

Osteotomía en tejadillo (*Chevron*) con técnica mínimamente invasiva en la región distal del primer metatarsiano Evaluación radiológica

JORGE J. DEL VECCHIO, MAURICIO E. GHIOLDI, NICOLÁS RAIMONDI

*Sección Pie y Tobillo, Servicio de Ortopedia y Traumatología, Fundación Favaloro,
Ciudad Autónoma de Buenos Aires*

Recibido el 2-7-2016. Aceptado luego de la evaluación el 10-7-2016 • Dr. JORGE J. DEL VECCHIO • javierdv@mac.com

Resumen

Introducción: El objetivo de este estudio fue analizar los resultados radiológicos de una osteotomía en tejadillo (*Chevron*) del primer metatarsiano, con técnica mínimamente invasiva, en una población uniforme de pacientes (hallux valgus moderado).

Materiales y Métodos: Entre octubre de 2013 y noviembre de 2014, se trató el hallux valgus mediante una osteotomía en tejadillo (*Chevron*) del primer metatarsiano con técnica mínimamente invasiva, en 24 pies correspondientes a 21 pacientes, todos con diagnóstico de hallux valgus moderado.

Resultados: El ángulo intermetatarsiano preoperatorio promedio entre el primero y el segundo metatarsiano fue de $12,46^\circ$ (rango $11-15^\circ$; desviación estándar 1,03). En el posoperatorio, se obtuvo un valor promedio de $8,13^\circ$ (rango $5-10^\circ$; desviación estándar 1,16). La corrección angular promedio fue de $4,33^\circ$. El ángulo de hallux valgus preoperatorio promedio fue de $33,96^\circ$ (rango $20-40^\circ$; desviación estándar 4,93). En el posoperatorio, el ángulo metatarsofalángico promedio fue de $8,16^\circ$ (rango $3-15^\circ$; desviación estándar 2,86). La mejoría promedio del ángulo metatarsofalángico fue de $25,86^\circ$.

Conclusiones: La corrección radiológica obtenida mediante la técnica mínimamente invasiva de la osteotomía en tejadillo confirma que es un procedimiento seguro y eficaz para el tratamiento del hallux valgus moderado, con correcciones angulares satisfactorias a mediano plazo. Este procedimiento remeda, de manera fidedigna, la técnica quirúrgica abierta con todos sus beneficios conocidos y no se encontró un estudio equivalente en la bibliografía.

Palabras clave: Hallux valgus; cirugía mínimamente invasiva; osteotomía en tejadillo.

Nivel de Evidencia: IV

FIRST METATARSAL CHEVRON OSTEOTOMY WITH MINIMALLY INVASIVE SURGERY. RADIOLOGICAL EVALUATION

Abstract

Introduction: The aim of this study was to analyze the radiological results of a roof (*Chevron*) osteotomy with a minimally invasive surgery technique of the first metatarsal in a uniform population of patients with moderate hallux valgus.

Methods: Between October 2013 and November 2014, the hallux valgus was treated with a roof (*Chevron*) osteotomy using a minimally invasive technique of the first metatarsal in 24 feet of 21 patients. All had a diagnosis of moderate hallux valgus.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

Results: The mean preoperative intermetatarsal angle between M1 and M2 was 12.46° (range: 11-15°, SD 1.03). Postoperatively, the mean intermetatarsal angle was 8.13° (range: 5-10°; SD 1.16), with an average angular correction of 4.33°. The mean hallux valgus angle was 33.96° (range: 20-40°; SD 4.93) before surgery and the average postoperative metatarsal-phalangeal angle was 8.16° (range: 3-15°, SD 2.86), thus improving an average of 25.86°.

Conclusions: Radiological results with the minimally invasive technique (Chevron osteotomy) confirm that this procedure is safe and effective for the treatment of moderate hallux valgus, with mid-term satisfactory angular correction. This method reliably mimics the open Chevron surgical technique retaining all its known benefits. To our knowledge, no equivalent study was found in the literature.

Key words: Hallux valgus; minimally invasive surgery; Chevron osteotomy.

Level of Evidence: IV

Introducción

De acuerdo con Kellikian,¹ el término hallux valgus fue propuesto por Carl Heuter, en 1871. Es la afección ortopédica que compromete con más frecuencia al primer rayo, y de mayor consulta por su deformidad en el consultorio ortopédico.²⁻⁴ Afecta al 2-4% de la población, según Myerson,⁵ y consiste en la desviación lateral del dedo gordo asociada al desplazamiento medial del primer metatarsiano.

