

Hallux valgus: enfoque actual

Hallux valgus: current focus

Pablo Wagner¹, Cristian Ortiz¹, Andres Keller¹, Diego Zanolli¹, Emilio Wagner¹

Descriptores:

Hallux valgus/cirugía;
Osteotomía/tendencias

Keywords:

Hallux valgus/surgery;
Osteotomy/trends

RESUMEN

El tratamiento del hallux valgus ha evolucionado a lo largo de los últimos años, variando de un enfoque centrado en las partes blandas hace 20 años, a un enfoque centrado en la corrección esquelética en la actualidad. No es claro aún el origen de la deformidad, pero es cada vez más claro que una deformidad inicialmente analizada en un solo plano (varo-valgo), en la actualidad se considera que es una deformidad multiplanar. Un gran porcentaje de las deformidades de hallux valgus se han corregido por años con osteotomías uniplanares, pero en los últimos años debido a la mejor comprensión de la deformidad se ha vuelto más importante considerar la pronación o rotación axial del metatarsiano. En población de más edad, en que la osteoporosis empieza a jugar un rol, técnicas que utilizan artrodesis son importantes a considerar. En población de menor exigencia en cuanto al resultado final, las técnicas mini-invasivas deben estar dentro de nuestro armamentario. En este artículo entregamos nuestra opinión en cuanto a los conceptos actuales de tratamiento del hallux valgus, las opciones de osteotomías más confiables así como nuestro algoritmo de tratamiento y las últimas tendencias.

ABSTRACT

The treatment of hallux valgus has evolved over the years, ranging from a focus on soft tissues 20 years ago, to an approach based on the skeletal correction nowadays. Even the origin of the deformity is not clear, but it is increasingly clear that an initially analyzed deformity in a single plane (Varus deformity - valgus), today it is deemed a multiplanar deformity. A large percentage of hallux valgus deformities have been fixed for years with uniplanar osteotomies, but in recent years due to better understanding of the deformity it has become more important to consider the pronation or coronal rotation of the metatarsal. In older population where osteoporosis begins to play a role, techniques using fusion are important to consider. Less demanding population may benefit from mini-invasive techniques which must be within our armamentarium. In this article, we deliver our opinion regarding the current concepts of treatment of hallux valgus, the more reliable osteotomies to use as well as our algorithm of treatment and the latest trends.

INTRODUCCIÓN

Las osteotomías han sido recomendadas para el tratamiento del hallux valgus en las últimas dos décadas, con buen resultado y confiabilidad a largo plazo.⁽¹⁾ Las complicaciones son frecuentes presentándose hasta en un 50% de los casos, siendo la recidiva la complicación más frecuentemente reportada.⁽²⁾ Algunos factores de riesgo identificados son la deformidad preoperatoria y postoperatoria, técnica insuficiente, metatarso aducto, inestabilidad tarsometatarsiana entre otras.⁽²⁾ Ultimamente también se ha identificado como factores de riesgo la calidad de la reducción postoperatoria de los sesamoideos y una malrotación persistente de la cabeza metatarsal.⁽³⁻⁶⁾

Ninguna osteotomía ha sido probada como más efectiva que ninguna otra, y distintas modificaciones se han intentado a lo largo de los años para mejorar los resultados de cada técnica individual.⁽⁷⁾

¹ Clinica Alemana, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

Autor correspondiente:

Pablo Wagner
E-mail: Pwagner@alemana.cl

Conflictos de interés:

no

Recibido en:

10/5/2017

Aceptado en:

10/6/2017

Creemos que para lograr mejorar la confiabilidad de nuestras técnicas, una de las características que debemos conocer es el poder corrector de cada técnica, es decir, la cantidad de angulación intermetatarsiana que cada osteotomía puede corregir. En general, hay acuerdo en que las osteotomías distales logran menos corrección de la deformidad y son utilizadas para corregir hallux valgus leves. Al contrario, las osteotomías proximales son capaces de corregir mayores angulaciones intermetatarsales, siendo por lo tanto la elección para deformidades severas.⁽⁸⁾

