

Efectividad del abordaje fisioterápico global a través del método G.D.S. en el pie plano flexible infantil

Ruth Ballestero Pérez

Tutora

M^a Ángeles Atín Arratibel

Universidad Complutense de Madrid. Escuela Universitaria de Enfermería, Fisioterapia y Podología.
Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid
rballesteroperez@yahoo.es

Resumen: El término pie plano es el concepto el que se engloban todas las malposiciones del pie que cursan con una disminución en la altura del arco lateral interno (ALI), asociado con un valgo del retropié. El pie plano flexible, reductible, es susceptible de tratamiento conservador y se ha relacionado con la hiperlaxitud ligamentosa y la debilidad muscular, además de otros factores predisponentes. Aunque el tratamiento habitual es ortésico, su indicación y efectividad no están claras y la Fisioterapia se propone como complemento que mejora los resultados de la aplicación de las plantillas. Al ser causa y resultado de una alteración biomecánica global, se sugiere la utilización de un método de tratamiento global mediante cadenas musculares junto al tratamiento ortésico, para reequilibrar todos los segmentos corporales obteniendo así una mejoría en los aspectos biomecánicos y psicomotores del niño.

Palabras clave: Pie plano-Fisioterapia. Pie valgo-Fisioterapia. Ortopodología.

Abstract: Flatfoot is the concept that includes all foot alterations that result in a decrease in the height of the Internal Arch (IA), which is associated with valgus rearfoot. The flexible flatfoot is reversible by the application of conventional treatments and it has been commonly associated with joint laxity and muscle weakness, among other predisposing factors. Although the usual treatments are orthoses and special footwear, their indication and effectiveness are not clear and Physiotherapy is proposed as a complement to improve the results of the use of orthoses. As the flatfoot is the cause and the result of a biomechanical and global disturbance, it is suggested to use a method of global treatment through muscle chains together with the orthopaedic treatment, to balance all the body segments and to obtain an increase in the biomechanical and psychomotor development of the child.

Keywords: Flatfoot-physiotherapy, Foot valgus-Physiotherapy, Orthopaedic Chiropody.

OBJETIVO

Valorar la efectividad del tratamiento de fisioterapia combinando un método biomecánico global (G.D.S) con el empleo de órtesis plantares sobre la postura, el equilibrio y la marcha, en niños entre tres y cinco años con diagnóstico de pie plano valgo flexible infantil.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Ensayo clínico controlado en el que se pretende comparar un grupo de pacientes tratado con órtesis plantares, y el otro grupo, mediante la combinación de órtesis plantares y tratamiento fisioterápico global, Método G.D.S. Inicialmente se realizará un estudio piloto con dos grupos de 12 niños, con asignación aleatoria. La población diana serán los niños de 3 a 5 años con pie plano valgo flexible que acudan a la Unidad de Fisioterapia de la Clínica Universitaria de Podología de la UCM y que no presenten ningún criterio de exclusión.

Para valorar la efectividad del tratamiento, se utilizarán medidas clínicas goniométricas, el análisis instrumental de la postura, el equilibrio y la marcha y el Cociente de Desarrollo del Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil CUMANIN. Se evaluará también la permanencia de los resultados a los 3 y a los 9 meses del final del tratamiento.

INTRODUCCIÓN

El término pie plano es un concepto confuso en el que se engloban todas las malposiciones del pie que cursan con una disminución en la altura del arco lateral interno (ALI), asociado con un valgo del retropié, sea cual sea su etiología y su repercusión a nivel del miembro inferior tanto en la estática como en la dinámica en general^(1,2). Algunos autores destacan la tendencia asociada de la supinación del antepié (Viladot, 1991) o el papel de la insuficiencia de la musculatura elevadora del ALI (Kapandji, 1998). Sin embargo, aunque la propia definición de pie plano implique el valgo de calcáneo, la asociación entre éste y la disminución del arco medial es un tema que aún hoy sigue en discusión^(2,3,4).

Se debe diferenciar el concepto de pie plano flexible, que será el objeto de nuestro estudio, del pie plano rígido. El primero, es una alteración no estructurada, que se corrige en descarga y mediante maniobras pasivas, lo que le hace susceptible de tratamiento conservador. Por el contrario, el pie plano rígido no es reductible y en muchas ocasiones está asociado a una patología subyacente que requiere un abordaje

quirúrgico específico^(5,6).

El pie plano flexible es el resultado de un déficit en la formación fisiológica del ALI en la primera década de la vida⁽⁸⁾. El comienzo de su desarrollo se produce entre los 2 y los 3 años, edad en la que con más frecuencia se producen deformidades estructurales en los pies derivadas de un período de crecimiento rápido, que no es compensado con un aumento proporcional de la fuerza muscular y de la resistencia ligamentosa⁽⁹⁾.

Aunque la causa del pie plano flexible infantil no está clara⁽¹⁰⁾, Basmajian y Stecko lo consideran como una manifestación de laxitud constitucional ligamentosa, pues responsabilizan a los ligamentos del soporte del arco longitudinal, siendo la musculatura el soporte activo que actúa durante las cargas intensas y como estabilizadora dinámica^(11,12).

Distintos factores implicados en la formación del pie, actualmente en discusión, como la edad⁽¹³⁾, el género^(2,14,15,16), la raza⁽¹⁷⁾, la historia familiar^(1,9), la dominancia⁽¹⁸⁾, el sobrepeso^(11,17,19,20), el uso de calzado^(13,20,21), y otros hábitos socioculturales⁽²⁰⁾, podrían influenciar la formación del ALI.

