

Comportamiento de la primera cuña en la corrección quirúrgica del metatarso adducto

J. Knörr^a, F. Accadbled^a, J. Jégu^b, A. Abid^a, J. Sales de Gauzy^a y J.P.Cahuzac^a

^aService de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie Pédiatrique. Hôpital des Enfants. Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse. Toulouse. France.

^bService d'Epidemiologie. Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse. Toulouse. France

Objetivo. El metatarso adducto (MTA) es una deformación en adducción del antepié. Nuestro objetivo es apoyar la hipótesis por la cual la principal anomalía se encuentra en el lado cuneiforme de la articulación cuneo-metatarsiana, y que el crecimiento de la primera cuña es fundamental en la corrección tras la capsulotomía.

Material y método. Se trata de un estudio radiológico realizado con 23 niños con MTA idiopático o secundario a pie zambo, operados entre los años 1982 y 2000, con liberación de la articulación cuneo-metatarsiana. Se realizaron radiografías de los 30 pies operados, y de 12 pies contralaterales utilizados como controles, con las siguientes mediciones: ángulo cuneo-metatarsiano (FMCA), ángulo de inclinación distal de la primera cuña (DCAA), ángulo entre esta superficie y la del primer metatarsiano (PENTE) y ángulo proximal articular del primer metatarsiano (PMAA). Se compararon las medias de estos ángulos tomadas en pre, post-operatorio inmediato y final del seguimiento, mediante los pertinentes tests estadísticos.

Resultados. Respecto al MTA idiopático, el FMCA aumentó de 150,4° en el preoperatorio a 170,2° al final, el DCAA pasó de 62° a 81,1°, y el PMAA de 88,4° a 89,1°. Respecto al MTA secundario a pie zambo, el FMCA aumentó de 155,3° a 169,7°, el DCAA pasó de 61,9° a 79,7°, y el PMAA de 88,3° a 90°. En el lado sano los ángulos apenas se modificaron.

Conclusiones. La oblicuidad de la articulación cuneo-metatarsiana medial está estrechamente relacionada con el metatarso adducto. La corrección post-quirúrgica se hace también a expensas de este hueso, que tiende a rellenar el espacio creado por la capsulotomía.

Palabras clave: metatarso adducto, oblicuidad cuneo-metatarsiana medial, primera cuña, capsulotomía.

Correspondencia:

J. Knörr.

Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie Pédiatrique.

Hôpital des Enfants.

330 Avenue de Grande Bretagne.

31059 Toulouse.

Correo electrónico: knorr.j@chu-toulouse.fr

Recibido: enero de 2006.

Aceptado: febrero de 2007.

Behavior of the first cuneiform in the surgical correction of metatarsus adductus

Purpose. Metatarsus adductus is an adduction deformity of the forefoot. Our purpose is to uphold the claim that the main anomaly is to be found on the cuneiform side of the cuneo-metatarsal joint and that the growth of the medial cuneiform is fundamental for correction further to capsulotomy.

Materials and methods. This is a radiological study of 23 children with idiopathic or clubfoot-related metatarsus adductus subjected between 1982 and 2000 to a release of the cuneiform metatarsal joint.

X-rays were taken of the 30 operated feet and of 12 contralateral feet used as controls. The following measurements were made: cuneiform-metatarsal angle, distal inclination angle of the medial cuneiform bone, angle formed between the latter surface and the first metatarsal and the proximal articular angle of the first metatarsal. The mean pre-op, immediate post-op and post-op final values of these angles were compared using the relevant statistical tests.

Results. As regards idiopathic metatarsus adductus, the cuneiform metatarsal angle went from a preop value of 150.4° to 170.2° at the end of follow-up; the distal inclination angle of the medial cuneiform went from 62° to 81.1°; and the angle formed between the latter surface and the first metatarsal and the proximal articular angle of the first metatarsal went from 88.4° to 89.1°.

With respect to clubfoot-related metatarsus adductus, the cuneiform metatarsal angle went from a preop value of 155.3° to 169.7°, the distal inclination angle of the medial cuneiform went from 61.9° to 79.7°, and the angle formed between the latter surface and the first metatarsal and the proximal articular angle of the first metatarsal went from 88.3° to 90°. On the healthy side, the angle values showed virtually no changes.

Conclusions. The obliqueness of the medial cuneiform-metatarsal joint is closely related to metatarsus adductus. Post-surgical correction also takes place at the expense of this bone, which tends to fill the space created by the capsulotomy.

Key words: metatarsus adductus, medial cuneiform-metatarsal obliqueness, first cuneiform bone, capsulotomy.

El metatarso adducto (MTA) se caracteriza por ser una deformación en adducción del antepié con respecto al retro-pié. El ápex de esta deformación se sitúa en la articulación de Lisfranc. Puede ser idiopático o secundario, como componente o secuela de un pie zambo.

El MTA idiopático es la deformación más frecuente del pie¹, su incidencia se estima en un 3%².

Su historia natural es la corrección espontánea en el 95% de los casos en las formas aisladas^{2,3}. Sin embargo, una adducción residual severa persiste en un 4-14%²⁻⁴.

El MTA tiende a persistir en el 16-81% de las formas secundarias^{5,6}. La fijación de las deformidades de los metatarsianos medios hace más difícil la corrección espontánea a partir de los 4 años de edad.

La fisiopatología del MTA es controvertida, y ello explica la cantidad de técnicas quirúrgicas propuestas, tales como liberaciones articulares, liberaciones de partes blandas, osteotomías metatarsianas u osteotomías del mediotarso, pudiendo ser combinadas.

El estudio radiológico, hecho clásicamente por la medición del ángulo talo-primero metatarsiano, muestra una adducción del primer metatarsiano superior a los demás, pero como anomalía más importante se puede observar que la articulación cuneo-metatarsiana medial no está orientada frontalmente, sino que «mira hacia adentro». Farsetti et al³ encontraron esta anomalía en el 68% de los casos de su serie; sin embargo, no pudieron atribuirle especificidad.

Nuestra hipótesis es que en el niño menor de 6 años, la liberación de la articulación cuneo-metatarsiana medial, asociada a osteotomías de los metatarsianos medios, permite, por la reactivación del crecimiento de la cuña, corregir la deformación y estabilizar esta corrección de forma duradera.

MATERIAL Y MÉTODO

Se trata de un estudio realizado con 23 niños (13 varones y 10 hembras) operados del MTA (fig. 1), de los cuales, en 7 casos la deformidad es bilateral, lo que hace un total de 30 pies afectados. Según el origen de la deformación, los hemos dividido en dos grupos: MTA idiopático (grupo 1) con 9 casos, y MTA como secuela de pie zambo tratado anteriormente de forma ortopédica (grupo 2), con 21 casos.