Es sabido que el ángulo intermetatarsiano normal es menor a 9 grados, pero hay variaciones individuales en las mediciones angulares y cada deformidad de hallux valgus es diferente, lo que hace difícil determinar cuál es la normalidad en cada paciente. La deformidad de hallux valgus se origina en una desviación medial del primer metatarsiano, y los sesamoideos marcan la posición original donde estaba localizada la cabeza del metatarsiano antes de producirse la desviación.⁽⁹⁾ Por lo tanto, creemos que la posición ideal de la cabeza del metatarsiano, luego de corregirse la deformidad, debería ubicarse sobre el complejo de los sesamoideos. Debido a este concepto, usamos una nueva medición angular al evaluar un hallux valgus conocido como el ángulo a corregir.⁽¹⁰⁾ Este ángulo se obtiene dibujando una línea a través del eje del primer metatarsiano y luego una segunda línea desde el mismo punto de origen en el primer metatarsiano pero distalmente debe pasar por la mitad del complejo de los sesamoideos. Este ángulo representaría el número de grados de desviación que debería corregirse en el primer metatarsiano para centrar la cabeza del metatarsiano sobre los sesamoideos.⁽¹¹⁾

Otro importante tópico a considerar es la liberación de partes blandas asociada a toda cirugía de hallux valgus. Antiguamente se consideraba que todo tejido lateral a la articulación metatarsofalángica del primer metatarsiano se encontraba contracturado, debiendo ser liberado quirúrgicamente. Además se le atribuía al músculo aductor hallucis un rol en la génesis de la deformidad, creyendo que su acortamiento producía la luxación de la cabeza del metatarsiano en relación al complejo de los sesamoideos. Al establecerse que la posición de los sesamoideos no cambia en el hallux valgus⁽⁹⁾ y que es el metatarsiano el hueso que se desvía y aleja del complejo sesamoideo, es fácil entender que no es necesario liberar el ligamento intermetatarsiano ni el tendón aductor, ya que estos elementos no participan de la deformidad, siendo de hecho estabilizadores de los sesamoideos. No hay indicación alguna en la literatura

tampoco que señale que haya alguna contractura de tejidos blandos que involucre al tendón aductor o ligamento intermetatarsiano, por lo que no hay razón alguna que indique que debamos cortarlos o elongarlos.⁽¹²⁾ De hecho, buenos resultados clínicos y radiológicos se han publicado al tratar hallux valgus leves y moderados⁽¹³⁾ y también severos⁽¹²⁾ sin liberación lateral de partes blandas excepto una liberación limitada capsular transarticular. Los autores creen firmemente que sólo es necesario realizar una liberación capsular lateral limitada.

Analizando cada técnica individual, la técnica de PROMO⁽¹⁴⁾ es una de las escasas técnicas en que se considera la malrotación coronal como el principal componente de la deformidad a tratar. Esto es muy importante ya que se ha visto que hasta el 87% de los casos de hallux valgus presentan rotación interna del metatarsiano, representado ya sea en el examen clínico, o por cóndilos metatarsianos visibles en radiografías o por sesamoideos subluxados lateralmente en las radiografías.⁽¹⁵⁾ Interesantemente, incluso el ángulo distal metatarsal articular (DMMA), representado por una superficie articular metatarsiana inclinada podría ser solo una representación de un metatarsiano mal rotado y no una superficie articular realmente inclinada.⁽¹⁶⁾ Estos hechos resaltan la importancia de entender la deformidad rotacional en el plano coronal del primer metatarsiano en el hallux valgus, ya que incluso se ha asociado a esta última de jugar un rol en la recidiva del hallux valgus y en la apariencia postoperatoria clínica.⁽⁶⁾

Opciones de osteotomias

En general, indicamos osteotomías en todo caso de hallux valgus, usando el ángulo a corregir como orientación de la potencia correctora necesaria a considerar. En forma general, consideramos además si hay una malrotación coronal asociada, factor presente en la mayoría de los casos, e indicamos osteotomías rotacionales cuando el ángulo a corregir supera los 5 grados y la malrotación coronal está presente clínicamente. En pacientes de mayor edad, consideraremos el uso de artrodesis e incluso el uso de técnicas mini invasivas si es que deseamos minimizar la morbilidad y obtener un resultado satisfactorio en pacientes de baja demanda. Presentamos un algoritmo de tratamiento al final del artículo en el que se resumen estos conceptos.

Osteotomía en Chevron distal

Las osteotomías en chevron son inherentemente osteotomías de desplazamiento, y por lo tanto, están