El pie plano es una de las deformidades más habituales del pie⁽⁵⁾. Sin embargo no se han encontrado datos concluyentes sobre su prevalencia, que se encuentra entre un 2,7%⁽¹⁹⁾ y un 70%-80%⁽²²⁾. Esta variabilidad puede deberse, entre otros motivos, a la gran diversidad de los grupos estudiados y a la falta de uniformidad en los criterios de diagnóstico clínico^(22,23,24). Aunque el criterio de normalidad del ángulo de valgo de calcáneo se ha cifrado en el 5,2º +/-3,3 entre los 4 y 20 años⁽²⁾, no existe un valor de la altura normal del ALI universalmente aceptado en la población general⁽²⁵⁾. Además, en muchos casos no se considera al realizar la valoración del pie del niño, la evolución natural del desarrollo del mismo en la primera década de la vida⁽¹¹⁾.

La sintomatología asociada a esta alteración se inicia hacia el tercer año de vida, en el 10%-30% de los niños⁽¹⁾ que presentan fatiga, calambres nocturnos⁽²⁵⁾, alteraciones del equilibrio y caídas al caminar o al correr⁽⁶⁾. Es frecuente el dolor en pie, pierna y rodilla con características predominantemente mecánicas y ocasionalmente asimétrico⁽⁶⁾. Se ha especulado que estos síntomas sean debidos a síndromes de hipermovilidad y/o sobreuso⁽²¹⁾, en relación con una mala alineación de las articulaciones del pie y el consecuente compromiso de tendones y ligamentos⁽²⁶⁾, con repercusiones sobre la estática y la marcha^(18,25,27,28). Esto puede condicionar, a su vez, alteraciones posturales⁽⁶⁾, y trastornos angulares o rotacionales de los miembros inferiores e, incluso, de la columna vertebral⁽²⁷⁾. Por otro lado, la desalineación de estructuras superiores, especialmente el genu valgo, la anteversión femoral y la desalineación pélvica, puede ser responsable de diversas alteraciones morfo-estructurales del pie, por la constante relación entre todos los segmentos corporales^(6,27).

Una consecuencia común de las manifestaciones anteriores es una disminución de la resistencia física de estos niños y una mayor propensión a las lesiones cuando son adultos⁽¹⁸⁾, como fracturas de estrés⁽¹⁸⁾, fascitis plantar, tendinitis de Aquiles, inflamación del tibial anterior y dolor en la articulación patelofemoral⁽⁶⁾. Esto condiciona una consecuente renuncia voluntaria a la actividad física⁽⁶⁾ y podría contribuir a un retraso en el desarrollo psicomotor del niño, ya que la carencia de estímulos sensorio-motores condiciona un retraso en todas las áreas del desarrollo infantil⁽⁹⁾.

En cuanto a la repercusión del pie plano sobre el crecimiento tisular, la distribución asimétrica de cargas en el retropié puede alterar el desarrollo óseo cuando se produce durante la infancia, y ser responsable de anomalías óseas, determinando así desalineaciones axiales, rigidez articular⁽²⁹⁾ y cambios artrósicos en la edad adulta que se evidencian radiológicamente⁽³⁰⁾. Por ello, el pie plano constituye, según algunos autores, un factor de riesgo de causa o perpetuación de dolor⁽²⁷⁾.

La valoración del pie plano se realiza habitualmente en estática, pero por ello se muestra limitada para evaluar la patomecánica del pie y sus repercusiones en los segmentos superiores. Ya que el pie es una estructura fundamentalmente dinámica, sería necesaria una exploración en estas condiciones, pues las conclusiones obtenidas de las exploraciones estáticas y sus implicaciones terapéuticas pueden llevar a diagnósticos incorrectos y, por tanto, a tratamientos innecesarios o con un enfoque inadecuado⁽³¹⁾.

En este sentido, se han propuesto como instrumentos de valoración los sistemas baropodométricos⁽³²⁾, con la finalidad de analizar de forma objetiva la distribución de las presiones plantares y su evolución durante la marcha, lo que expresa el comportamiento músculo-esquelético⁽³³⁾. Estos sistemas pueden darnos la posibilidad de realizar un análisis comparado y objetivo de las presiones fisiológicas y patológicas⁽¹³⁾, con utilidad en la prevención y diagnóstico de lesiones y alteraciones funcionales del pie, sobre todo en las formas iniciales⁽³⁵⁾, en la elaboración de programas de reeducación y en el control de la efectividad de los mismos^(34,35). En lo que se refiere al empleo de estos sistemas para la evaluación del pie plano, autores como McKenzie, 1910, ya recomendaron el footprint, precursor de los sistemas actuales, para seguir el progreso de esta alteración⁽³⁶⁾. Además, la frecuencia de las alteraciones del equilibrio y las caídas que presentan estos niños hacen que las plataformas estabilométricas, que evalúan el control postural mediante el estudio del movimiento del centro de presiones⁽³⁷⁾, puedan resultar de utilidad en la valoración y en el tratamiento de las alteraciones globales⁽³⁸⁾. Sin embargo, a pesar del renovado interés por el desarrollo de la psicomotricidad en el niño, no se han encontrado referencias en la literatura sobre las alteraciones del pie infantil en relación con su repercusión en el desarrollo psicomotor (déficits de equilibrio, caídas, etc).

El objetivo del tratamiento del pie plano flexible infantil, es conseguir una reducción parcial o total de la deformidad, con una buena funcionalidad, lo que

habitualmente se realiza mediante un tratamiento ortopodológico y físico⁽²⁹⁾, integrado, personalizado y específico.