La selección se hizo en base a un tiempo de seguimiento postoperatorio mínimo (5 años) y el estado del dossier clínico. Hemos descartado los niños operados muy precozmente, en los que la poca osificación del primer cuneiforme no permitía hacer mediciones radiológicas.

Estos 30 pies patológicos los compararemos, antes y después de la intervención, con los 12 pies contralaterales originalmente sanos (no hemos tenido en cuenta para el



Figura 1. Pie metatarsus adductus unilateral (derecho).

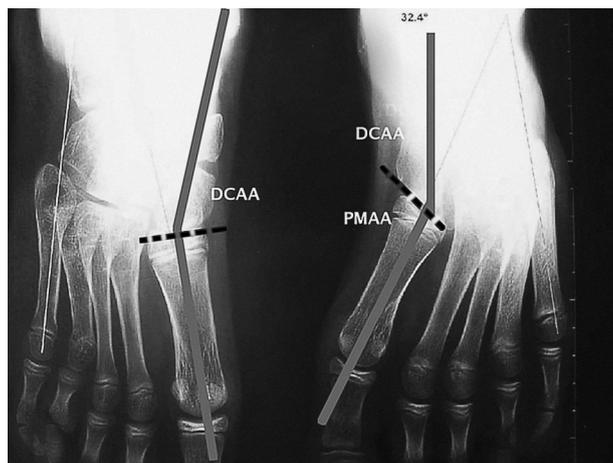


Figura 2. Medidas preoperatorias en el lado afecto y sano. DCAA: (distal cuneiform articular angle) ángulo de la superficie articular distal de la primera cuña (con respecto a su eje mayor); PMAA: (proximal metatarsal articular angle) ángulo de la superficie articular proximal del primer metatarsiano (con respecto a su eje mayor). La suma de ambos más el ángulo intra-articular (ángulo de apertura cuneo-metatarsiana), virtual en preoperatorio (línea discontinua), da lugar al ángulo cuneo-metatarsiano (FMCA [first metatarsal cuneiform angle]).

control los pies normalizados tras el tratamiento ortopédico del pie zambo).

La edad media (referida a cada pie operado) en el momento de la intervención es de 5 años y 4 meses (3 años 3 meses-10 años 0 meses) para el grupo 1, y 5 años y 6 meses (3 años 2 meses-10 años 0 meses) para el grupo 2.

El seguimiento medio es de 150,6 meses (61-283) para el grupo 1 y 129,2 (60-275) para el grupo 2.

Por cada pie, tanto caso como control, 42 en total, se ha hecho una radiografía ántero-posterior en carga, en el preoperatorio, postoperatorio inmediato y al final del seguimiento. Hemos anotado las siguientes mediciones radiológicas (figs. 2, 3, 4 y 5):

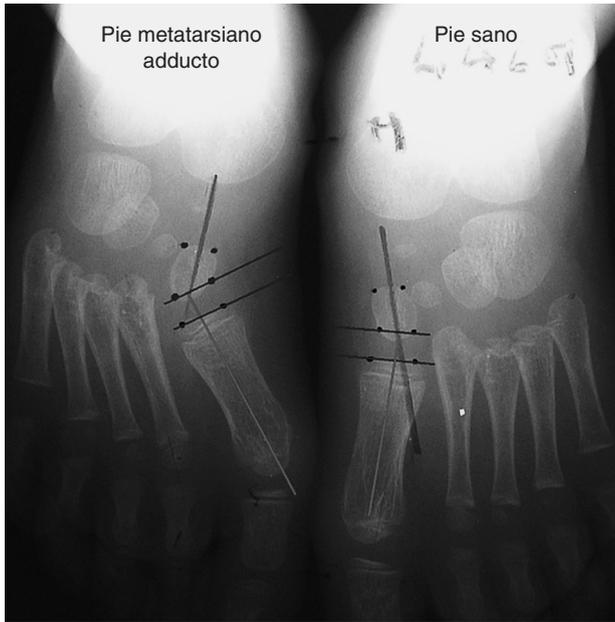


Figura 3. Técnica de medida de ángulos (para niños pequeños). El trazado de 4 puntos que corresponden a los vértices del trapezoide de la cuña nos ayudará a definirla para realizar las mediciones ulteriores, ya que en niños pequeños la forma del primer cuneiforme es bastante elipsoidal.



Figura 5. Medida de los ángulos post-operatorios al final del seguimiento del pie operado y del pie control.

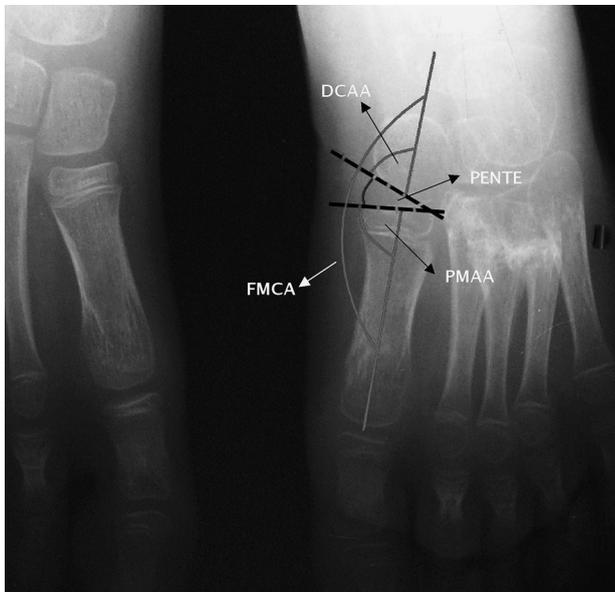


Figura 4. Ángulo intra-articular (PENTE) en post-operatorio, una vez retirada la osteosíntesis (líneas discontinuas). Este ángulo se rellenará progresivamente por la cuña, lo cual mantendrá la reducción estable en el tiempo. DCAA: ángulo articular cuneiforme preoperatorio; FMCA: ángulo cuneo-operatorio inmediato; PMAA: ángulo articular metatarsiano preoperatorio.