limitadas por el ancho del metatarsiano. Se sabe que por cada mm de desplazamiento lateral de la cabeza del metatarsiano se corrige un grado de ángulo intermetatarsiano. Estudios biomecánicos han demostrado que una osteotomía en chevron realizada con un ángulo de 60 grados falla por rotación del fragmento distal en relación al fragmento proximal.⁽¹⁷⁾ Aumentar el ángulo entre los brazos de la osteotomía se ha sugerido como una manera de aumentar las fuerzas compresivas entre los fragmentos, y por lo tanto, aumentar el anclaje mecánico y mejorar la estabilidad.⁽¹⁸⁾ La osteotomía en chevron en 90 grados es nuestra elección para deformidades leves cuando el ángulo a corregir es 5 grados o menos. Otra ventaja de la modificación previamente descrita es que entrega más espacio para su fijación posterior, siendo nuestra preferencia actual un tornillo minifragmento, con o sin cabeza (Figura 1). Modificaciones para aumentar su poder corrector consideran aumentar el desplazamiento lateral de la cabeza del metatarsiano. Se ha reportado hasta un 60% de desplazamiento en osteotomías en chevron distal para hallux valgus con 2 años de seguimiento con excelentes resultados.⁽¹⁹⁾



Figura 1. Postoperatorio de osteotomía en chevron, fijada con un tornillo mini-fragmento

Osteotomía en Scarf

La osteotomía diafisaria de desplazamiento más conocida es la osteotomía en scarf, que fue descrita en la literatura hace más de 15 años.^(20,21) Su mayor ventaja teórica comparada con una osteotomía distal en chevron es su mayor superficie ósea de contacto, 270mm² comparado con 116mm² para el chevron,⁽²²⁾ lo que permite un mayor desplazamiento y un mayor poder corrector. Puede corregir hasta 6 grados de ángulo intermetatarsiano, limitado nuevamente por el ancho del metatarsiano.⁽²³⁾ Se han intentado modificaciones para disminuir su falla técnica como el “troughing” o encastillamiento, en que los brazos cortos de la osteotomía se han hecho en 90 grados en relación al eje mayor de la osteotomía, lo que reduciría el riesgo de “troughing” que ha sido reportado hasta en un 35% de los casos.⁽²¹⁾ En relación a la fijación, 2 puntos de fijación se han recomendado tradicionalmente, usando tornillos canulados, mini fragmentos, o sin cabeza.⁽²⁴⁾ Nuestra preferencia actual para la fijación son los tornillos sin cabeza de 2.5mm. Fallas estructurales se han observado en el punto más proximal de la osteotomía, que es donde estudios biomecánicos han demostrado cambios de rigidez y stress cortical lo que lleva a un debilitamiento crítico en esa área.⁽¹⁷⁾ Para evitar esta falla, se debe dejar el segmento dorsal de hueso en su extremo proximal lo más ancho posible de manera de evitar fracturas postoperatorias en ese lugar. Modificaciones para mejorar su poder corrector incluyen aumentar el desplazamiento lateral o incluir rotación. Al aumentar el desplazamiento, el área de contacto disminuye proporcionalmente, y por lo tanto se debe guardar extremo cuidado ya que aumenta la posibilidad de falla en la fijación o encastillamiento. La otra modificación descrita consiste en agregar rotación a la osteotomía de desplazamiento, lo que ha sido llamado osteotomía en scarf rotacional.

Scarf rotacional

Para mejorar el poder corrector de la osteotomía en scarf, se agregó rotación axial, combinando dos conceptos en el uso de osteotomías, desplazamiento y rotación. La osteotomía en scarf rotacional fue descrita en 1992, y utiliza rotación en el plano axial en relación al aspecto más proximal lateral del metatarsiano, manteniendo un amplio contacto óseo entre los fragmentos. De esta manera, mejores correcciones angulares han sido descritas con más de un 50% de lateralización del fragmento distal, manteniendo al menos un 50% de contacto óseo.⁽²⁵⁾ Artículos clínicos recientes sugieren que la osteotomía

rotacional disminuiría el riesgo de encastillamiento⁽²⁶⁾ y la necesidad de agregar osteotomía de akin,⁽²⁷⁾ aunque no hay evidencia en la literatura para comprobarlo. La osteotomía en scarf rotacional logra corrección angular a través de un centro de rotación más proximal, y por lo tanto logra geométricamente corregir hasta 9 grados de ángulo intermetatarsiano, manteniendo contacto óseo en un 50%.⁽¹¹⁾ Por supuesto al aumentar la angulación del fragmento distal puede aumentar el DMAA, por lo que debe siempre vigilarse que éste último ángulo sea normal. Esta osteotomía ha sido nuestra elección en los últimos años, utilizando modificaciones como son angular en 90 grados las ramas cortas de la osteotomía, y realizar el componente longitudinal de la osteotomía no siguiendo el eje del metatarsiano sino angulándolo de distal dorsal a plantar proximal, dejando de esta manera un segmento dorsal proximal más grueso y así evitar fracturas postoperatorias. Los resultados reportados son excelentes con el uso de ésta técnica.^(11,27) Generalmente utilizamos dos tornillos de fijación, diámetro 2.5mm sin cabeza (Figuras 2 y 3). La hemos indicado habitualmente para pacientes con un ángulo a corregir entre 5 a 9 grados, pero en este segmento de pacientes es cuando si se detecta una rotación coronal o pronación del metatarsiano, debe considerarse el uso de una osteotomía rotacional proximal, la que se discutirá más adelante.