El diagnóstico y tratamiento precoz del pie plano debe realizarse preferentemente entre los 2 y los 6 años de edad, ya que el ALI se forma durante la primera década de la vida^(7,11,39) pero se observa su rápida progresión en este rango de edad⁽⁸⁾. Esta idea es ratificada por diversos autores como Viladot, que recomienda comenzar el tratamiento a los 2 ó 3 años de edad o Rose, que afirma que el tratamiento nunca debería iniciarse después de los 6 años⁽⁹⁾. La indicación del tratamiento ortopodológico en esta edad se considera en todos los niños con más de 8,3º (5+/3,3) de valgo de calcáneo⁽²⁾.

Las opciones terapéuticas consideradas en la actualidad son cirugía, ortopedia y Fisioterapia. El tratamiento quirúrgico está indicado en casos excepcionales, con pie plano valgo flexible y síntomas persistentes, invalidantes, y con gran repercusión sobre las actividades de la vida diaria^(9,40). En estos casos el tratamiento tiene como objetivo la disminución del dolor derivado de la hipermovilidad, a través de procedimientos que eliminan o restringen el movimiento de eversión de la articulación subtalar, alargan la columna externa o estabilizan la columna interna, con los riesgos adicionales que esto conlleva como el desarrollo de cambios degenerativos en la edad adulta⁽¹⁾.

Aunque está actualmente en discusión, tradicionalmente las plantillas, realces, soportes o calzado especial han constituido la piedra angular del tratamiento del pie plano flexible⁽⁹⁾, para intentar moldear el hueso y el cartílago del pie en desarrollo mediante la reducción de la pronación desde el talón al mediopié, colocando el pie en una posición fisiológica y antiálgica⁽¹⁾, manteniendo la armonía de las carillas articulares para una correcta osificación y la disminución del dolor⁽²⁵⁾.

Algunos estudios podobarográficos han mostrado que con el uso de órtesis plantares se produce una corrección del valgo del retropié y un levantamiento del ALI⁽¹⁾, normalizando así la distribución de la carga en el pie durante el apoyo^(10,30). Sin embargo, no se ha podido demostrar que estos soportes plantares por sí solos modifiquen una alteración estructural, aunque pueden ser de gran utilidad para la disminución de los síntomas⁽⁹⁾.

A partir de los años 80, otros autores, han cuestionado la eficacia del tratamiento ortopédico como método corrector del pie plano flexible^(1,9,10,41). Consideran que el pie plano en los niños disminuye con la edad^(7,11) y que el tratamiento con zapatos u órtesis plantares no altera el desarrollo del mismo, pero sí la velocidad en su formación^(25,42). A pesar de este planteamiento, aunque muchos individuos con disminución del ALI no necesitasen tratamiento, la severidad del valgo de talón puede justificar la necesidad del mismo⁽²⁾. Por último, otros estudios sugieren que el tratamiento con órtesis no presenta base científica y no sólo es inefectivo e innecesario⁽⁴³⁾, sino perjudicial, al ser un sostén pasivo que produce a largo plazo un debilitamiento de la musculatura⁽¹⁾.

En relación con este planteamiento, aunque la plantilla es una ayuda decisiva en el tratamiento del pie plano flexible, no puede faltar una recuperación del equilibrio muscular del pie, tanto intrínseco como extrínseco, ya que generalmente la debilidad de los pies es considerada como la exteriorización local de una debilidad global del cuerpo. La literatura refleja este concepto proponiendo como tratamiento inicial del pie plano flexible sintomático la modificación de la actividad física, las órtesis, y los estiramientos⁽⁴⁴⁾. No obstante, otros autores, como Basmajian y Stecko, no consideran útil el fortalecimiento de la musculatura del pie al no estimar el pie plano infantil como un producto de debilidad muscular⁽¹²⁾.

Aunque el papel sintomático de la Fisioterapia en las alteraciones funcionales del pie, se halla habitualmente más difundido que su papel correctivo o resolutivo⁽⁵⁾, el tratamiento fisioterápico puede ir encaminado a la reducción de la deformidad, a través de la actuación sobre aquellos grupos o cadenas musculares implicados en la lesión^(5,45), y la eliminación de la sintomatología mediante técnicas específicas⁽²⁹⁾. Asimismo la Fisioterapia, previa o conjuntamente a la aplicación de órtesis plantares, disminuye el dolor y aumenta la flexibilidad articular, mejorando así la eficacia de éstas⁽²⁹⁾.

La consideración de las cadenas musculares como responsables en la alteración^(46,47), viene motivada porque en la mayoría de los casos, de pie plano funcional no se relaciona con una debilidad muscular aislada, sino que son múltiples las alteraciones posturales o dinámicas que coexisten en su génesis, lo que da lugar a la aparición de una verdadera cadena lesional en el miembro inferior⁽⁵⁾. De este modo, una alteración en el pie va siempre acompañada de una anomalía o deformación de los segmentos superiores; es la causa (proceso ascendente) o la víctima (proceso descendente)⁽⁴⁸⁾. Por tanto, no podemos abordar el pie y su patología de forma aislada, sino como una parte integrante del miembro inferior y órgano clave de la estática y la dinámica corporal⁽⁵⁾.

La interdependencia entre la estructura y la función de los distintos segmentos corporales, justifica un método global de tratamiento que permita el equilibrio de las tensiones entre los diferentes músculos que estructuran las cadenas musculares y articulares, restaurando la movilidad articular y reprogramando la función motora con un trabajo de equilibración, de reaprendizaje y automatización del gesto justo^(46,47).