Para lograr su resolución en el adulto, el tratamiento debe ser quirúrgico. Dentro de los gestos quirúrgicos, la corrección y la alineación óseas juegan un papel fundamental y evitan gran parte de las recidivas. Existen diversas osteotomías para la corrección y las más utilizadas son las distales, entre ellas, la osteotomía en tejadillo (Chevron).

La osteotomía en Chevron fue descrita por Corless, en 1976, como una modificación de la osteotomía de Mitchell.⁶ En 1981, Austin⁷ publicó su osteotomía (en Chevron o “en tejadillo”), que consistía en una osteotomía de desplazamiento lateral en “V” con ángulo a 60° de la cabeza del primer metatarsiano, para corregir el varo patológico del primer metatarsiano en el hallux valgus.

En 1994, Johnson y cols. modificaron la orientación de la rama dorsal hasta crear un ángulo de 90° y así disminuir el riesgo de necrosis avascular.^{8,9}

Actualmente, la osteotomía en tejadillo (Chevron) se indica para corregir el hallux valgus leve o moderado. Esta técnica proporciona estabilidad, permite una recuperación rápida, logra un acortamiento mínimo del primer metatarsiano y tiene una baja tasa de complicaciones.¹⁰⁻¹²

Las osteotomías metatarsianas percutáneas han evolucionado a partir de las técnicas abiertas tradicionales y han recibido un creciente reconocimiento, con éxito a corto y mediano plazo,¹³⁻¹⁷ además de ser técnicas seguras y reproducibles en estudios cadavéricos.¹⁸

Teniendo en cuenta las indicaciones y las potenciales ventajas de la cirugía mínimamente invasiva, algunos autores comenzaron una experiencia con osteotomías similares a la osteotomía en tejadillo abierta, aunque con diferencias conceptuales: una es la llamada Chevron-Akin mínimamente invasiva,^{19,20} que se realiza a nivel del cuello del primer metatarsiano (extrarticular) y requiere de dos tornillos como método de estabilización y, en otros casos,

osteotomías llamadas de “tercera generación” también en el cuello del primer metatarsiano.²¹

El objetivo de este estudio fue analizar los resultados radiológicos de una osteotomía en tejadillo (Chevron) del primer metatarsiano con técnica mínimamente invasiva, en una población uniforme de pacientes (hallux valgus moderado).

Materiales y Métodos

Este estudio de cohorte prospectivo y consecutivo de casos fue aprobado por el Comité de Docencia de la Fundación Favaloro. Cada paciente dio el consentimiento necesario y apropiado para el estudio. Entre octubre de 2013 y noviembre de 2014, se realizó el tratamiento quirúrgico del hallux valgus mediante una osteotomía en tejadillo (Chevron) con técnica mínimamente invasiva en el primer metatarsiano, en 24 pies correspondientes a 21 pacientes. Las cirugías estuvieron a cargo de un único cirujano (J.d.V.). Todos los pacientes tenían diagnóstico de hallux valgus moderado.

Las indicaciones para el tratamiento quirúrgico fueron dolor aislado e intratable en la primera articulación metatarsofalángica o en la región de exostosis medial asociado a una deformidad de hallux valgus resistente a los tratamientos médico y ortopédico (modificaciones en el calzado o plantares) o cambios en las actividades diarias o recreativas.

Los pacientes con trastornos degenerativos graves de la primera articulación metatarsofalángica, artritis reumatoide y hallux rigidus no fueron incluidos. Un paciente fue sometido a osteotomía percutánea distal metatarsiana mínimamente invasiva de los metatarsianos menores debido a una metatarsalgia sin mejoría clínica con el tratamiento ortopédico (Caso 16).

Evaluación radiológica

Se tomaron radiografías en incidencias anteroposterior y lateral con carga de peso bipodálico en todos los pies sin calzado, antes de la cirugía y, como mínimo, a los seis meses de la intervención.²² Las mediciones angulares del primero y segundo rayos se efectuaron de acuerdo con las recomendaciones establecidas por el *American Orthopae-*

dic Foot and Ankle Society (AOFAS) ad hoc Committee on Angular Measurements.²³ Se midieron el ángulo de hallux valgus o metatarsofalángico (normal hasta 15°), el ángulo intermetatarsiano (normal $\leq 9^\circ$) y el ángulo articular metatarsiano distal (normal $\leq 6^\circ$).