Figura 2. Paciente con hallux valgus con ángulo a corregir de 8 grados, con escasa rotación



Figura 3. Imagen postoperatoria de paciente de figura 2, luego de osteotomía en scarf rotacional mas akin distal

Osteotomías proximales

Las osteotomías proximales son de desplazamiento, como el chevron proximal donde la corrección se logra a través de un desplazamiento lateral, o angulares como la osteotomía crescentica proximal o la osteotomía Poscow, donde la corrección se logra valguizando el fragmento distal en relación al proximal en el plano axial corrigiendo así la angulación intermetatarsiana. Insistimos que estas osteotomías solo corrigen la angulación varo - valgo o axial del metatarsiano, y no corrigen la malrotación coronal del metatarsiano o pronación de éste. La osteotomía proximal rotacional (llamada PROMO) corrige ambas deformidades, tanto el varo del metatarsiano como la malrotación.⁽¹⁴⁾ Esta será explicada más adelante.

El poder de corrección de las osteotomías de desplazamiento está limitado por el ancho del hueso, que en el caso de la base del primer metatarsiano corresponde aproximadamente a 20mm. Se considera por lo tanto un máximo de 10mm de desplazamiento proximal manteniendo el contacto óseo en un 50%. Estas osteotomías corrigen un grado de ángulo

intermetatarsiano por cada mm de desplazamiento lateral. Para deformidades severas, osteotomías angulares son las preferidas ya que logran mayor corrección de la deformidad.⁽²⁸⁾ Este tipo de osteotomías logran corregir la deformidad a través de una rotación en relación a un centro proximal de rotación en el plano axial longitudinal. Algunos ejemplos de estas osteotomías son la osteotomía crecéntica proximal, osteotomía proximal con cuña de apertura, con cuña de cierre y Poscow, ésta última combinando desplazamiento y rotación en el plano axial. La única osteotomía que logra corrección en el plano coronal y axial es la osteotomía Promo.

Osteotomía de Poscow

Consiste en una modificación de la osteotomía de cierre proximal más una osteotomía en chevron proximal, ya que combina las ventajas de una osteotomía de desplazamiento lateral más una osteotomía de rotación axial, y fue denominada Poscow.⁽²⁹⁾ Esta técnica la indicábamos para deformidades en que el ángulo a corregir superaba los 10 grados. Actualmente se utilizaría en esas condiciones y en casos en que no haya una malrotación coronal del metatarsiano, caso poco frecuente ya que en hallux valgus severos es más probable que se encuentre una pronación del metatarsiano. La osteotomía de Poscow permite planificación preoperatoria, ya que está determinado a partir de un modelo geométrico que un desplazamiento lateral de 5mm del fragmento distal corrige 4 grados de ángulo intermetatarsiano, y por cada 0.4mm de base de cuña lateral resecada se corrige un grado angular adicional intermetatarsiano (Figuras 4 y 5). Al ser una osteotomía perpendicular al eje del metatarsiano es intrínsecamente inestable, por lo que su fijación debe realizarse con placas mediales o plantares. La tasa de éxito de ésta osteotomía es de un 87%, con un acortamiento de sólo 1.5mm del metatarsano.⁽³⁰⁾

Osteotomía rotacional proximal (PROMO)

Saltzman et al demostró hace más de una década atrás que la pronación metatarsiana es parte de la deformidad en hallux valgus.⁽³¹⁻³⁵⁾ No hay publicaciones en los siguientes años, hasta que Okuda et al. en el 2009 publica que la forma redondeada lateral de la cabeza del metatarsiano y la malreducción sesamoidea son factores de recurrencia para hallux valgus operados, ambos hallazgos consecuencia de la pronación o rotación interna del primer metatarsiano.^(5,6) Estudios recientes han confirmado tanto la importancia de la



Figura 4. Paciente con hallux valgus con ángulo a corregir de 12 grados, con rotación escasa del metatarsiano