Al igual que el tratamiento ortopédico, la intervención fisioterápica puede resultar decisiva en la primera década de la vida para evitar que se estructure la deformidad en el pie y se desarrollen alteraciones compensatorias en otros segmentos corporales⁽⁴⁶⁾. El reequilibrio de la musculatura intrínseca y extrínseca favorecerá la función estabilizadora del pie en la estática y su activación dinámica⁽⁵⁾, contrarrestando de este modo la inestabilidad que resulta de la posible laxitud articular. Además, es importante la actuación en una etapa de rápida evolución neuromadurativa, en la que la adquisición de los aprendizajes se realiza de manera rápida y eficaz^(49,50).

Esta intervención fisioterápica puede también tener resultados favorecedores en el desarrollo psicomotor del niño, pues no se debe obviar la implicación que supone una alteración en el pie sobre la postura, el equilibrio y la marcha⁽⁴⁶⁾, funciones necesarias para la relación con el entorno precisa para la evolución del niño en los ámbitos sensorio-motores, cognitivos y afectivos⁽⁴⁹⁾.

Nuestro objetivo es demostrar sobre el pie plano valgo flexible infantil la efectividad del tratamiento de fisioterapia global, que parte de estos principios, orientado a un reequilibrio muscular global y a una reeducación de la postura, del equilibrio y de la marcha, que logre como resultado un mejor desarrollo psicomotor del niño.

BIBLIOGRAFÍA

1. Staheli LT. Planovalgus foot deformity. JAPMA. 1999; 89(2): 94-99.
2. Kanatli U, Gözil R, Besli K, Yetkin H, Bölükbasi S. The relationship between the hindfoot angle and the medial longitudinal arch of the foot. Foot ankle Int. 2006; 27(8): 623-627.
3. Ledoux WR, Hillstrom HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. Gait Posture. 2002; 15: 1-9.
4. Rose GK, Welton EA, Marshall T. The diagnosis of the flat foot in the child. J Bone Joint Surg. 1985. 67-B: 71-78.
5. Barcia Seoane M, Raposo Vidal I, López López L, Patiño Núñez S. Abordaje fisioterapéutico del pie plano funcional. Salud del pie. 2002; 27: 6-10.
6. Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, Kravitz SR, Mendelson SA, Mendicino RW, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. J Foot Ankle Surg. 2004; 43(6): 341-373.
7. Sullivan JA. Pediatric flatfoot: Evaluation and management. J Am Acad Orthop Surg. 1999; 7: 44-53.
8. Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. J Pediatr Orthop. 1994; 14: 83-85.
9. Fixsen JA. Problem feet in children. J R Soc Med. 1998; 91: 18-22.
10. Baar AZ, Ibáñez AL, Gana NA. Pie plano flexible: ¿Qué y por qué tratar? Rev Chil Pediatr. 2006. 77(4): 350-354.

11. Ozlem EI, Akcali O, Kosay C, Kaner B, Arslan Y, Sagol E, et al. Flexible flatfoot and related factors in primary school children: a report of a screening study. *Rheumatol Int.* 2006; 26: 1050-1053.
12. Basmajian JV, Stecko G. The role of muscles in arch support of the foot: An electromyographic study. *J Bone joint Surg Am.* 1963; 45: 1184-1190.
13. Razeghi M, Batt ME. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture.* 2002; 15: 282-291.
14. Ferber KR, Davis IM, Williams Ds, 3rd. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clinical Biomechanics.* 2003; 18: 350-357.
15. Ford KR, Myer GD, Hewett, TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35: 1745-1750.
16. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech.* 2001; 16: 438-445.
17. Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J. The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(5): 367-372.
18. Baar AZ, Ibáñez AL, Gana NA. Pie plano flexible: ¿Qué y por qué tratar? *Rev Chil Pediatr.* 2006. 77(4): 350-354.
19. Rodríguez AG, Jiménez FM, Varo MC, García EG, Aracena JG, Crehuet JF. Flexible flat feet in children: a real problem? *Pediatrics.* 1999; 103(6): 84.
20. Igbigbi PS, Msamati BC. The footprint ratio as a predictor of pes planus: A study of Indigenous Malawians. *J Foot Ankle Surg.* 2002; 41(6): 394-397.
21. Mosca VS. Flexible flatfoot and skewfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 1995; 77: 1937-1945.
22. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics.* 2006; 118: 634-639.
23. Echarri JJ, Forriol F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthop B.* 2003; 12: 141-146.
24. Smith MA. Flat feet in children. *Br Med J.* 1990; 301-1331.