Ángulo cuneo-metatarsiano (FMCA [first metatarsal cuneiform angle])³, como medida del MTA. Está formado por el eje mayor de la primera cuña y el del primer metatarsiano. Lo hemos medido en el preoperatorio, postoperatorio



Figura 6. Técnica operatoria (Cahuzac): capsulotomía cuneo-metatarsiana y osteotomías de los metatarsianos medios. Fijación con aguja de Kirschner.

inmediato y al final, y equivale a la suma de los 3 ángulos también medidos y descritos a continuación:

1) Ángulo articular cuneiforme (DCAA [distal cuneiform articular angle])⁷: mide la oblicuidad distal de la primera cuña. Está formado por el eje mayor de la primera cuña con la línea correspondiente a la superficie articular distal de la misma. Medido en preoperatorio y al final del período de seguimiento.

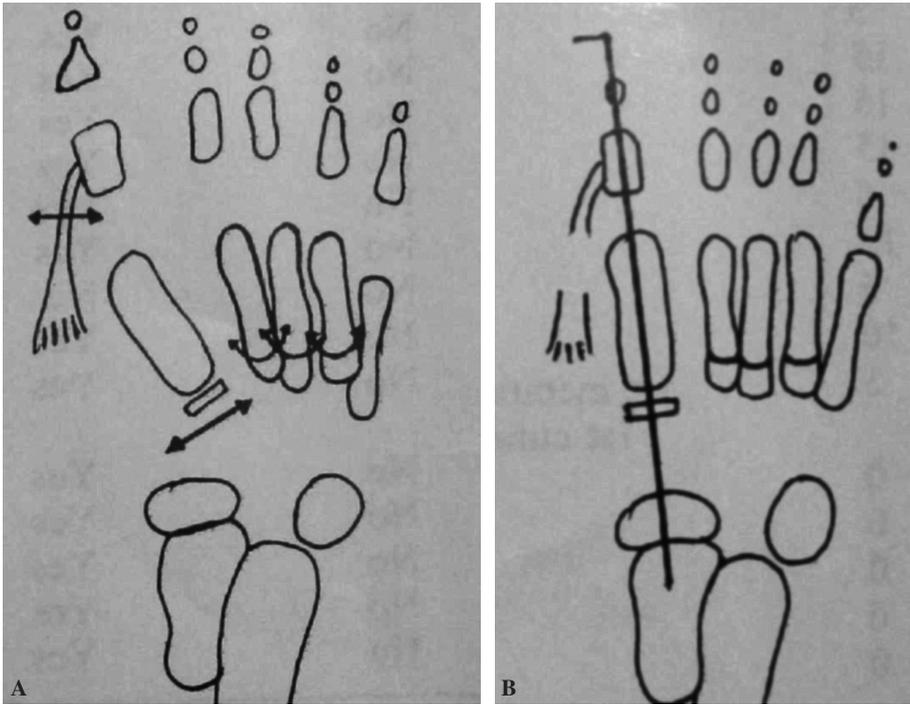


Figura 7. Esquemas de la intervención de Cahuzac. (A) Primer tiempo. (B) Segundo tiempo.

2) Ángulo de apertura cuneo-metatarsiana (PENTE): hemos diseñado este ángulo formado por la línea de la superficie articular distal de la cuña con la línea articular proximal del primer metatarsiano. No hemos encontrado referencias del mismo en la bibliografía. Medido en 3 instantes: preoperatorio, postoperatorio inmediato y final del seguimiento.

3) Ángulo articular metatarsiano (PMAA [*proximal metatarsal articular angle*])⁸: mide la oblicuidad de la base del primer metatarsiano, y está formado por la línea articular proximal del primer metatarsiano y su eje mayor. Medido en preoperatorio y al final del seguimiento.

Hemos calculado la media aritmética para cada ángulo, utilizando el pie contralateral sano como base de datos comparativos. También hemos realizado un estudio estadístico de comparación de medias utilizando la prueba de la «t» de student, o el test de rang de Wilcoxon si el anterior no era aplicable. Se ha efectuado un análisis de correlación para determinar una relación entre los ángulos PENTE, δ DCAA y δ PMAA.

La técnica quirúrgica⁹ (figs. 6, 7 y 8), realizada siempre por el mismo cirujano, consiste en una incisión dorsal por la que se efectúa una capsulotomía cuneo-metatarsiana superior, medial e inferior, sección del abductor del *hallux* y osteotomía curva de la base del segundo metatarsiano. Por una segunda incisión dorsal se efectúa la osteotomía de la base del tercer y cuarto metatarsianos. La reducción se estabiliza con una aguja de Kirschner desde el primer metatarsiano hasta el tarso y una escayola durante 45 días.



Figura 8. Radiografía postoperatoria.

Tabla 1. Principales datos de este estudio en el metatarso adducto idiopático

Lado afecto (metatarso adducto idiopático = grupo 1)															
Pac	Sex	F nac	Diag	Edad c	t (m)	DCAA	P	PMAA	FMCA	Pc	FMCAc	DCAAf	Pf	PMAAf	FMCAf
22 DC	H	jun-81	MTA D-B	3A3M	147	70	0	90	160	14	174	80	0	90	170
23 CD	V	jun-80	MTA D-B	6A1M	61	76	0	86	162	20	182	90	0	86	176
24 CD	V	jun-80	MTA I-B	6A1M	61	70	0	86	156	24	180	90	0	84	174
25 LR	V	sep-75	MTA D	7A11M	87	60	0	90	150	30	180	90	0	86	176
26 GC	H	jun-79	MTA D	3A4M	283	64	0	84	148	30	178	74	0	90	164
27 MV	H	mar-89	MTA D-B	5A3M	175	64	0	90	154	26	180	80	0	90	170
28 MV	H	mar-89	MTA I-B	5A3M	175	50	0	90	140	40	180	78	0	90	168
29 LM	V	ene-80	MTA D	5A0M	244	54	0	90	144	36	180	78	0	90	168
30 EA	V	jun-85	MTA D-B	10A-0M	122	50	0	90	140	24	164	70	0	96	166
MEDIA		ago-82		5A-4M	150,6	62	0	88,4	150,4	27,1	177,6	81,1	0	89,1	170,2
Lado control															
1 MA	H	dic-89	Pie N	6A5M	60	80	0	92	172			80	0	92	172
2 LW	V	oct-83	Pie N	5A0M	60	76	6	94	176			78	0	96	174
3 DC	H	may-79	Pie N	4A7M	135	72	16	88	176			78	0	90	168
5 UJ	V	may-94	Pie N	6A5M	60	84	0	90	174			90	0	80	170
6 RG	V	oct-89	Pie N	4A3M	61	70	10	88	168			74	0	90	164
7 BC	H	mar-87	Pie N	6A1M	149	70	0	98	168			76	0	100	176
11 CM	H	ago-90	Pie N	5A2M	60	74	0	90	164			74	0	90	164
16 RP	V	abr-77	Pie N	4A11M	135	70	0	84	164			76	0	84	160
17 GA	V	jul-81	Pie N	3A2M	141	80	0	94	174			70	0	94	164
25 LR	V	sep-75	Pie N	7A11M	87	78	0	90	168			72	0	90	162
26 GC	H	jun-79	Pie N	3A4M	283	82	0	86	168			66	0	90	156
29 LM	V	ene-80	Pie N	5A0M	244	78	0	86	164			72	0	86	158
MEDIA		ene-84		5A8M	122,9	76,2	2,7	90	169,7			75,5	0	90,2	165,7

