuales se encontraban escalas funcionales (OKS) y parámetros radiográficos (mMTPA, PTS y eje de carga) antes de la intervención y un año postintervención. Obtuvieron que el único factor para la pérdida de corrección postextracción, fue un defecto de consolidación de la corteza posterior < 43,3%, por lo que recomiendan la extracción del material, una vez que la consolidación de la cortical posterior llegue al menos hasta el centro de la osteotomía.

Conclusión

Las osteotomías tibiales para la corrección del genu varo sintomático son útiles cuando la indicación es correcta. La anamnesis, la exploración del paciente y una adecuada planificación preoperatoria es crucial para el éxito de la cirugía. Con los avances tecnológicos y los estudios recientes, se han ampliado las indicaciones de la osteotomía tibial valguizante, tanto de sustracción como de adición, siendo una herramienta del día a día para el cirujano de rodilla.

Bibliografía

1. Liu X, Chen Z, Gao Y, Zhang J, Jin Z. High Tibial Osteotomy: Review of Techniques and Biomechanics. *J Healthc Eng* [Internet]. 2019 [cited 2023 Jun 1];2019. Available from: <https://pmc/articles/PMC6525872/>
2. Osti M, Gohm A, Schlick B, Benedetto KP. Complication rate following high tibial open-wedge osteotomy with spacer plates for incipient osteoarthritis of the knee with varus malalignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2015 Jul 19 [cited 2023 Jun 1];23(7):1943–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24193218/>
3. Paley D, Pfeil J. [Principles of deformity correction around the knee]. *Orthopade* [Internet]. 2000 Jan 25 [cited 2023 Jun 1];29(1):0018–38. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/bvsspa.idm.oclc.org/10663243/>
4. Feucht MJ, Winkler PW, Mehl J, Bode G, Forckel P, Imhoff AB, et al. Isolated high tibial osteotomy is appropriate in less than two-thirds of varus knees if excessive overcorrection of the medial proximal tibial angle should be avoided. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2023 May 16];29(10):3299–309. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32691093/>
5. Micicoi G, Khakha R, Kley K, Wilson A, Cercie-llo S, Ollivier M. Managing intra-articular deformity in high Tibial osteotomy: a narrative review. *J Exp Orthop* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2023 Jun 6];7(1). Available from: <https://pmc/articles/PMC7481321/>
6. Spahn G, Klinger HM, Harth P, Hofmann GO. [Cartilage regeneration after high tibial osteotomy. Results of an arthroscopic study]. *Z Orthop Unfall* [Internet]. 2012 [cited 2023 Jun 1];150(3):272–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22729374/>