25. Lin C-J, Lai K-A, Kuan T-S, Chou Y-L. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *J Pediatr Orthop.* 2001; 21: 378-382.
26. Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J. The effect of gender, age and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(5): 367-372.
27. Larsen K, Weidich F, Leboeuf-Y de C. Can custom-made biomechanic shoe orthoses prevent problems in the back and lower extremities? A randomized, controlled intervention trial of 146 military conscript. *J Manipulative Physiol Ther.* 2002; 25:326-331.
28. Brantingham JW, Adams KJ, Cooley JR, Globe D, Globe G. A single-blind pilot study to determine risk and association between navicular drop, calcaneal eversion, and low back pain. *J Manipulative Physiol Ther.* 2007; 30(5): 380-385.
29. Domínguez Maldonado G, Lafuente Sotillos G, Ramos Ortega J, Castillo López JM, Munuera Martínez PV. Tratamiento físico y ortopodológico en pie plano rígido. *El Peu.* 2002; 22(4): 200-204.
30. Kuhn DR, Shibley NJ, Austin WM, Yochum TR. Radiographic evaluation of weight-bearing orthotics and their affect on flexible pes planus. *J Manipulative Physiol Ther.* 1999; 22(4): 221-226.
31. Coll MD, Pasarin A. Estudio baropodométrico de los valores de normalidad en la marcha del niño. *MAPFRE Med.* 1994; 5(1): 19-23.
32. De Cock A, Willems T, Witvrouw E, Vanrenterghem J, De Clercq D. A functional foot type classification with cluster analysis based on plantar pressure distribution during jogging. *Gait Posture.* 2006; 23: 339-347.
33. Han TR, Paik NJ, Im M. Quantification of the path of center of pressure (COP) using an F-scan in-shoe transducer. *Gait Posture.* 1999; 10: 248-254.
34. Gurney JK, Kersting UG, Rosenbaum D. Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait & Posture.* 2007 June 11. [Epub ahead of print].
35. Comín M, Villarroya A, Pérez J, Nerín S, Marco C. Análisis de las presiones plantares. *Técnicas y aplicaciones. Med Rehabíl.* 1999; XII(3): 22-30.
36. Wearing SC, Hills AP, Byrne NM, Hennig EM, McDonald M. The arch index: a measure of flat or fat feet? *Foot Ankle Int.* 2004 Aug;25(8):575-81.
37. Nolan S, Casey D. Postural control: toe-standing versus heel-toe standing. *Gait*

Posture. 2004; 19: 11-25.

38. Peydro M, Baydal J, Vivas M. Evaluación y rehabilitación del equilibrio mediante posturografía. *Rehábil (Madr)*. 2005; 39(6): 315-323.
39. Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop*. 1994; 14: 83-85.
40. Labovitz JM. The algorithmic approach to pediatric flexible pes planovalgus. *Clin Podiatr Med Surg*. 2006; 23: 57-76.
41. Gould N, Moreland M, Álvarez R, Trevino S, Fenwick J. Development of the child's arch. *Foot Ankle*. 1989; 9(5): 241-245.
42. Wenger DR, Mauldin D, Speck G, Morgan D, Lieber RL. Corrective shoes and inserts as treatment for flexible flatfoot in infants and children. *J Bone Joint Surg Am*. 1989; 71: 800-810.
43. Driano A, Staheli L, Staheli L. Psychosocial development and corrective footwear use in childhood. *J Pediatr Orthop*. 1998; 18: 346.
44. Capello T, Song KM. Determining treatment of flatfeet in children. *Curr Opin Pediatr*. 1998; 10: 77-81.
45. Denys-Struyf G. *El manual del mézièrista*. Tomo I. Barcelona: Paidotribo; 1998.
46. Campignon P. *Cadenas musculares y articulares G.D.S. Las cadenas antero-laterales*. Alicante: Lencina-Verdú Editores independientes; 2004.
47. Campignon P. *Cadenas musculares y articulares G.D.S. Las cadenas postero-laterales*. Alicante: Lencina-Verdú Editores independientes; 2007.
48. Bienfait M. *La reeducación postural por medio de las terapias manuales*. Barcelona: Paidotribo; 1995.
49. Portellano JA, Mateos R, Martínez R, Tapia A, Granados MJ. *Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN)*. Madrid: TEA Ediciones 2000.
50. Guerrero MK. Adaptación del Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil - CUMANIN en una población urbana de Lima. *Dispersión*. 2006;III(8):1-14.

HIPÓTESIS

El tratamiento del pie plano valgo flexible infantil mediante la combinación de un abordaje fisioterápico global (Cadenas musculares y articulares; método G.D.S.) con órtesis plantares, es más efectivo que el tratamiento ortopédico aislado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Valorar la efectividad del tratamiento fisioterápico precoz en niños de entre tres y cinco años con pie plano valgo flexible, combinando un método biomecánico global (Cadenas musculares y articulares; método G.D.S) con el uso de órtesis plantares sobre la biomecánica, la postura, el equilibrio y la marcha.

Objetivos específicos

- Valorar los cambios biomecánicos en el pie a través de las mediciones clínicas goniométricas.
- Evaluar el efecto producido sobre la función del pie durante la marcha mediante el análisis instrumental con sistema Footscan® Gait Clinical System.
- Determinar el efecto producido sobre la postura y el equilibrio mediante el análisis instrumental con plataforma BT⁽⁴⁾ de HUR Labs.
- Establecer los cambios en el desarrollo psicomotor con el Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN).
- Valorar la permanencia de los cambios biomecánicos, funcionales y psicomotores a los 3 y a los 9 meses del final del tratamiento.

METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Tipo de investigación

Ensayo clínico controlado con evaluación ciega de las variables de respuesta o dependientes, en el que se pretende comparar dos grupos de niños con pie plano valgo flexible (un grupo de pacientes será tratado con órtesis plantares, tratamiento habitual en la actualidad, y el otro grupo, mediante la combinación de órtesis plantares y tratamiento fisioterápico global, método G.D.S).

El estudio se llevará a cabo bajo la previa aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica según la normativa sobre ensayos clínicos recogida en el Real Decreto 223/2004 del 6 de febrero.

Población diana

Niños de entre 3 y 5 años que acudan al Servicio de Patología y Ortopedia de la Clínica Universitaria de Podología de la Universidad Complutense de Madrid, sean diagnosticados de pie plano valgo flexible infantil y que cumplan los criterios de inclusión sin presentar ningún criterio de exclusión.