DCAA: ángulo articular cuneiforme preoperatorio; DCAAf: ángulo articular cuneiforme fin de seguimiento; Diag: diagnóstico; Edad c: edad cirugía; F nac: fecha de nacimiento; FMCA: ángulo cuneo-metatarsiano preoperatorio; P: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana preoperatorio; FMCAc: ángulo cuneo-metatarsiano post-operatorio inmediato; FMCAf: ángulo cuneo-metatarsiano fin de seguimiento; Pac: paciente; Pc: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana post-operatorio inmediato; Pf: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana fin de seguimiento; Pie N: pie normal; PMAA: ángulo articular metatarsiano preoperatorio; PMAAf: ángulo articular metatarsiano fin de seguimiento; MTA D: metatarso adducto idiopático derecho; MTA D-B: metatarso adducto idiopático derecho (originariamente bilateral); MTA I-B: metatarso adducto idiopático izquierdo (originariamente bilateral); Sex: sexo; t (m): tiempo de seguimiento (meses).

RESULTADOS

Pie afecto

Los resultados se recogen en las tablas 1 y 2 y en las figuras 9 y 10.

El FMCA para el grupo 1 aumentó de media de 150,4° en preoperatorio a 170,2° (δ FMCA +19,8°) al final del período de seguimiento.

Para el grupo 2, el FMCA lo hizo de 155,3° a 169,7° (δ FMCA +14,4°) al final del mismo.

El DCAA aumentó de 62° en el preoperatorio a 81,1° al final del seguimiento (δ DCAA +19,1°), para el grupo 1.

Para el grupo 2, este ángulo aumentó de 61,9° a 79,7° (δ DCAA +17,8°).

El PMAA aumentó de 88,4 a 89,1 al final del estudio (δ PMAA +0,7°), para el grupo 1.

Respecto al grupo 2, éste pasó de 88,3° a 90,0° (δ PMAA +1,7°).

El ángulo PENTE pasó de 0° en preoperatorio a 27,1° (+27,1°) en postoperatorio inmediato (apertura quirúrgica

cuneo-metatarsiana) y a 0° (δ PENTE -27,1°) al final del seguimiento, para el grupo 1.

Para el grupo 2 este ángulo pasó de 5,3° a 28,6° (+23,3°) en postoperatorio inmediato y a 0° (δ PENTE -28,6°) al final. (Estos 5,3° preoperatorios se explicarían, no por una apertura articular, sino por la discreta divergencia ósea entre la epífisis elipsoidal de la primera cuña, propia de los casos más jóvenes, y la epífisis trapezoidal de la base del primer metatarsiano).

Pie sano

Los resultados pueden verse en las tablas 1 y 2 y en las figuras 9 y 10.

El FMCA pasó de 169,7° en preoperatorio a 165,7° (δ FMCA -4,0°) al final del seguimiento. El DCAA se modificó de 76,2° a 75,5° (δ DCAA -0,7°) y el ángulo PENTE varió de 2,7° a 0° (δ PENTE -2,7°). Por último, el PMAA varió de 90° a 90,2° (+0,2°).

Tabla 2. Principales datos de este estudio en el metatarso adducto secundario a pie zambo

Lado afecto (metatarso adducto secundario a pie zambo = grupo 2)															
Pac	Sex	F nac	Diag	Edad c	t (m)	DCAA	P	PMAA	FMCA	Pc	FMCAc	DCAAf	Pf	PMAAf	FMCAf
1 MA	H	dic-89	PZ D	6A5M	60	72	0	88	160	20	180	84	0	88	172
2 LW	V	oct-83	PZ I	5A0M	60	64	6	90	160	30	184	86	0	92	178
3 DC	H	may-79	PZ I	4A7M	135	50	16	94	160	30	174	76	0	96	172
4 BM	V	dic-92	PZ D-B	5A5M	89	68	0	88	156	30	186	82	0	88	170
5 UJ	V	may-94	PZ I	6A5M	60	68	6	90	164	26	184	80	0	90	170
6 RG	V	oct-89	PZ D	4A3M	61	54	10	86	150	34	174	72	0	90	162
7 BC	H	mar-87	PZ I	6A1M	149	60	18	86	164	36	182	76	0	94	170
8 ZJ	V	oct-86	PZ D-B	10A0M	75	66	0	90	156	24	180	90	0	90	180
9 VM	V	ago-86	PZ D-B	5A1M	143	60	4	88	148	24	168	84	0	90	174
10 VM	V	oct-86	PZ I-B	5A1M	143	66	4	90	160	20	176	78	0	90	168
11 CM	H	ago-90	PZ I	5A2M	60	64	0	88	152	22	154	90	0	90	180
12 RC	V	ago-87	PZ D-B	6A1M	114	44	20	84	148	50	178	68	0	90	158
13 RC	V	ago-97	PZ I-B	6A1M	114	44	24	88	156	40	172	80	0	90	170
14 PS	H	ago-84	PZ D-B	6A4M	60	60	4	90	154	34	184	76	0	90	166
15 PS	H	ago-84	PZ I-B	6A4M	60	56	0	96	152	28	180	74	0	96	170
16 RP	V	abr-77	PZ I	4A11M	135	70	0	86	156	24	180	78	0	84	162
17 GA	V	jul-81	PZ D	3A2M	141	70	0	90	160	20	180	70	0	94	164
18 RS	H	sep-78	PZ D-B	4A0M	275	64	0	86	150	30	180	82	0	90	172
19 RS	H	sep-78	PZ I-B	4A0M	275	68	0	86	154	24	178	86	0	82	168
20 AL	H	oct-78	PZ D-B	5A11M	252	68	0	84	152	24	176	84	0	86	170
21 AL	H	oct-78	PZ I-B	5A11M	252	64	0	86	150	30	180	78	0	90	168
		jul-85		5A-6M	129,2	61,9	5,3	88,3	155,3	28,6	177,6	79,7	0	90	169,7
Lado control															
1 MA	H	dic-89	pie N	6A5M	60	80	0	92	172			80	0	92	172
2 LW	V	oct-83	pie N	5A0M	60	76	6	94	176			78	0	96	174
3 DC	H	may-79	pie N	4A7M	135	72	16	88	176			78	0	90	168
5 UJ	V	may-94	pie N	6A5M	60	84	0	90	174			90	0	80	170
6 RG	V	oct-89	pie N	4A3M	61	70	10	88	168			74	0	90	164
7 BC	H	mar-87	pie N	6A1M	149	70	0	98	168			76	0	100	176
11 CM	H	ago-90	pie N	5A2M	60	74	0	90	164			74	0	90	164
16 RP	V	abr-77	pie N	4A11M	135	70	0	84	164			76	0	84	160
17 GA	V	jul-81	pie N	3A2M	141	80	0	94	174			70	0	94	164
25 LR	V	sep-75	pie N	7A11M	87	78	0	90	168			72	0	90	162
26 GC	H	jun-79	pie N	3A4M	283	82	0	86	168			66	0	90	156
29 LM	V	ene-80	pie N	5A0M	244	78	0	86	164			72	0	86	158
MEDIA		ene-84		5A8M	122,9	76,2	2,7	90	169,7			75,5	0	90,2	165,7