7. Feucht MJ, Minzlaff P, Saier T, Cotic M, Südkamp NP, Niemeyer P, et al. Degree of axis correction in valgus high tibial osteotomy: proposal of an individualised approach. *Int Orthop* [Internet]. 2014 Nov 1 [cited 2023 Jun 6];38(11):2273–80. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25008139/>
8. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The Effect of High Tibial Osteotomy on Osteoarthritis of the Knee: An Arthroscopic Study of 54 Knee Joints. *Orthopedic Clinics of North America*. 1979 Jul 1;10(3):585–608.
9. Elson DW, Petheram TG, Dawson MJ. High reliability in digital planning of medial opening wedge high tibial osteotomy, using Miniaci's method. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2015 Jul 19 [cited 2023 Jun 21];23(7):2041–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24584646/>
10. Blackburn J, Ansari A, Porteous A, Murray J. Reliability of two techniques and training level of the observer in measuring the correction angle when planning a high tibial osteotomy. *Knee* [Internet]. 2018 Jan 1 [cited 2023 Jun 21];25(1):130–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29223707/>
11. Sivertsen EA, Vik J, Meland ASV, Nerhus TK. The Dugdale planning method for high tibial osteotomies underestimates the correction angle compared to the Miniaci method. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2023 Apr 1 [cited 2023 Dec 12];31(4):1507–14. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34244828/>
12. Hernigou P, Ma W. Open wedge tibial osteotomy with acrylic bone cement as bone substitute. *Knee*. 2001;8(2):103–10.
13. Nicolau X, Bonnomet F, Micicoi G, Eichler D, Ollivier M, Favreau H, et al. Accuracy of the correction obtained after tibial valgus osteotomy. Comparison of the use of the Hernigou table and the so-called classical method. *Int Orthop* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2023 Jun 4];44(12):2613–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32820360/>
14. Nicolau X, Jenny JY, Bonnomet F, Ollivier M, Favreau H, Ehlinger M. Accuracy of the correction achieved after a valgus high tibial osteotomy: Comparison of the Hernigou table and navigation. *Orthop Traumatol Surg Res* [Internet]. 2022 May 1 [cited 2023 Jun 4];108(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35151890/>
15. van Haeringen MH, Kuijter PPFM, Daams JG, van Geenen RCI, Brinkman JM, Kerkhoffs GMMJ, et al. Correction to: Opening and closing wedge high tibial osteotomy are comparable and early full weight bearing is safe with angular stable plate fixation: a metaanalysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2023 [cited 2023 Jun 1]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36631558/>
16. Song SJ, Yoon KH, Kim K Il, Park CH. Closed-wedge high tibial osteotomy is more advantageous to maintain the correction than open-wedge high tibial osteotomy in osteopenic patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2023 Jun 1];31(4):1563–70. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-022-07006-2>
17. Floerkemeier S, Staubli AE, Schroeter S, Goldhahn S, Lobenhoffer P. Does obesity and nicotine abuse influence the outcome and complication rate after open-wedge high tibial osteotomy? A retrospective evaluation of five hundred and thirty three patients. *Int Orthop* [Internet]. 2014 Jan [cited 2023 Jun 3];38(1):55–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24022738/>
18. Howells NR, Salmon L, Waller A, Scanelli J, Pinczewski LA. The outcome at ten years of lateral closing-wedge high tibial osteotomy: determinants of survival and functional outcome. *Bone Joint J* [Internet]. 2014 Nov 1 [cited 2023 Jun 3];96-B(11):1491–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25371462/>
19. Kanakamedala AC, Gipsman A, Lowe DT, Strauss EJ, Alaia MJ. Combined Anterior Opening-Wedge High Tibial Osteotomy and Tibial Tubercle Osteotomy with Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Tech* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2023 Jun 4];11(4):e601–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35493047/>
20. Klek M, Dhawan A. The Role of High Tibial Osteotomy in ACL Reconstruction in Knees with Coronal and Sagittal Plane Deformity. *Curr Rev Musculoskelet Med* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2023 Jun 4];12(4):466–71. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31760623/>
21. Bosco F, Giustra F, Giai Via R, Lavia AD, Capella M, Sabatini L, et al. Could anterior closed-wedge high tibial osteotomy be a viable option in patients with high posterior tibial slope who undergo anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol* [Internet]. 2022 [cited 2023 Jun 4]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36308547/>
22. Murray R, Winkler PW, Shaikh HS, Musahl V. High Tibial Osteotomy for Varus Deformity of the Knee. *JAAOS Global Research & Reviews* [Internet]. 2021 Jul 9 [cited 2023 May 16];5(7). Available from: <https://pmc/articles/PMC8274793/>
23. Kim DH, Kim SC, Yoon JS, Lee YS. Are There Harmful Effects of Preoperative Mild Lateral or Patellofemoral Degeneration on the Outcomes of Open Wedge High Tibial Osteotomy for Medial Compartmental Osteoarthritis? *Orthop J Sports Med* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Jun 3];8(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32637430/>
24. Jingbo C, Mingli F, Guanglei C, Zheng L, Shuai A, Jiang H. Patellar Height Is Not Altered When the Knee Axis Correction Is Less than 15 Degrees and Has Good Short-Term Clinical Outcome. *Journal of Knee Surgery* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Jun 3];33(6):536–46. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30877687/>