Muestra

Dada la gran variabilidad que se ha encontrado en la literatura consultada sobre el valor del índice del arco (variable principal) en este grupo de edad, se realizará inicialmente un estudio piloto en el que se incluirán 12 niños por grupo, con el fin de hallar su desviación estándar y poder estimar así el tamaño muestral necesario para el estudio definitivo.

Los pacientes serán divididos en dos grupos mediante aleatorización simple.

Criterios de inclusión

- Niños diagnosticados de pie plano valgo infantil flexible bilateral.
- Pacientes de ambos sexos. Niños con edades comprendidas entre los 3 y los 5 años.
- Aceptación a participar en el estudio mediante la firma previa del consentimiento informado por parte del padre, madre o tutor.
- Capacidad del paciente para acudir a la consulta según las estipulaciones y la duración del estudio.

Criterios de exclusión

- Pacientes diagnosticados de pie plano rígido por astrágalo vertical congénito, coalición del tarso, peroneos espásticos, o rigidez postraumática o iatrogénica.
- Pacientes con pie plano valgo secundario a una lesión neurológica.
- Pacientes con pie plano valgo secundario a un síndrome genético.
- Pacientes que presenten pie plano valgo secundario a una alteración del colágeno.
- Pacientes con antecedentes quirúrgicos y/o infecciosos del miembro inferior.
- Pacientes que hayan recibido o estén recibiendo tratamiento por la misma alteración.
- Enfermedades que impidan la adecuada comprensión por parte del paciente de las indicaciones del fisioterapeuta o que por cualquier otra circunstancia asociada a su salud, desaconsejen su inclusión.

Variables

- **Variables independientes**

Variables descriptivas:

Edad. Medida en meses (cuantitativa continua).

Sexo. Mujer/Hombre (cualitativa dicotómica).

Altura. Medida en centímetros (cuantitativa continua).

Peso. Medido en kilogramos (cuantitativa continua).

Índice de masa corporal (IMC). Adimensional (cuantitativa continua).

Las mediciones de altura y peso, se realizarán de acuerdo con los protocolos estandarizados, utilizando una balanza bien calibrada con una precisión de $\pm 100\text{gr}$, y un tallímetro con una precisión de $\pm 1\text{mm}^{(1)}$.

Aplicación del tratamiento fisioterápico mediante Método G.D.S.^(2,3) (cualitativa dicotómica, sí/no): Se llevará a cabo un tratamiento fisioterápico global e individualizado, mediante el reequilibrio de las cadenas musculares y articulares, Método G.D.S. En un primer paso, se emprenderá un trabajo de equilibración de tensiones entre los diferentes músculos que estructuran las cadenas articulares. Y en un segundo tiempo, trataremos de reprogramar la función con un trabajo especialmente psicomotor, de reaprendizaje y de automatización del gesto justo.

Fecha en que se registran las variables anteriores (cuantitativa categórica, número de valoración).

- **Variables dependientes**

- ✓ **Medidas clínicas goniométricas** (cuantitativas continuas)⁽⁴⁻⁸⁾. Se usará el goniómetro, instrumento de medición con forma de semicírculo o círculo graduado en 360°, utilizado para medir ángulos articulares, para realizar 3 mediciones, cuya media será la variable empleada para el análisis.

Posición relajada de calcáneo en carga. Se mide el ángulo entre la bisectriz del calcáneo y la perpendicular a la superficie de apoyo⁽⁹⁾, cuando el paciente se halla en bipedestación relajada, alineando el brazo proximal del goniómetro con la bisectriz del calcáneo y quedando el brazo distal paralelo al suelo⁽¹⁰⁾.

Ángulo del tercio distal de la tibia. Es el ángulo entre la bisectriz del tercio distal de la tibia y la perpendicular a la superficie de apoyo. Para su medición, se dibuja una línea recta a lo largo del tendón de Aquiles desde la unión miotendinosa hasta su inserción, con el paciente en descarga, y la

articulación subtalar neutra. A continuación, se le pide al paciente que dé unos pasos, y se sitúe en bipedestación relajada, de espaldas al examinador, para realizar la medición con el brazo proximal del goniómetro alineado con la línea media posterior de la pierna, y el brazo distal paralelo al suelo⁽¹¹⁾.

Test de Navicular Drop. Valora la excursión del escafoides en el plano sagital durante la carga^(12,13), para lo cual se marca la tuberosidad del escafoides y se registra la diferencia entre su altura; primero, con el pie en el suelo pero en descarga parcial, mientras el explorador mantiene la articulación subtalar neutra y, posteriormente, durante el apoyo relajado, con la totalidad del peso distribuido entre ambos pies.

- ✓ **Variables biomecánicas del análisis instrumental de la marcha** con el sistema Footscan® Gait Clinical System (cuantitativas continuas): El sistema Footscan® es un sistema baropodométrico, que permite analizar cómo se reparten las presiones en las plantas de los pies del niño. Consiste en una plataforma de presiones de 200 cm. x 40 cm. con 16.384 sensores, velocidad de medición de 500 Hz y un software que contiene una base de datos y ofrece la posibilidad de hacer mediciones estáticas y dinámicas con análisis multipaso⁽¹⁴⁾.