DCAA: ángulo articular cuneiforme preoperatorio; DCAAf: ángulo articular cuneiforme fin de seguimiento; Diag: diagnóstico; Edad c: edad cirugía; F nac: fecha de nacimiento; FMCA: ángulo cuneo-metatarsiano preoperatorio; P: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana preoperatorio; FMCAc: ángulo cuneo-metatarsiano post-operatorio inmediato; FMCAf: ángulo cuneo-metatarsiano fin de seguimiento; Pac: paciente; Pc: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana post-operatorio inmediato; Pf: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana fin de seguimiento; Pie N: pie normal; PMAA: ángulo articular metatarsiano preoperatorio; PMAAf: ángulo articular metatarsiano fin de seguimiento; PZ D: metatarso adducto como secuela de pie zambo derecho; PZ D-B: metatarso adducto como secuela de pie zambo derecho (originariamente bilateral); PZ I: metatarso adducto como secuela de pie zambo izquierdo; PZ I-B: metatarso adducto como secuela de pie zambo izquierdo (originariamente bilateral); Sex: sexo; t (m): tiempo de seguimiento (meses).

DISCUSIÓN

En el MTA se produce una desviación medial del antepié a la altura de la articulación tarso-metatarsiana, y la principal anomalía está localizada en la articulación cuneo-metatarsiana medial. Farsetti et al³ descubrieron que este ángulo mostraba una oblicuidad en la mayoría de los pacientes con MTA, aunque no pudieron correlacionarlo con la patogénesis de la deformidad. A la ausencia de corrección de esta oblicuidad se atribuye la persistencia o recidiva del MTA en pacientes tratados de pie zambo¹⁰.

Dykyj et al¹¹ en su estudio geométrico tridimensional de las superficies de la articulación cuneo-metatarsiana encontraron alteraciones significativas de la forma de la cuña, menos contorneada, en el MTA con respecto al pie sano.

Nuestro estudio nos permite constatar lo siguiente:

1) El FMCA es una buena medida del MTA. En preoperatorio, el ángulo FMCA está disminuido en los niños que presentan esta deformidad, tanto idiopática como secundaria. Existe una diferencia de 19,3° entre el ángulo control y el del MTA idiopático que es significativa. Igual conclusión se obtiene en la comparación entre el control y el MTA se-

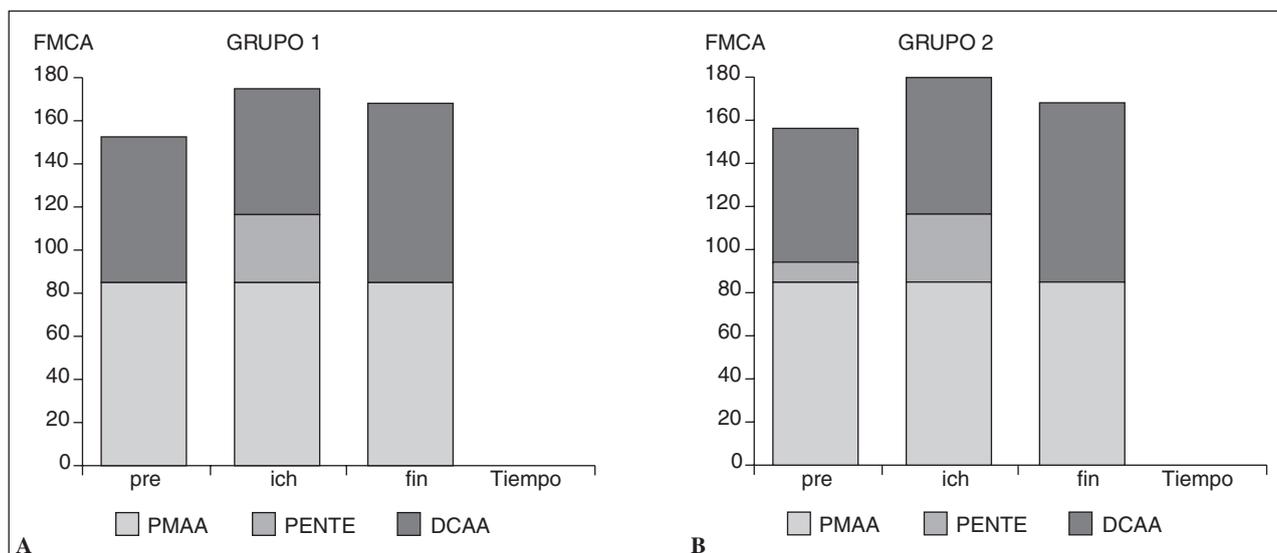


Figura 9. Gráfica de resultados en el pie operado del grupo 1 (A) y 2 (B). Evolución pre, per y postoperatoria de los ángulos en el lado afecto. Obsérvese que el aumento del ángulo cuneo-metatarsiano se hace básicamente a expensas de la cuña por relleno, manteniéndose el ángulo metatarsiano invariable. DCAA: ángulo articular cuneiforme preoperatorio; FMCA: ángulo cuneo-metatarsiano preoperatorio; PENTE: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana; PMAA: ángulo articular metatarsiano preoperatorio.