La deformidad moderada de hallux valgus se define como aquella con un ángulo metatarsofalángico de entre 20° y 40°, un ángulo intermetatarsiano de entre 12° y 15°, y una subluxación lateral del sesamoideo lateral del 50-75%.⁴

Para la medición angular, se utilizó el punto del centro de rotación de la cabeza del primer metatarsiano descrito por Miller y cols.,²⁴ en 1974, lo que permitió una correcta y homogénea evaluación preoperatoria y posoperatoria de los ángulos intermetatarsiano y metatarsofalángico de los pacientes. Recientemente se lo ha descrito como el método más acertado para la evaluación posoperatoria de las osteotomías distales del primer metatarsiano.²⁵

La evaluación y el registro del ángulo articular metatarsiano distal se efectuaron con la técnica convencional de medición descrita.²⁶ Las articulaciones fueron clasificadas en congruentes o incongruentes, de acuerdo con la relación de las carillas articulares, según Piggott.²⁷

Asimismo, se consideraron las fórmulas metatarsales y digitales de los pacientes.

Con el fin de determinar si existía degeneración articular, en la radiografía de frente, se evaluó si había pinzamiento articular, osteofitosis o lesiones osteocondrales. Solo dos de los pies tenían alteración artrósica articular leve antes del procedimiento quirúrgico.

Todas las mediciones radiológicas estuvieron a cargo de dos de los autores (N.R. y M.E.G., médicos ortopedistas con experiencia en cirugía de pierna, tobillo y pie).

Técnica quirúrgica

A todos los pacientes se los sometió a una osteotomía en tejadillo (Chevron) con técnica mínimamente invasiva en el primer metatarsiano asociada a una liberación lateral por vía lateral más una osteotomía de Akin percutánea cuando el caso lo requirió. A continuación, se describen los estadios del procedimiento:

- *Anestesia* (bloqueo troncular). Bloqueo de nervios digitales del primer rayo, con 20 ml de bupivacaína al 0,5% sin epinefrina (bloqueo de Mayo).

- *Cirugía mínimamente invasiva*. Portal medial de 3 mm ubicado en el límite del tercio proximal y medio de la cabeza del primer metatarsiano localizado bajo control de intensificador de imágenes con bisturí de cirugía mínimamente invasiva (SM69, Swann-Morton®) (Figura 1). Capsulotomía dorso-medial percutánea para permitir la movilización cefálica. Osteotomía en tejadillo con un ángulo de 80-100° con fresa Isham Straight Flute Shannon de 2 x 12,0 mm (Vilex®) asociada a instrumental de cirugía percutánea específica (Osada® Pedo Podiatry Unit). Desplazamiento lateral de la cabeza del primer metatarsiano hasta del 50%, a través de la clavija endomedular de Kirschner de 2 mm y sonda acanalada (método Bosch) (Figura 2). En los casos asociados a alteración del ángulo articular

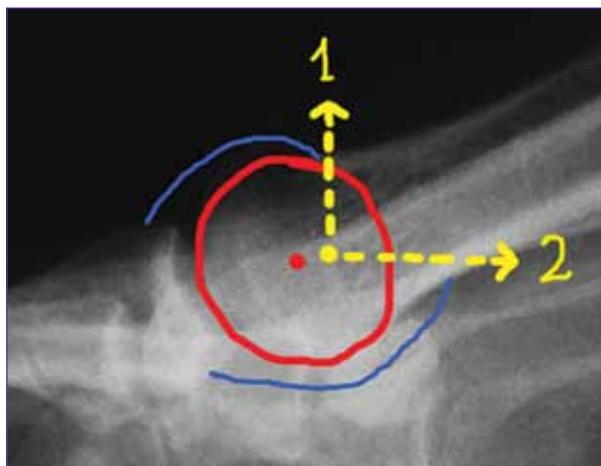


Figura 1. Orientación del portal y sitio de entrada de la fresa para la osteotomía en tejadillo mínimamente invasiva (unión del tercio proximal y medio de la cabeza del primer metatarsiano). 1. Dirección de la rama vertical. 2. Dirección de la rama horizontal.