25. Bin S II, Kim HJ, Ahn HS, Rim DS, Lee DH. Changes in Patellar Height After Opening Wedge and Closing Wedge High Tibial Osteotomy: A Meta-analysis. *Arthroscopy* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2023 Jun 3];32(11):2393–400. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27570171/>
26. Song JH, Bin S II, Kim JM, Lee BS. What Is An Acceptable Limit of Joint-Line Obliquity After Medial Open Wedge High Tibial Osteotomy? Analysis Based on Midterm Results. *Am J Sports Med* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2023 May 15];48(12):3028–35. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32941061/>
27. Akamatsu Y, Nejima S, Tsuji M, Kobayashi H, Muramatsu S. Joint line obliquity was maintained after double-level osteotomy, but was increased after open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2022 Feb 1 [cited 2023 May 15];30(2):688–97. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33433634/>
28. Akamatsu Y, Kumagai K, Kobayashi H, Tsuji M, Saito T. Effect of Increased Coronal Inclination of the Tibial Plateau After Opening-Wedge High Tibial Osteotomy. *Arthroscopy* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2023 May 15];34(7):2158–2169.e2. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29685834/>
29. Feucht MJ, Winkler PW, Mehl J, Bode G, Forckel P, Imhoff AB, et al. Isolated high tibial osteotomy is appropriate in less than two-thirds of varus knees if excessive overcorrection of the medial proximal tibial angle should be avoided. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2023 Jun 1];29(10):3299–309. Available from: <https://link.springer.com/bvsspa.idm.oclc.org/article/10.1007/s00167-020-06166-3>
30. Ferrera A, Menetrey J. Optimizing indications and technique in osteotomies around the knee. *EFORT Open Rev* [Internet]. 2022 [cited 2023 Jun 4];7(6):396–403. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35674119/>
31. Zhao B, Xiao Q, Liu B. Effects of High Tibial Osteotomy Combined with Arthroscopy on Pain and Inflammation Markers in Patients with Medial Knee Osteoarthritis. *J Invest Surg* [Internet]. 2022 [cited 2023 May 17];35(4):891–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34157925/>
32. Nakamura R, Komatsu N, Fujita K, Kuroda K, Takahashi M, Omi R, et al. Appropriate hinge position for prevention of unstable lateral hinge fracture in open wedge high tibial osteotomy. *Bone Joint J* [Internet]. 2017 Oct 1 [cited 2023 May 15];99-B(10):1313–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28963152/>
33. Gulagaci F, Jacquet C, Ehlinger M, Sharma A, Kley K, Wilson A, et al. A protective hinge wire, intersecting the osteotomy plane, can reduce the occurrence of perioperative hinge fractures in medial opening wedge osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2023 May 15];28(10):3173–82. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31773202/>
34. Han JH, Kim HJ, Song JG, Yang JH, Bhandare NN, Fernandez AR, et al. Is Bone Grafting Necessary in Opening Wedge High Tibial Osteotomy? A Meta-Analysis of Radiological Outcomes. *Knee Surg Relat Res* [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2023 May 15];27(4):207–20. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26675553/>
35. Slevin O, Ayeni OR, Hinterwimmer S, Tischer T, Feucht MJ, Hirschmann MT. The role of bone void fillers in medial opening wedge high tibial osteotomy: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2023 May 15];24(11):3584–98. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27557796/>
36. Haghpahan B, Kaseb MH, Espandar R, Mortazavi SMJ. No difference in union and recurrence rate between iliac crest autograft versus allograft following medial opening wedge high tibial osteotomy: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2023 May 15];29(10):3375–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32839849/>
37. van Haeringen MH, Kuijer PPFM, Daams JG, van Geenen RCI, Brinkman JM, Kerkhoffs GMMJ, et al. Opening- and closing-wedge high tibial osteotomy are comparable and early full weight bearing is safe with angular stable plate fixation: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2022 [cited 2023 May 15]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36473985/>
38. Han JH, Kim HJ, Song JG, Yang JH, Nakamura R, Shah D, et al. Locking plate versus non-locking plate in open-wedge high tibial osteotomy: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2017 Mar 1 [cited 2023 May 15];25(3):808–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26578305/>
39. Takeuchi R, Ishikawa H, Kumagai K, Yamaguchi Y, Chiba N, Akamatsu Y, et al. Fractures around the lateral cortical hinge after a medial opening-wedge high tibial osteotomy: a new classification of lateral hinge fracture. *Arthroscopy* [Internet]. 2012 Jan [cited 2023 May 16];28(1):85–94. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21982387/>
40. Goshima K, Sawaguchi T, Shigemoto K, Iwai S, Nakanishi A, Inoue D, et al. Large opening gaps, unstable hinge fractures, and osteotomy line below the safe zone cause delayed bone healing after open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet]. 2019 Apr 5 [cited 2023 Jun 1];27(4):1291–8. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-018-5334-3>
41. Goshima K, Sawaguchi T, Shigemoto K, Iwai S, Fujita K, Kataoka T. Plate removal without loss of correction after open-wedge high tibial osteotomy is possible when posterior cortex bone union reaches osteotomy gap center even in incompletely filled gaps. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Jun 1];28(6):1827–34. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-019-05615-y>