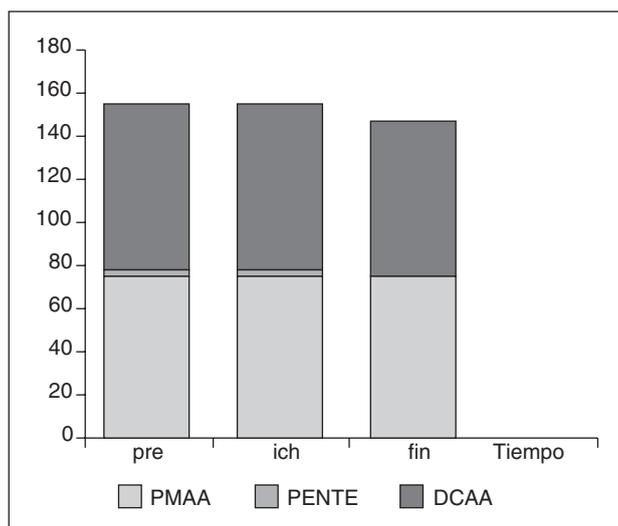


Figura 10. Gráfica de resultados en el pie control. Evolución pre, per y postoperatoria de los ángulos en el lado no operado. Obsérvese la práctica invariabilidad de los ángulos. DCAA: ángulo articular cuneiforme preoperatorio; FMCA: ángulo cuneo-metatarsiano preoperatorio; PENTE: ángulo de apertura cuneo-metatarsiana; PMAA: ángulo articular metatarsiano preoperatorio.

cundario, donde la diferencia es de $14,4^\circ$ y es también significativa.

2) El MTA está directamente relacionado con la oblicuidad de la articulación cuneo-metatarsiana medial. Este diferencial del FMCA entre los controles y los pies afectados ($19,3^\circ$ para el grupo 1, y $14,4^\circ$ para el grupo 2) se explica bien por la disminución del DCAA cualquiera que sea el grupo, idiopático o secundario, ($14,2^\circ$ para el grupo 1, y

$14,3^\circ$ para el grupo 2), y de forma significativa, mientras que no se puede explicar por la variación del ángulo de la base del primer metatarsiano (PMAA) ($1,6^\circ$ para el grupo 1, y $1,7^\circ$ para el grupo 2), que no es significativa.

3) La intervención de Cahuzac es eficaz para corregir el MTA. Esta corrección se hace por activación del crecimiento de la primera cuña que corrige el DCAA. La evolución en el tiempo del MTA, es decir, del FMCA en los niños operados, es más importante cuando se la compara con la evolución del mismo ángulo en los controles (δ FMCA grupo 1 = $19,8^\circ$; δ FMCA grupo 2 = $14,4^\circ$; control = $-4,0^\circ$), y de manera estadísticamente significativa. Esto se explica bien por la evolución del ángulo de oblicuidad distal de la primera cuña (δ DCAA grupo 1 = $19,1^\circ$; δ DCAA grupo 2 = $17,8^\circ$; control = $-0,7^\circ$), que es significativa, y no por la de la base del primer metatarsiano (δ PMAA grupo 1 = $0,7^\circ$; δ PMAA grupo 2 = $1,7^\circ$; control = $0,2^\circ$), cuya evolución no es significativa, cualquiera que sea el grupo, idiopático o secundario.

4) La reactivación del crecimiento de la primera cuña tiende a rellenar el espacio creado en la intervención. La normalización progresiva del ángulo PENTE en el curso del seguimiento tiene una correlación significativa con la variación del ángulo DCAA constatada en el mismo período. Contrariamente, no existe correlación del ángulo pente, y esta ausencia de correlación es significativa con la evolución del ángulo PMAA.

Todo ello permite afirmar que la deformación de la primera cuña, responsable de la oblicuidad cuneo-metatarsiana medial, tiene un papel determinante en la patogénesis del MTA, y que es este hueso, asimismo, y no el primer meta-

tarsiano, el que remodela la articulación. Pero, ¿por qué mecanismo?

La primera cuña forma parte de los huesos con cartílago de crecimiento esférico, cuyo crecimiento se hace desde el centro a la periferia. La base del primer metatarsiano, por el contrario, posee un cartílago de crecimiento rectangular, que es equivalente al denominado cartílago de conjugación.

Según la Ley de Delpech y los trabajos de Hueter-Volkman¹² sobre la compresión simétrica del cartílago de conjugación, una presión ejercida sobre un cartílago de crecimiento produciría la disminución de la actividad de éste, y el fenómeno contrario, la disminución de presión aumentaría su actividad. Frost¹² vino a confirmar estas teorías en sus estudios sobre la autoagravación de la escoliosis. Roaf¹² matizó estas tesis en sus trabajos sobre la compresión asimétrica del cartílago de crecimiento, afirmando que una leve presión sobre el mismo hace aumentar su actividad, mientras que la presión exagerada la disminuye de manera importante. Este fenómeno de estimulación en ausencia de presión es confirmado con los experimentos de la NASA en ingravidez¹².

En cualquier caso, parece que en el MTA existe una compresión asimétrica sobre un cartílago de crecimiento esférico (la cuña) y simétrica sobre otro rectangular o de conjugación (el de la base del primer metatarsiano). Esto podría estar en el origen de que la deformidad se haga a expensas de la orientación de la superficie articular de la primera cuña, mientras que la orientación de la base del primer metatarsiano es normal (dando como consecuencia la oblicuidad de la articulación cuneo-metatarsiana), y que el remodelado postoperatorio obedezca también al mismo principio.

El MTA aislado tiende a corregirse espontáneamente²⁻⁴. Sin embargo, Rusforth⁴ en su estudio prospectivo sobre 130 MTA, seguidos durante 7 años, constata que una deformidad residual moderada persiste en el 10% de los casos, y que en un 4% de los casos se trata de un MTA severo y rígido. Por otra parte, hace notar que los MTA resistentes no se detectan hasta los 3 años de edad. Widhe², en un estudio prospectivo realizado con 2.401 recién nacidos, encuentra una incidencia de MTA del 3,1%, siendo ésta la deformidad más frecuente de las encontradas en el pie. A los 6 años, este autor comprueba una corrección espontánea en el 87% de los casos, y a los 16 persiste una adducción metatarsiana en el 5% (3 casos). Estos estudios confirman la persistencia de una adducción residual en torno al 5-10% en las formas aisladas.

En los casos de secuelas de pie zambo, la adducción metatarsiana es mucho más frecuente independientemente del tratamiento empleado. Esta frecuencia se estima entre el 16 y el 81% según las series^{5,6}.