Figura 2. Técnica de desplazamiento cefálico. Colocación subcutánea de la clavija de Kirschner de 2 mm. A través de la sonda acanalada endomedular y progresando la clavija se produce el desplazamiento lateral de la cabeza del primer metatarsiano.

metatarsiano distal, se realizó una resección mayor y en “cuña”, de base medial, a nivel de la rama superior de la osteotomía. Desplazamiento cefálico de 3 o 5 mm en dirección lateral, según necesidad (<50%). Osteosíntesis con tornillo canulado doble rosca de 2,7 mm de origen nacional o cónico de 3,0 mm –de preferencia– (Miniacutrak II, Acumed®) desde la región dorsomedial en dirección lateroplantar (Figura 3). En último término, resección de exostosis medial remanente mediante una fresa de rebajado fino (Wedge Burr 3.1, 3.1 x 10 mm, Vilex®).

- *Liberación lateral* (vía lateral). A través del portal dorsolateral de 5 mm, liberación completa del tendón del abductor del hallux asociado a capsulotomía lateroplantar de manera exclusiva (Figura 4).

- *Posoperatorio*. Carga completa de peso entre las 12 y 24 h posteriores a la cirugía, según la tolerancia al dolor. Uso de calzado de suela rígida neutro de talón por cuatro semanas. En este momento, ejercicios de rango de movilidad pasivos de articulaciones metatarsofalángica e interfalángica y fisiokinesioterapia en caso de poco progreso del rango de movilidad en el período correspondiente. Luego, dos semanas de calzado casual de suela semirrígida. Calzado habitual a la sexta semana. Deportes de contacto, despegue o saltos múltiples a partir de los tres o cuatro meses de la cirugía, de acuerdo con el rango de movilidad metatarsofalángica y los síntomas.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 20 de IBM. Se utilizó un análisis de modelo lineal mixto para comparar los datos (por ejemplo, ángulo de hallux valgus, ángulo intermetatarsiano y ángulo articular metatarsiano distal) obtenidos en diferentes puntos de tiempo (preoperatorios y posoperatorios). Se consideró una diferencia significativa a un valor $p < 0,0001$ (prueba de Mann-Whitney).

Resultados

Datos demográficos

La edad promedio al momento de la cirugía fue de 48 años (rango de 24 a 70, desviación estándar [DE] 13,37), 19 pacientes eran mujeres (90,4%) y dos, hombres (9,6%). Esta cifra ascendía cuando se consideraban el total de pies por bilateralidad: el 91,6% eran mujeres. Once pies eran derechos y 13, izquierdos. Se cumplió con la bilateralidad en tres pacientes. El seguimiento promedio fue de 11,59 meses (rango de 6 a 18, DE 4,67) (Tabla 1).

Evaluación radiológica

Las radiografías fueron tomadas en el preoperatorio, y entre los 6 y 18 meses del posoperatorio en relación directa con el seguimiento de los pacientes.



▲ **Figura 3.** Liberación lateral por portal dorsolateral. Sección del tendón abductor y la capsula lateroplantar.



▲ **Figura 4.** Corrección definitiva. Estabilización bicortical.

El ángulo intermetatarsiano preoperatorio promedio entre el primero y el segundo rayos fue de 12,46° (rango de 11° a 15°; DE 1,03). En el posoperatorio, el valor promedio fue de 8,13° (rango de 5° a 10°; DE 1,16). La disminución del mismo promedio (corrección angular) fue de 4,33° en promedio.

El ángulo de hallux valgus preoperatorio promedio fue de 33,96° (rango de 20° a 40°; DE 4,93).

En el posoperatorio, el ángulo metatarsofalángico promedio fue de 8,16° (rango de 3° a 15°; DE 2,86). La mejoría promedio del ángulo metatarsofalángico fue de 25,86° (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados radiológicos

Evaluación radiológica		Promedio	DE	p
Ángulo intermetatarsiano (°)	Preoperatorio	12,46	1,06	
	Posoperatorio	8,13	1,19	
	Diferencia	4,33		<0,0001
Ángulo de hallux valgus (°)	Preoperatorio	33,96	5,04	
	Posoperatorio	8,17	2,93	
	Diferencia	25,8		<0,0001
Ángulo articular metatarsiano distal (°)	Preoperatorio	9,92	3,48	
	Posoperatorio	4,96	2,85	
	Diferencia	4,96		<0,0001

DE = desviación estándar.

Con respecto al ángulo articular metatarsiano distal se obtuvieron los siguientes resultados: antes de la cirugía, 9,91° (DE 3,4) y, después de ella, 4,95° (DE 2,79) (Figuras 5-7).