Figura 5. Imagen postoperatoria de paciente de figura 4, luego de osteotomía de poscow mas akin distal

malreducción sesamoidea en el resultado funcional postoperatorio⁽³⁶⁾ así como el cambio en la forma de la cabeza del metatarsiano al producirse rotación interna de éste, evidenciándose una forma redondeada lateral (cóndilos metatarsianos visibles).⁽³⁷⁾ En la actualidad se ha observado que la frecuencia en que se encuentra pronación o rotación interna del metatarsiano alcanza el 87% de los casos de hallux valgus.⁽¹⁵⁾

Como se puede observar, hay suficiente información que confirma la importancia de la malrotación coronal en la deformidad del hallux valgus y en los resultados clínicos postoperatorios. Sin embargo, no ha habido un cambio en la forma de tratamiento del hallux valgus por décadas, en que sólo se ha prestado atención a la deformidad en varo o valgo del metatarsiano (plano axial de la deformidad). Es por este hecho que la osteotomía PROMO (proximal metatarsal rotational osteotomy) fue diseñada. Tal como hemos señalado en los párrafos previos, esta osteotomía corrige la rotación (pronación) y el varo del metatarsiano.⁽¹⁴⁾ Se realiza a través de una osteotomía oblicua proximal metatarsiana, la cual logra corrección de la deformidad con rotación de los segmentos óseos, sin resección de cuñas óseas ni desplazamiento de fragmentos (Figuras 6 y 7). La dirección de la osteotomía es de plantar proximal a dorsal distal. El único requerimiento para que esta osteotomía sea posible de aplicar, es que exista una malrotación metatarsiana, dado que la corrección del varo del metatarsiano se logra a través de rotación. Por supuesto que la dirección exacta de esta osteotomía debe ser cuidadosamente planificada para lograr la corrección deseada. La fijación de esta osteotomía se recomienda realizarla con un tornillo interfragmentario más una placa bloqueada medial. Resultados iniciales con esta técnica muestran excelentes resultados funcionales, con una baja tasa de recurrencia de 5% al año (resultados en proceso de publicación).

Artrodesis de Lapidus

La artrodesis metatarsocuneiforme fue descrita inicialmente en 1934 por Lapidus⁽³⁸⁾ siendo una técnica de alto poder corrector.^(39,40) Las indicaciones actuales para la artrodesis tarsometatarsiana son la presencia de hiper movilidad patológica del primer rayo, artrosis de la articulación, hallux valgus recurrente e inestabilidad de la columna medial. Tiene una no unión reportada de 0 a 12%.⁽⁴⁰⁻⁴⁵⁾ Para mejorar la tasa de fusión y permitir carga precoz se han propuesto diversas modificaciones, especialmente en cuanto a su fijación. Inicialmente su fijación consistió en tornillos cruzados, pero se ha



Figura 6. Paciente con hallux valgus con rotación interna del metatarsiano. Vease la cabeza redondeada hacia lateral por la prominencia de los cóndilos



Figura 7. Imagen postoperatoria del paciente de la figura 6, luego de osteotomía Promo más akin distal

demostrado que agregar una placa aumenta la resistencia del constructo a la falla.⁽⁴⁶⁾ Buenos resultados clínicos se han demostrado en pacientes operados con placas bloqueadas más un tornillo interfragmentario.^(47,48) Un constructo más estable teóricamente disminuiría tasas de no unión y dolor postoperatorio, permitiendo carga precoz y una rehabilitación acelerada.^(49,50) Actualmente utilizamos placas anatómicas especialmente diseñadas para la artrodesis de Lapidus, y recomendamos usar tornillos interfragmentarios (Figuras 8 y 9). Recomendamos además siempre realizar artrodesis originales de Lapidus, es decir, agregando la superficie medial del 2do metatarsiano o al menos agregar alguna fijación desde la placa por medial hacia lateral hacia la base del segundo metatarsiano o hacia la cuña medial, para así disminuir la falla del constructo.

Algoritmo

Presentamos en la figura 10 nuestro algoritmo actual de trabajo al momento de evaluar un paciente con hallux valgus. La presencia de inestabilidad tarsometatarsiana patológica es muy difícil de identificar, ya que no hay parámetros definitivos que indiquen que la inestabilidad del primer rayo, que todo paciente con hallux valgus presenta, es patológica o causante de la deformidad. Los