Sea cual sea el origen del MTA (aislado o secundario), la adducción residual tiene lugar en la articulación de Lisfranc. Bien es cierto que la adducción secundaria a una secuela de pie zambo puede tener también parte de su origen en la articulación talo-navicular y en la desviación del cuello del astrágalo¹³. En cualquier caso, si pretendemos medir pu-

ramente el MTA, tendremos que referirnos únicamente al FMCA, como hemos hecho en el estudio.

Aunque la fisiopatología del MTA sea aún desconocida, conviene anotar que numerosas descripciones anatómicas y radiológicas^{3,14-19} señalan una anomalía de la forma y tamaño de la primera cuña, asociada a una oblicuidad pósterointerna de la articulación cuneo-metatarsiana medial. Reimann y Werner¹⁸ en su estudio realizado con la autopsia de un recién nacido con MTA y microcefalia constataron que la primera cuña era más pequeña y que la superficie articular con el primer metatarsiano estaba aplanada. Morcuende y Ponseti¹⁵ han analizado también dos MTA en sendos fetos de 16 y 19 semanas, y han observado que la primera cuña estaba deformada, y que existía una inclinación hacia adentro de la articulación cuneo-metatarsiana medial, mientras que el resto de las cuñas, metatarsianos y cuboides, no presentaban ninguna anomalía. En lo que concierne a la radiometría, Gordon et al¹⁷ midieron las longitudes respectivas de la primera cuña y cuboides en 50 pies con MTA residual a pie zambo, constatando que la primera cuña era más pequeña, y estableciendo una relación de longitud entre la columna interna y externa del pie.

No hemos encontrado alteraciones o variaciones del ángulo de la base del primer metatarsiano, lo que, en nuestro estudio, no apoya las observaciones de Hyer^{20,21}, quien preconiza la oblicuidad de la base del primer metatarsiano como causa del MTA.

Diversos mecanismos patogénicos se han evocado para explicar el origen de la modificación de la forma de la primera cuña, como por ejemplo, la subluxación tarso-metatarsal intrauterina del pie¹⁴; anomalías o tracciones excesivas de inserciones musculares del tibial anterior, tibial posterior o abductor del *hallux*^{10,14,16,22}; o corrección insuficiente del pie zambo⁶. En cualquier caso, la alteración del crecimiento de la primera cuña da lugar a una inclinación pósterointerna de la articulación cuneo-metatarsiana medial y de los otros metatarsianos en adducción, como consecuencia de la tracción de los ligamentos inter-metatarsianos. Estas desviaciones, que aparecen más como consecuencia que como causa de la adducción, una vez presentes fijan la deformación residual y deben ser tratadas para evitar la recidiva.

Numerosas técnicas de corrección de la adducción residual han sido propuestas: Heymann y Herndon propusieron una liberación de la articulación de Lisfranc. Sin embargo, Stark et al²³, a partir de una serie de 48 casos operados con esta técnica, y seguidos durante al menos 9 años, constataron que la corrección de la deformación no se obtuvo más que en el 41% de los casos y que el 50% de los pacientes presentaban dolores en el dorso del pie, molestias que no pudieron correlacionar con las imágenes radiológicas degenerativas de la articulación cuneo-metatarsiana medial, presentes en el 68% de los pies que pudieron ser estudiados a largo plazo.

Berman y Gartland²⁴ han propuesto múltiples osteotomías metatarsianas. Holden et al²⁵ han constatado que esta

intervención origina un acortamiento del primer metatarsiano por epifisiodesis en un 30% de los casos.

Napiontek et al²⁶ realizaron una osteotomía aislada de alargamiento y reorientación de la superficie articular de la primera cuña mediante un injerto en 25 niños (37 pies) menores de 4 años, obteniendo una corrección de la adducción en 26 pies, y confirmando que el alargamiento aislado de la columna interna permite corregir el metatarso adducto. Constataron, también, una hipertrofia de la primera cuña. Sin embargo, una adducción residual persistía en el 16% de los casos.

Mc Hale y Lenhart²⁷, teniendo en cuenta la asimetría de crecimiento entre la columna externa e interna del pie, propusieron una osteotomía de acortamiento del cuboideo y otra de alargamiento y reorientación de la superficie articular de la primera cuña, utilizando el injerto cuboideo, obteniendo en 6 pacientes (7 pies) mayores de 4 años una buena corrección salvo en un caso. Numerosos autores han utilizado esta técnica^{10,17,28-30}, y todos han constatado la dificultad operatoria que supone alargar la primera cuña en niños jóvenes, especialmente antes de los 6 años de edad, evaluando el riesgo de recidiva en torno al 10%. Estas recidivas pueden ser precoces, en relación con una extrusión del injerto, lo que disminuye la longitud de la primera cuña¹⁷, o tardías, cuando se deben a una retracción de tejidos blandos³⁰.

Asirvatham y Stevens¹⁶ propusieron una capsulotomía dorsal, medial y plantar de las articulaciones navículo-cuneiforme y cuneo-metatarsiana medial, asociadas a un alargamiento del abductor del *hallux* y a una sección de la inserción anormal del músculo tibial anterior. En su trabajo sobre esta intervención realizada en 12 pies con MTA y seguimiento de 3 años y 6 meses, mostraron una buena reducción del ángulo talo-metatarsal salvo en un caso.

Todas estas intervenciones muestran que la corrección de la adducción residual se puede obtener por alargamiento extemporáneo de la primera cuña o por corrección progresiva de la forma y tamaño de la misma tras la capsulotomía. Nuestro estudio confirma que la reactivación del crecimiento de la primera cuña tras la capsulotomía de la articulación cuneo-metatarsiana permite corregir la deformación. En efecto, la mejora de la inclinación postero-medial del primer metatarsiano se hace a expensas del crecimiento de la primera cuña, ya que el ángulo FMCA aumenta de 19,8° (grupo 1) y 14,4° (grupo 2) porque el DCAA lo hace de 19,1° y 17,8°, respectivamente.

En lo que se refiere a la técnica de alargamiento de la columna interna²⁶, una adducción residual persiste en el 16% de los casos. Pensamos que esta complicación está relacionada con la persistencia de una desviación metafisaria del segundo metatarsiano. En efecto, la articulación de Lisfranc tiene escasa movilidad en el plano frontal, debido a la posición más posterior de la segunda cuña, lo cual hace que la base del segundo metatarsiano esté encastrada entre la primera y tercera cuña. En consecuencia, la capsulotomía

entre la primera cuña y el primer metatarsiano asociada a la osteotomía de la base del segundo metatarsiano⁹ permite reducir la adducción metatarsal, siendo la reactivación del crecimiento de la primera cuña lo que hace que esta reducción se mantenga en el tiempo.