Se obtuvo la consolidación completa de todas las osteotomías en tejadillo. Se observó un caso de incongruencia articular debido a una hipercorrección del ángulo articular metatarsiano distal (-3°) correspondiente al Caso 13. En cuatro pies previamente incongruentes, se logró el paralelismo articular (Casos 5, 11, 20, 22). En un paciente, se debió retirar el tornillo (3 mm) debido a la protrusión sobre la piel y a la dificultad sintomática para calzarse.

No se registraron casos de necrosis avascular, hallux varus, consolidaciones viciosas (dorsales o plantares) ni recidivas del hallux valgus.

Discusión

Numerosos estudios basados en el tratamiento quirúrgico del hallux valgus reportan que más del 90% de los pacientes son mujeres.²⁸ En nuestra serie, el 90,4% de los pies operados correspondían al sexo femenino.

Existe una correlación entre el aumento de los ángulos de hallux valgus e intermetatarsiano,⁴ hallazgo confirmado en este estudio.

La osteotomía en Chevron está indicada para el tratamiento de hallux valgus leves y moderados con subluxación de la articulación metatarsofalángica.⁹⁻¹² Como dicho procedimiento produce una corrección intrarticular puede realizarse en hallux valgus congruentes con un ángulo articular metatarsiano distal no severo ($\leq 15^\circ$). En los pacientes de nuestra serie con alteración del mencionado ángulo, hemos optado por realizar una cuña de base medial de 1 a 3 mm mediante el pasaje de la fresa en reiteradas ocasiones, a nivel de la rama superior (osteotomía triplanar mínimamente invasiva). El retiro del material de osteosíntesis (Caso 1) por intolerancia es similar al comunicado en las otras series.²¹

La complicación más seria luego de una osteotomía en Chevron distal combinada con un procedimiento de partes blandas es la necrosis avascular de la cabeza del metatarsiano, con una incidencia reportada del 4-20%.²⁹⁻³¹ Además, aunque se puede alcanzar una corrección mayor con la liberación de partes blandas, si se efectúa de manera extensa puede incrementar hasta un 40% el riesgo de necrosis avascular. Sin embargo, en otros estudios, no se ha encontrado esta complicación,³² al igual que en nuestra serie; creemos que esto se debe a que realizamos la liberación de partes blandas a través de un portal de cirugía mínimamente invasiva y sólo seccionamos el tendón abductor y una porción pequeña de la cápsula (lateroplantar);



▲ **Figura 5.** Caso 24. Radiografía de frente con carga de peso.



▲ **Figura 6.** Caso 24. A los seis meses de evolución. Radiografía de frente con carga de peso.



▲ **Figura 7.** Caso 24. A los seis meses de la cirugía. Radiografía de perfil.

de esta forma, se evitó la lesión vascular. De todos modos, tenemos en cuenta que, en algunos casos, esta complicación se produce en el seguimiento a mediano plazo (cerca de los 12 meses).

Luego de realizar una osteotomía percutánea distal, Kadakia y cols.³³ reportaron una alta tasa de complicaciones, como consolidación viciosa dorsal (69%) y recidiva del hallux valgus (38%).³⁴ En nuestra serie, no hubo recurrencias de la deformidad, pero sí una consolidación viciosa (rotación interna de la cabeza del primer metatarsiano, ángulo articular metatarsiano distal -3°).

Con respecto a las correcciones angulares y comparándolo con estudios de Chevron abierta^{11,12,35} y cirugía mínimamente invasiva,^{23,36} al analizar esta población de pacientes,

podimos observar que la técnica posee capacidad de corrección en los planos axial y sagital al igual que los mencionados. Obtuvimos una corrección menor del ángulo de hallux valgus, pero debemos considerar que los demás estudios incluyeron pacientes con ángulos mayores (hallux valgus severos) y la nuestra es una serie de pacientes uniformes (hallux valgus moderado) (Tabla 2). Una ventaja de este trabajo es que se trata de una población uniforme de pacientes, todos con diagnóstico de hallux valgus moderado.

Para continuar con la validación de la técnica, se deben incorporar datos clínicos (escalas de valoración y calidad de vida) y realizar estudios comparativos (grupo control, nivel de evidencia mayor), además de análisis de seguridad y reproducibilidad incluidos en estudios cadavéricos.