Figura 8. Paciente con hallux valgus con artrosis tarsometatarsiana



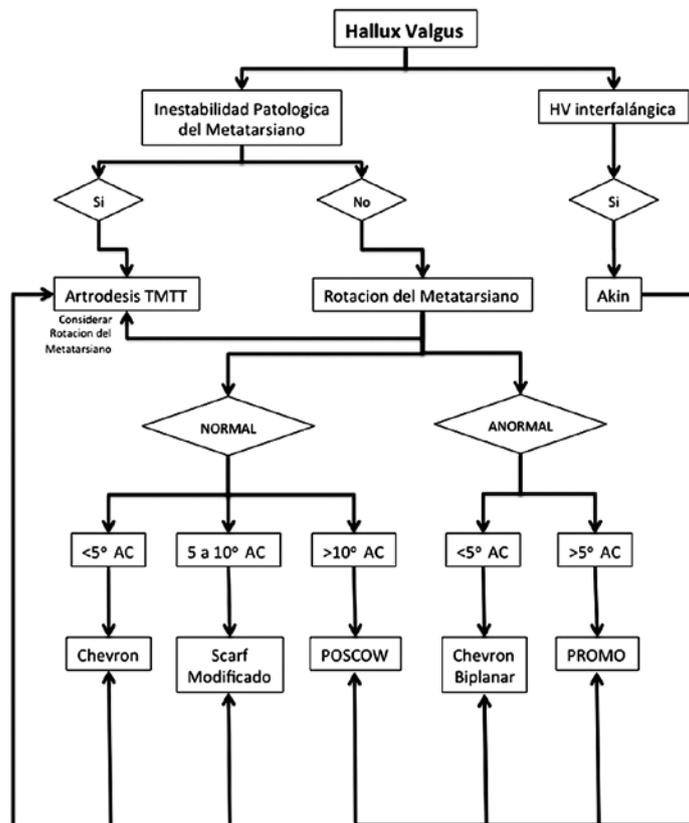
Figura 9. Imagen postoperatoria del paciente de figura 8, luego de artrodesis de Lapidus modificada

autores consideran que todo paciente con hallux valgus presenta hiper movilidad secundaria del primer rayo, ya que debido a la deformidad hay una pérdida en la tensión normal de los ligamentos y tendones que estabilizan la articulación tarsometatarsiana y por ende, esta última está más móvil. En casos de artrosis tarsometatarsiana, o en casos en que hay una subluxación de la articulación tarsometatarsiana en cualquier eje en radiografías en carga, constituye para los autores un signo indicativo de inestabilidad patológica y por lo tanto, indicación de ser estabilizada quirúrgicamente con una artrodesis original de Lapidus.

De no existir inestabilidad tarsometatarsiana patológica, se considera si hay pronación del metatarsiano y según ello, se escoge una técnica en particular (Figura 10).

En casos de pacientes de avanzada edad, en quienes la demanda funcional es escasa y la expectativa de resultado es sólo obtener un alivio del dolor, se plantea el uso de cirugías percutáneas.

Finalmente, el uso de la osteotomía de Akin está indicada para corregir el desbalance de partes blandas a nivel metatarsofalángico, ya que los pacientes con hallux



TMTT = tarsometatarsiana. AC = ángulo a corregir. Promo = osteotomía rotacional proximal.

Figura 10. Algoritmo de manejo de hallux valgus primario

valgus, por presentar una deformidad por largo tiempo, presentan una subluxación de los tendones y ligamentos que rodean a la articulación metatarsofalángica que no es corregible a través de la corrección esquelética del metatarsiano. Este desbalance produce una palanca en valgo sobre el hallux, fuerza que debe ser compensada por la osteotomía de Akin con la que se neutraliza el eje de tracción de los tendones extensores y flexores sobre el hallux.

BIBLIOGRAFÍA

1. Trnka H-J. Osteotomies for hallux valgus correction. *Foot Ankle Clin.* 2005; 10(1):15-33.
2. Raikin S, Miller A, Daniel J. Recurrence of hallux valgus. A review. *Foot Ankle Clin N Am.* 2014; 19(2):259-74.
3. Deenik AR, de Visser E, Louwerens JW, de Waal Malefijt M, Draijer FF, de Bie RA. Hallux valgus angle as a main predictor for correction of hallux valgus. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008 May 15;9:70
4. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Shima H, Takamura M. Hallux valgus angle as a predictor of recurrence following proximal metatarsal osteotomy. *J Orthop Sci.* 2011;16(6):760-4.
5. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Kitano N, Shima H. Postoperative incomplete reduction of the sesamoids as a risk factor for recurrence of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(7):1637-45.
6. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Kitano N, Shima H. The shape of the lateral edge of the first metatarsal head as a risk factor for recurrence of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2163-72.
7. Wagner E, Ortiz C. Osteotomy considerations in hallux valgus treatment. improving the correction power. *Foot Ankle Clin.* 2012;17(3):481-98.
8. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part II: operative treatment. *Foot Ankle Int.* 2007;28(6):748-58.
9. Tanaka Y, Takakura Y. Precise anatomic configuration changes in the first ray of the hallux valgus foot. *Foot Ankle Int.* 2000; 21(8):651-6.
10. Ortiz C, Wagner P, Vela O, Fischman D, Cavada G, Wagner E. Angle to be corrected in preoperative evaluation for hallux valgus surgery: analysis of a new angular measurement. *Foot Ankle Int.* 2016;37(2):172-7.
11. Wagner E, Ortiz C, Keller A. Modified diaphyseal osteotomy with a proximal center of rotation for moderate to severe hallux valgus. *Tech Foot Ankle Surg* 2007;6(2):113-7.
12. Wagner E, Ortiz C, Figueroa F, Vela O, Wagner P, Gould JS. Role of a limited transarticular release in severe hallux valgus correction. *Foot Ankle Int.* 2015;36(11):1322-9.
13. Lee HJ, Chung JW, Chu IT. Comparison of distal chevron osteotomy with and without lateral soft tissue release for the treatment of hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2010;31(4):291-5.