El protocolo de valoración es un test estático y dinámico, en el cual se le pide al niño que, tras caminar libremente durante 1 minuto, lo haga sobre una plataforma previamente calibrada y situada en una pista de marcha de 3 metros, descalzo^(15,16), de forma que se capten un mínimo de 3 huellas⁽¹⁷⁾ del pie de apoyo (pierna no dominante)⁽¹⁸⁾. El sistema calcula de forma automática las variables a valorar (cuantitativas continuas):

Desplazamiento del centro de presiones en el eje de las X durante la fase media del apoyo monopodal. Oscilación del centro de presión en bipedestación alrededor de la posición de equilibrio.

Índice del arco (%). Definido como la proporción del área del tercio medio de la huella con respecto al área del retropié⁽¹⁹⁾. El aumento del índice de arco indica un arco lateral interno disminuido.

Ángulo del arco lateral interno. Ángulo formado entre la línea tangente al borde medial de la huella y la línea entre el punto más medial del metatarso y el punto donde el segmento interno del ALI contacta con el perfil del arco del metatarso⁽²⁰⁾.

Ángulo de Fick (°). Ángulo de paso entre la línea media del pie y la dirección de progresión. Mide unos 15° y su valor es mayor cuando existen problemas de estabilidad⁽²¹⁾.

- ✓ **Variables del análisis instrumental de la postura y el equilibrio** con plataforma BT4 de HUR Labs (cuantitativas continuas): La plataforma BT⁽⁴⁾ de HUR Labs permite evaluar objetivamente el control postural mediante el estudio del movimiento del centro de presiones⁽²²⁾, ya que se manifiesta peor control postural y equilibrio en los niños con mayor movimiento de éste. Es un equipo portátil con un potente software, 4 sensores, un módulo de adquisición de datos de 16 bits de alta precisión y un convertidor de señal de analógico a digital por cada canal para evitar interferencias⁽²³⁾. La valoración se realiza con el paciente descalzo sobre la plataforma, con los talones juntos, las puntas de los pies formando un ángulo de 30º y los brazos extendidos y pegados al tronco⁽²²⁾. Se le pide que mantenga el equilibrio durante 30 segundos.

Las variables que se analizarán (cuantitativas continuas) son calculadas por el sistema de forma automática:

Longitud del trazo del posturógrafo (mm). Suma de las longitudes de los segmentos que conectan todos los puntos a los que se mueve el centro de gravedad. Dichos puntos se recogen a la velocidad de 5 muestras/seg.

Elipse de confianza (cm²). Es la elipse más pequeña posible que contiene el 90% de los puntos marcados como centro de presiones además del área máxima generada por dichos puntos.

Área del C90 (cm²). Es el área de la elipse que contiene el 90% de los puntos de equilibrio.

- ✓ **Cociente de Desarrollo del Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN, cuantitativa continua).** El Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil CUMANIN, es una prueba de madurez neuropsicológica específicamente diseñada para los niños entre 36 y 78 meses. Permite evaluar el grado de madurez neuropsicológica alcanzada por el niño, así como la presencia de signos neurológicos menores. Sus 8 escalas principales son: Psicomotricidad, Lenguaje articulatorio, Lenguaje comprensivo, Lenguaje expresivo, Estructuración espacial, Visopercepción, Memoria y Ritmo⁽²⁴⁾.

El cociente de desarrollo (CD, variable cuantitativa, adimensional) se obtiene a partir de la puntuación de las 8 escalas principales, que se interpreta en centiles para obtener un índice de desarrollo global.

Métodos de recogida de información

Los datos personales de cada paciente y los relativos a las sucesivas entrevistas y valoraciones, serán recogidos en un formulario, por un miembro del equipo de

investigación diferente al asignado para el tratamiento, que desconocerá el grupo de tratamiento al que pertenece el paciente. El número de historia de cada paciente se codificará según una tabla de equivalencias alfanuméricas.

Métodos estadísticos

A través del programa estadístico SPSS v.15.0, se llevará a cabo el análisis de las variables. El primer paso será poner de manifiesto las características y regularidades del conjunto de los datos a través de la estadística descriptiva. Para las variables cualitativas se estudiará la distribución de frecuencias y para las cuantitativas, se estudiará la media como medida de posición, y la desviación típica como medida de dispersión.

Para estudiar las diferencias entre las variables en el estudio piloto, se utilizarán pruebas no paramétricas debido al pequeño tamaño muestral; el método de la Chi-cuadrado para las variables cualitativas y test de Wilcoxon Mann Whitney, para comparar las medias de las variables cuantitativas. Una vez estimado el tamaño muestral del estudio definitivo, si la distribución de las variables es normal, se utilizará la t de Student para el estudio de las variables cuantitativas. Para todos estos tests se asumen diferencias significativas para valores de $p < 0.05$, considerando un intervalo de confianza del 95%.

Plan de trabajo y cronograma

- **1ª fase**

Valoración e inclusión del paciente en el proyecto y recogida de los datos personales y clínicos

Los niños serán derivados del Servicio de Patología y Ortopedia de la Clínica Universitaria de Podología de la Universidad Complutense de Madrid. En la primera visita se realizará una entrevista con los padres donde se les explicarán las alteraciones biomecánicas que presenta su hijo, las distintas opciones terapéuticas y las posibles consecuencias de la ausencia de tratamiento. Se detallarán los objetivos y las características del estudio y se les entregará la información por escrito y el consentimiento informado. Adicionalmente, se les indicará la confidencialidad de sus datos de acuerdo a la Ley orgánica 15/99 del 13 de Diciembre de Protección de datos de carácter personal (LOPD). Los casos que rechacen participar y sus razones serán registrados en un diario de rechazos.

En el caso de haber aceptado la participación en el estudio, se procederá a la valoración biomecánica (física e instrumental) y neuromadurativa, y a la asignación aleatoria del paciente al grupo de tratamiento correspondiente.