Tabla 2. Comparación entre estudios (corrección radiológica)

Chevron. Cirugía abierta						
Publicación	Ángulo intermetatarsiano preoperatorio promedio (°)	Ángulo intermetatarsiano posoperatorio promedio (°)	Diferencia (°)	Ángulo de hallux valgus preoperatorio promedio (°)	Ángulo de hallux valgus posoperatorio promedio (°)	Diferencia (°)
Pochatko y cols. (1994)	13	8	5	31	17,5	13,5
Potenza y cols. (2009)	13	7	6	28	16	12
Bai y cols. (2010)	17,1	7,3	9,8	36,2	12,4	23,8
Media	14,36666667		6,933333333			16,43333333
Chevron mínimamente invasiva. Extrarticular						
Publicación	Ángulo intermetatarsiano preoperatorio promedio (°)	Ángulo intermetatarsiano posoperatorio promedio (°)	Diferencia (°)	Ángulo de hallux valgus preoperatorio promedio (°)	Ángulo de hallux valgus posoperatorio promedio (°)	Diferencia (°)
Vernois y Redfern (2013)	14,5	5,5	9	33,7	7,3	26,4
Brogan y cols. (2014)	14,55	7,11	7,44	30,54	10,41	20,13
Media	14,525		8,22			23,265
Chevron mínimamente invasiva. Intrarticular						
Publicación	Ángulo intermetatarsiano preoperatorio promedio (°)	Ángulo intermetatarsiano posoperatorio promedio (°)	Diferencia (°)	Ángulo de hallux valgus preoperatorio promedio (°)	Ángulo de hallux valgus posoperatorio promedio (°)	Diferencia (°)
Nuestra serie (2015)	12,46	8,13	4,33	33,96	8,17	25,8

Conclusiones

Los resultados de la corrección radiológica mediante la técnica mínimamente invasiva de la osteotomía en tejadillo confirman que es un procedimiento seguro y eficaz para el tratamiento del hallux valgus moderado, con correcciones angulares satisfactorias a mediano plazo. Este procedimiento remeda, de manera fidedigna, la técnica quirúrgica

abierta con todas sus ventajas conocidas y no hemos encontrado un estudio equivalente en la bibliografía.

Destacamos que la cirugía mínimamente invasiva tiene una curva de aprendizaje extensa y, por lo tanto, puede ser difícil reproducir inicialmente nuestros resultados. Recomendamos iniciar la experiencia en este tipo de cirugía con procedimientos de partes blandas y osteotomías técnicamente más sencillas y con resultados más predecibles.

Agradecimientos

A Débora Chan por la asistencia en el análisis estadístico.