14. Wagner P, Ortiz C, Wagner E. Rotational osteotomy for hallux valgus. a new technique for primary and revision cases. *Tech Foot Ankle*. 2017;16(1):3-10.
15. Kim Y, Kim J, Young K, Naraghi R, Cho H, Lee S. A new measure of tibial sesamoid position in hallux valgus in relation to the coronal rotation of the first metatarsal in CT scans. *Foot Ankle Int*. 2015; 36(8): 944-52.
16. Yamaguchi S, Sasho T, Endo J, Yamamoto Y, Akagi R, Sato Y, Takahashi K. Shape of the lateral edge of the first metatarsal head changes depending on the rotation and inclination of the first metatarsal: a study using digitally reconstructed radiographs. *J Orthop Sci*. 2015; 20(5):868-74.
17. Favre P, Farine M, Snedeker JG, Maquieira GJ, Espinosa N. Biomechanical consequences of first metatarsal osteotomy in treating hallux valgus. *Clin Biomech*. 2010;25(7):721-7.
18. Matzaroglou C, Bougas P, Panagiotopoulos E, Saridis A, Karanikolas M, Kouzoudis D. Ninety-degree chevron osteotomy for correction of hallux valgus deformity: clinical data and finite element analysis. *Open Orthop J*. 2010;4:152-6.
19. Murawski DE, Beskin JL. Increased displacement maximizes the utility of the distal chevron osteotomy for hallux valgus correction. *Foot Ankle Int*. 2008; 29(2):155-63.
20. Barouk LS. Scarf osteotomy for hallux valgus correction. Local anatomy, surgical technique, and combination with other forefoot procedures. *Foot Ankle Clin*. 2000;5(1):525-58.
21. Coetzee JC, Rippstein P. Surgical strategies: scarf osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2007;28(4):529-35.
22. Vienne P, Favre P, Meyer D, Schoeniger R, Wirth S, Espinosa N. Comparative mechanical testing of different geometric designs of distal first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle Int*. 2007;28(2): 232-6.
23. Dereymaeker G. Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Surgical technique and results as compared to distal chevron osteotomy. *Foot Ankle Clin*. 2000;5(3):513-24.
24. Gupta S, Fazal MA, Williams L. Minifragment screw fixation of the scarf osteotomy. *Foot Ankle Int*. 2008;29(4):385-9.
25. Duke HF. Rotational scarf (Z) osteotomy bunionectomy for correction of high intermetatarsal angles. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1992;82(7):352-60.
26. Murawski CD, Egan CJ, Kennedy JG. A rotational scarf osteotomy decreases troughing when treating hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(3):847-53.
27. Adam SP, Choung SC, Gu Y, O'Malley MJ. Outcomes after scarf osteotomy for treatment of adult hallux valgus deformity. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(3):854-9.
28. Nyska M, Trnka HJ, Parks BG, Myerson MS. Proximal metatarsal osteotomies: a comparative geometric analysis conducted on sawbone models. *Foot Ankle Int* 2002; 23(10):938-45.
29. Wagner E, Ortiz C, Keller A. Proximal oblique slide closing wedge metatarsal osteotomy with plate fixation for severe hallux valgus deformities. *Tech Foot Ankle Surg*. 2007;6(4):270-4.
30. Wagner E, Ortiz C, Gould JS, Naranje S, Wagner P, Mococain P, Keller A, Valderrama JJ, Espinosa M. Proximal oblique sliding closing wedge osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2013; 34(11):1493-500.
31. Saltzman CL, Brandser EA, Anderson CM, Berbaum KS, Brown TD. Coronal plane rotation of the first metatarsal. *Foot Ankle Int*. 1996;17(3):157-61.
32. Saltzman CL, Aper RL, Brown TD. Anatomic determinants of first metatarsophalangeal flexion moments in hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;(339):261-9.