- **2ª fase: Tratamiento de fisioterapia**

El tratamiento fisioterápico se realizará durante 3 meses, con una periodicidad de 2 veces/semana, el primer mes; 1 vez/semana el segundo mes; y 1 vez/2 semanas el último mes, con un total de 14 sesiones.

En esta fase se llevarán a cabo 3 evaluaciones, la inicial con valoración biomecánica y neuromadurativa, y las sucesivas al finalizar el 1^{er} y el 2^o mes, con sólo la valoración biomecánica a través del análisis físico e instrumental. Tras el período tratamiento, al final del 3^{er} mes se incluirá, además, una reevaluación neuromadurativa, con el test de Desarrollo Neuromadurativo CUMANIN y una entrevista con los padres para evaluar aquellos aspectos sintomatológicos, motrices, comportamentales, etc. que se consideren relevantes, además de resolver sus dudas, indicar la derivación a otro profesional si se considera pertinente, valorar su satisfacción con la evolución de su hijo, etc.

- **3ª fase: Reevaluación de resultados**

A los 3 meses y a los 9 del final del tratamiento, se procederá a la reevaluación del niño mediante la exploración física, instrumental y neuromadurativa. Asimismo, se llevará a cabo una nueva entrevista con los padres.

Cuestiones éticas

Al tratarse de un estudio experimental con niños, cobra máxima importancia la información detallada a los padres, en todas las fases del estudio, máxime en estas alteraciones en las que está discutida tanto la aplicación del tratamiento como la efectividad del mismo. Por ello, los investigadores se mostrarán dispuestos a resolver cualquier duda o preocupación que resulte importante para los padres, al igual que a considerar la derivación o consulta a otros profesionales en caso de ser necesario, con el informe pertinente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Serra Majem L, Aranceta Bartrina J, directores. Crecimiento y desarrollo. Estudio enKid. Krece Plus. Barcelona: Masson 2003.
2. Campignon P. Cadenas musculares y articulares G.D.S. Las cadenas antero-laterales. Alicante: Lencina-Verdú Editores independientes; 2004.
3. Campignon P. Cadenas musculares y articulares G.D.S. Las cadenas postero-laterales. Alicante: Lencina-Verdú Editores independientes; 2007.

4. Boone D. Reliability of goniometrical measurements. *Phys Ther.* 1978;58:1355-60.
5. Bovens A. Variability and reliability of joint measurements. *Am J Sport Med.* 1990;18:58-63.
6. Jonson S, Gross M. Intraexaminer reliability, interexaminer reliability, and mean values for nine lower extremity skeletal measures in healthy naval midshipmen. *J Orthop Sport Phys Ther.* 1997;25:253-63.
7. Elveru R, Rothstein J, Lamb R. Goniometric reliability in a clinical settings. *Phys Ther.* 1988; 68: 672-677.
8. Sell K, Verity TM, Worrel TW, Pease BJ, Wigglesworth J. Two measurement techniques for assessing subtalar joint position: a reliability study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994; 19(3): 162-167.
9. Jonson SR, Gross MT. Intraexaminer reliability, interexaminer reliability, and mean values for nine lower extremity skeletal measures in healthy naval midshipmen. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997; 25(4): 253-263.
10. Sobel E, Levitz S, Caselli M, Brentnall Z, Tran MQ. Natural history of the rearfoot angle: preliminary values in 150 children. *Foot Ankle Int.* 1999; 29: 119-125.
11. McPoil TG, Cornwall MW. Relationship between three static angles of the rearfoot and the pattern of rearfoot motion during walking. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996; 23: 370-375.
12. Brody DM. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am.* 1982; 13(3): 541-558.
13. Gross MT. Lower quarter screening for skeletal malalignment suggestions for orthotics and footwear. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995; 21(6): 389-405.
14. Rsscan_International. Productos Footscan 2008 [catálogo en Internet]. [cited 18-3-2008]; Disponible en: <http://www.rsscan.com/>
15. Bosch K, Gerss J, Rosenbaum D. Preliminary normative values for foot loading parameters of the developing child. *Gait Posture.* 2007;26:238-247.
16. Rsscan_International. Footscan® 7.x Gait interface, Manual de Instalación. Belgium: Rsscan International; 2005.
17. Gurney JK, Kersting UG, Rosenbaum D. Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait &*

Posture. 2007 June 11. [Epub ahead of print].

18. Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J. The effect of gender, age and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(5): 367-372.
19. Staheli L, Chew D, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(3):426-8.
20. Razeghi M, Batt ME. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture.* 2002; 15: 282-291.
21. Chang W, Hsu C, Won C. The impact of foot progression angle on foot pressure measurement in normal children. *Gait Posture.* 2006; 24S: S225-227.
22. Peydro M, Baydal J, Vivas M. Evaluación y rehabilitación del equilibrio mediante posturografía. *Rehabilitacion (Madr).* 2005;39(6):315-323.
23. Sanro_Electromedicina. Plataforma de Equilibrio BT4 HUR Labs, Ficha Técnica. 2008 [cited 1-42008]. Disponible en:
<http://www.sanro.com/02Productos/02productos.asp>
24. Portellano J, Mateos R, Valle M, Arizcun J, Martínez R. Trastornos neuropsicológicos en niños de muy bajo peso al nacer en edad preescolar. *Act Ped Esp.* 1997; 55: 375-379.

Recibido: 11 noviembre 2009.

Aceptado: 3 enero 2010.