En conclusión, la oblicuidad de la articulación cuneo-metatarsiana medial está estrechamente relacionada con el MTA. Esta oblicuidad se debe a una anomalía de la forma de la primera cuña, que da lugar a una inclinación de la superficie articular distal de la misma. La corrección quirúrgica por capsulotomía cuneo-metatarsiana medial y osteotomías de los metatarsianos medios es factible en niños pequeños y resulta eficaz y duradera. Esta corrección se hace, fundamentalmente, a expensas de la primera cuña, y no del metatarsiano, que tiende a rellenar el espacio articular creado en la intervención. Las osteotomías de los metatarsianos medios ayudan a fijar la reducción. La ley de Delpech parece explicar estos fenómenos adaptativos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cook DA, Breed AL, Cook T, DeSmet AD, Muehle CM. Observer variability in the radiographic measurement and classification of metatarsus adductus. *J Pediatr Orthop*. 1992;12:86-9.
2. Widhe T. Foot deformities at birth: A longitudinal prospective study over a 16-year period. *J Pediatr Orthop*. 1997;17:20-4.
3. Farsetti P, Weinstein SL, Ponseti IV. The long term functional and radiographic outcomes of untreated and non-operatively treated metatarsus adductus. *J Bone Joint Surg Am*. 1994;76A:257-65.
4. Rushforth GF. The natural history of hooked forefoot. *J Bone Joint Surg Br*. 1978;60B:530-2.
5. Uglow MG, Clarke NMP. The functional outcome of staged surgery for the correction of talipes equinovarus. *J Pediatr Orthop*. 2000;20:517-23.
6. Tarraf YN, Carroll NC. Analysis of the components of residual deformity in clubfeet presenting for reoperation. *J Pediatr Orthop*. 1992;12:207-16.
7. Petje G, Steinbock G, Schiller C. Radiographic analysis of metatarsus primus varus. 45 feet followed 15 months after distal metatarsal osteotomy and lateral soft-tissue release. *Acta Orthop Scand*. 1997;68:567-70.
8. Elsaid AG, Tisdell C, Donley B, Sferra J, Neth D, Davis B. First metatarsal bone: an anatomic study. *Foot Ankle Int*. 2006;27:1041-8.
9. Cahuzac JP, Laville MD, Sales de Gauzy J, Lebarbier P. Surgical correction of metatarsus adductus. *J Pediatr Orthop*. Part B. 1993;2:176-81.
10. Lowe LW, Hannon MA. Residual adduction of the forefoot in treated congenital clubfoot. *J Bone Joint Surg Br*. 1973;55B:809-13.
11. Dykyj D, Ateshian GA, Trepal MJ, MacDonald LR. Articular geometry of the medial tarsometatarsal joint in the foot: comparison of metatarsus primus adductus and metatarsus primus rectus. *J Foot Ankle Surg*. 2001;40:357-65.
12. Collard-Meynaud P. Etude des déformations angulaires expérimentales du radius chez l'agneau (Thèse de Sciences) Université Paul Sabatier de Toulouse, 2001.

13. Main BJ, Crider RJ. An analysis of residual deformity in club feet submitted to early operation. *J Bone Joint Surg Br.* 1978; 60B:536-43.
14. Reimann I, Werner HH. Congenital metatarsus varus. A suggestion for a possible mechanism and relation to other foot deformities. *Clin Orthop.* 1975;110:223-6.
15. Morcuende JA, Ponseti IV. Congenital metatarsus adductus in early human fetal development: A histologic study. *Clin Orthop.* 1996;333:261-6.
16. Asirvatham R, Stevens P. Idiopathic forefoot-adduction deformity: medial capsulotomy and abductor hallucis lengthening for resistant and severe deformities. *J Pediatr Orthop.* 1997;17:496-500.
17. Gordon JE, Luhmann SJ, Dobbs MB, Szymanski DA, Rich MM, Anderson DJ, et al. Combined midfoot osteotomy for severe forefoot adductus. *J Pediatr Orthop.* 2003;23:74-8.
18. Reinmann I, Werner HH. The pathology of congenital metatarsus varus. A post-mortem study of a newborn infant. *Acta Orthop Scand.* 1983;54:847-9.
19. Jawish R. Ostéotomie d'ouverture du premier cunéiforme dans le traitement du varus tarso-metatarsien chez l'enfant. *Rev Chir Orthop.* 1994;80:131-4.
20. Hyer CF, Philbin TM, Berlet GC, Lee TH. The obliquity of the first metatarsal base. *Foot Ankle Int.* 2004;25:728-32.
21. Hyer CF, Philbin TM, Berlet GC, Lee TH. The incidence of the intermetatarsal facet of the first metatarsal and its relationship to metatarsus primus varus: a cadaveric study. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44:200-2.
22. Browne RS, Paton DF. Anomalous insertion of the tibialis posterior tendon in congenital metatarsus varus. *J Bone Joint Surg Br.* 1979;61:74-6.
23. Stark JG, Johanson JE, Winter RB. The Heyman-Herndon tarsometatarsal capsulotomy for metatarsus adductus: results in 48 feet. *J Pediatr Orthop.* 1987;7:305-10.
24. Berman A, Gartland JJ. Metatarsal osteotomy for the correction of adduction of the fore part of the foot in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1971;53A:498-505.
25. Holden D, Siff S, Butler J, Cain T. Shortening of the first metatarsal as a complication of metatarsal osteotomies. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66A:582-7.
26. Napiontek M, Kotwicki T, Tomaszewski M. Opening wedge osteotomy of the medial cuneiform before age 4 years in the treatment of forefoot adduction. *J Pediatr Orthop.* 2003;23:65-9.
27. McHale K, Lenhart M. Treatment of residual clubfoot deformity -the «Bean-Shaped» foot- by opening wedge medial cuneiform osteotomy and closing wedge cuboid osteotomy. Clinical review and cadaver correlations. *J Pediatr Orthop.* 1991;11:374-81.
28. Lourenco AF, Dias LS, Zoellick DM, Sodre H. Treatment of residual adduction deformity in clubfoot: the double osteotomy. *J Pediatr Orthop.* 2001;21:713-8.
29. Pohl M, Nicol RO. Transcuneiform and opening wedge medial cuneiform osteotomy with closing wedge cuboid osteotomy in relapsed clubfoot. *J Pediatr Orthop.* 2003;23:70-3.
30. Schaeffer D, Hefti F. Combined cuboid / cuneiform osteotomy for correction of residual adductus deformity in idiopathic and secondary club feet. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82B:881-4.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores han declarado no tener ningún conflicto de intereses.