33. Talbot KD, Saltzman CL. Assessing sesamoid subluxation: how good is the AP radiograph? *Foot Ankle Int*. 1998;19(8):547-54.
34. Talbot KD, Saltzman CL. Hallucal rotation: a method of measurement and relationship to bunion deformity. *Foot Ankle Int*. 1997;18(9):550-6.
35. Walsh SM, Saltzman CL, Talbot KD, Aper RL, Brown TD. In vivo validation of in vitro testing of hallucal flexor mechanics. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1996;11(6):328-32.
36. Chen JY, Rikhray K, Gatot C, Lee JY, Singh Rikhray I. Tibial sesamoid position influence on functional outcome and satisfaction after hallux valgus surgery. *Foot Ankle Int*. 2016;37(11):1178-82.
37. Yamaguchi S, Sasho T, Endo J, Yamamoto Y, Akagi R, Sato Y, Takahashi K. Shape of the lateral edge of the first metatarsal head changes depending on the rotation and inclination of the first metatarsal: a study using digitally reconstructed radiographs. *J Orthop Sci*. 2015;20(5):868-74.
38. PW, L. The operative correction of metatarsus varus primus in hallux valgus. *Surg Gynecol Obstet*. 1934. 58:183-91.
39. Vanore JV, Christensen JC, Kravitz SR, Schuberth JM, Thomas JL, Weil LS, Zlotoff HJ, Mendicino RW, Couture SD; Clinical Practice Guideline First Metatarsophalangeal Joint Disorders Panel of the American College of Foot and Ankle Surgeons. Diagnosis and treatment of first metatarsophalangeal joint disorders. Section 3: hallux varus. *J Foot Ankle Surg*. 2003;42(3):137-42.
40. Catanzariti AR, Mendicino RW, Lee MS, Gallina MR. The modified Lapidus arthrodesis: a retrospective analysis. *J Foot Ankle Surg*. 1999;38(5):322-32.
41. Myerson M, Allon S, McGarvey W. Metatarsocuneiform arthrodesis for management of hallux valgus and metatarsus primus varus. *Foot Ankle Int*. 1992, 13(3):107-15.
42. Lagaay PM, Hamilton GA, Ford LA, Williams ME, Rush SM, Schuberth JM. Rates of revision surgery using chevron-Austin osteotomy, Lapidus arthrodesis, and closing base wedge osteotomy for correction of hallux valgus deformity. *J Foot Ankle Surg*. 2008;47(4):267-72.
43. Patel S, Ford LA, Etcheverry J, Rush SM, Hamilton GA. Modified lapidus arthrodesis: rate of nonunion in 227 cases. *J Foot Ankle Surg*. 2004;43(1):37-42.
44. Thompson IM, Bohay DR, Anderson JG. Fusion rate of first tarsometatarsal arthrodesis in the modified Lapidus procedure and flatfoot reconstruction. *Foot Ankle Int*. 2005;26(9):698-703.
45. Bohay DR, Anderson JG, Sorensen MD, Hyer CF, Berlet GC. Results of lapidus arthrodesis and locked plating with early weight bearing. *Foot Ankle Spec*. 2009;2(5):227-33.
46. Scranton PE, Coetzee JC, Carreira D. Arthrodesis of the first metatarsocuneiform joint: a comparative study of fixation methods. *Foot Ankle Int*. 2009;30(4):341-5.
47. Cottom JM, Rigby RB. Biomechanical comparison of a locking plate with intraplate compression screw versus locking plate with plantar interfragmentary screw for Lapidus arthrodesis: a cadaveric study. *J Foot Ankle Surg*. 2013;52(3):339-42.
48. Klos K, Gueorguiev B, Mückley T, Fröber R, Hofmann GO, Schwieger K, Windolf M. Stability of medial locking plate and compression screw versus two crossed screws for lapidus arthrodesis. *Foot Ankle Int*. 2010;31(2):158-63.
49. Saxena A, Nguyen A, Nelsen E. Lapidus bunionectomy: early evaluation of crossed lag screws versus locking plate with plantar lag screw. *J Foot Ankle Surg*. 2009;48(2):170-9
50. Cottom JM, Vora AM. Fixation of lapidus arthrodesis with a plantar interfragmentary screw and medial locking plate: a report of 88 cases. *J Foot Ankle Surg*. 2013;52(4):465-9.