Bibliografia

1. Kelikian H. *Hallux Valgus, Allied Deformities of the Forefoot and Metatarsalgia*, Philadelphia: WB Sanders Co.; 1965:27-68.
2. Coughlin MJ. Juvenile hallux valgus. En: Coughlin MJ, Mann RA (eds.). *Surgery of the Foot and Ankle*, 7th ed. St. Louis: C. V. Mosby; 1999:270-319.
3. Du Vries H. *Surgery of the Foot*, St. Louis: C.V. Mosby Co.; 1959:346-442.
4. Mann RA, Coughlin MJ. Adult hallux valgus. En: Coughlin MJ, Mann RA (eds.). *Surgery of the Foot and Ankle*, 7th ed. St. Louis: C.V. Mosby; 1999:159-269.
5. Myerson M. *Foot and Ankle Disorders, Hallux Valgus*, Philadelphia: WB Sanders Co.; 1999:213-289.
6. Mitchell LA, Baxter DE. A Chevron-Akin double osteotomy for correction of hallux valgus. *Foot Ankle* 1991;12(1):7-14.
7. Austin DW, Leventen EO. A new osteotomy for hallux valgus: a horizontally directed "V" displacement osteotomy of the metatarsal head for hallux valgus and primus varus. *Clin Orthop Relat Res* 1981;(157):25-30.
8. Coughlin MJ. Chevron procedure. *Contemp Orthop* 1991;23:45-49.
9. Donnelly RE, Saltzman CL, Kile TA, Johnson KA. Modified chevron osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int* 1994;15(12):642-645.
10. Schneider W, Aigner N, Pinggera O, Knahr K. Chevron osteotomy in hallux valgus. Ten-year results of 112 cases. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86(7):1016-1020.
11. Bai LB, Lee KB, Seo CY, Song EK, Yoon TR. Distal chevron osteotomy with distal soft tissue procedure for moderate to severe hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int*. 2010;31(8):683-688.
12. Potenza V, Caterini R, Farsetti P, Forconi F, Savarese E, Nicoletti S, et al. Chevron osteotomy with lateral release and adductor tenotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2009;30(6):512-516.
13. Magnan B, Pezzè L, Rossi N, Bartolozzi P. Percutaneous distal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(6):1191-1199.
14. Bauer T, de Lavigne C, Biau D, De Prado M, Isham S, Laffenêtre O. Percutaneous hallux valgus surgery: a prospective multicenter study of 189 cases. *Orthop Clin North Am* 2009;40(4):505-514.
15. Radwan YA, Mansour AM. Percutaneous distal metatarsal osteotomy versus distal chevron osteotomy for correction of mild-to-moderate hallux valgus deformity. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012;132(11):1539-1546.
16. Bösch P, Wanke S, Legenstein R. Hallux valgus correction by the method of Bösch: a new technique with a seven-to-ten-year follow-up. *Foot Ankle Clin* 2000;5(3):485-498.
17. Gicquel T, Fraisse B, Marleix S, Chapuis M, Violas P. Percutaneous hallux valgus surgery in children: short-term outcomes of 33 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99(4):433-439.
18. Dhukaram V, Chapman AP, Upadhyay PK. Minimally invasive forefoot surgery: a cadaveric study. *Foot Ankle Int* 2012;33(12):1139-1144.
19. Redfern D, Perera AM. Minimally invasive osteotomies. *Foot Ankle Clin* 2014;19(2):181-189.
20. Redfern D, Vernois J, Legré BP. Percutaneous surgery of the forefoot. *Clin Podiatr Med Surg* 2015;32(3):291-332.
21. Brogan K, Voller T, Gee C, Borbely T, Palmer S. Third-generation minimally invasive correction of hallux valgus: technique and early outcomes. *Int Orthop* 2014;38(10):2115-2121.
22. Fuhrmann RA, Layher F, Wetzel WD. Radiographic changes in forefoot geometry with weightbearing. *Foot Ankle Int* 2003;24(4):326-331.
23. Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA 2nd. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc Committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int* 2002;23(1):68-74.
24. Miller JW. Distal first metatarsal displacement osteotomy. Its place in the schema of bunion surgery. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56(5):923-931.
25. Schneider W, Csepan R, Knahr K. Reproducibility of the radiographic metatarsophalangeal angle in hallux surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85(3):494-499.
26. Chi TD, Davitt J, Younger A, Holt S, Sangeorzan BJ. Intra- and interobserver reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2002;23:722-726.
27. Piggott H. The natural history of hallux valgus in adolescence and early adult life. *J Bone Joint Surg Br* 1960;42(4):749-760.
28. Coughlin MJ, Thompson FM. The high price of high-fashion footwear. *Instr Course Lect* 1995;44:371-377.

29. Johnson JE, Clanton TO, Baxter DE, Gottlieb MS. Comparison of Chevron osteotomy and modified McBride bunionectomy for correction of mild to moderate hallux valgus deformity. *Foot Ankle* 1991;12:61-68.
30. Green MA, Dorris MF, Baessler TP, Mandel LM, Nachlas MJ. Avascular necrosis following distal Chevron osteotomy of the first metatarsal. *J Foot Ankle Surg* 1993;32:617-622.
31. Peterson DA, Zilberfarb JL, Greene MA, Colgrove RC. Avascular necrosis of the first metatarsal head: incidence in distal osteotomy combined with lateral soft tissue release. *Foot Ankle Int* 1994;15:59-63.
32. Resch S, Stenström A, Gustafson T. Circulatory disturbance of the first metatarsal head after Chevron osteotomy as shown by bone scintigraphy. *Foot Ankle* 1992;13:137-142.
33. Kadakia AR, Smerek JP, Myerson MS. Radiographic results after percutaneous distal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 2007;28(3):355-360.
34. Huang PJ, Lin YC, Fu YC, Yang YH, Cheng YM. Radiographic evaluation of minimally invasive distal metatarsal osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2011;32(5):S503-S507.
35. Pochatko DJ, Schlehr FJ, Murphey MD, Hamilton JJ. Distal Chevron osteotomy with lateral release for treatment of hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int* 1994;15(9):457-461.
36. Vernois J, Redfern D. Percutaneous Chevron; the union of classic stable fixed approach and percutaneous technique. *Fuß & Sprunggelenk* 2013;11(2):70-75.