

Efectividad de la Fisioterapia mediante Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo en los niños con marcha de puntillas idiopática

Patricia Martín Casas

E. U. de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid.
Ciudad Universitaria. 28040. Madrid
patriciamcasas@yahoo.es

Tutora

M^a Ángeles Atín Arratibel

Departamento de Medicina Física y Rehabilitación. Facultad de Medicina.
Universidad Complutense. Avda. Complutense s/n. 28040. Madrid
matin@enf.ucm.es

Resumen: Los “andadores de puntillas” (ITW) son los niños que habitualmente caminan sin apoyar el talón, después de los 2 años, pero que son capaces de hacerlo voluntariamente. Se hipotetiza que la retracción del tríceps es la consecuencia de un patrón de marcha alterado, en asociación con otros problemas del desarrollo. Los tratamientos locales, quirúrgicos y conservadores, no logran evitar las recidivas y otras alteraciones relacionadas. Se propone una intervención fisioterápica global mediante un método de reeducación, el Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo (ETC) para conseguir una mejora sensoriomotriz y de la marcha. **Objetivo.** Valorar la efectividad del tratamiento fisioterápico precoz mediante ETC en los ITW entre los 3 y los 5 años, comparados con el grupo control. **Tipo de investigación:** Ensayo clínico controlado con evaluación ciega de las variables de respuesta, en el que se comparan dos grupos de ITW, un grupo tratado con ETC y otro grupo en observación. 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 marcha de puntillas idiopática 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.

Palabras clave: Marcha-Trastornos en niños. Fisioterapia para niños.

Abstract: Idiopathic toe-walkers (ITW) are children who persistently walk on their toes, but are able to have a normal heel-toe gait when cued, after the age of 2. Some studies suggest that the retraction of the triceps is the consequence of an altered gait pattern, in association with another neurodevelopmental delays. The local treatments, surgical and conservative ones, are inefficient to prevent relapses and associated

difficulties. A global Physiotherapy intervention is proposed by means of a re-education method, Cognitive Therapeutic Exercise (ETC), to achieve an improvement in perception, movement and gait. Objective: To evaluate the efficacy of early global Physiotherapy treatment for ITW between 3 and 5 years of age, in comparison with a control group. Study design: Controlled clinical trial, with blind evaluation of the response variables in two groups of ITW, a group treated with ETC and another group under observation (control one). Initially a pilot study will be realized with two groups of 12 children, randomised. Target population are children from 3 to 5 years of age with idiopathic toe-walking, from the Physiotherapy Unit in UCM Podiatric Clinic. Methods. To evaluate the treatment efficacy, there will be in use clinical goniometrical measures, instrumental posture, balance and gait analysis and also the *Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil CUMANIN* Development Quotient will be checked. Results permanence will be evaluated with 3 and 9 months revisions after the end of the treatment.

Key words: Progress disorders in children. Physical therapy for children.

INTRODUCCIÓN

Los niños denominados “andadores de puntillas” (ITW) son aquellos que habitualmente caminan sin apoyar el talón, sino que contactan con el suelo con la punta del pie o con toda la planta, pero que son capaces de apoyar el talón cuándo se les indica⁽¹⁾ o cuando se concentran en su marcha.⁽²⁾ Normalmente estos niños pueden estar en bipedestación con los dos pies completamente apoyados cuando no están caminando.⁽³⁾ La marcha de puntillas parece ser un patrón de marcha modificable voluntariamente,⁽⁴⁾ incluso cuando se es adulto, siempre que no haya una retracción importante,⁽⁵⁾ pero que se dispara con la influencia de factores emocionales⁽⁶⁾ y con el aumento de la velocidad.⁽⁷⁾

La primera definición de esta alteración se centró en la retracción, posiblemente congénita, de la musculatura gastrosólea,⁽⁸⁾ pero no es frecuente encontrar contractura o retracción aquilea al nacimiento^(3,9). Además, los ITW frecuentemente tienen sólo una ligera limitación en la flexión dorsal^(4,10,11) y el rango de dorsiflexión pasiva excede la cantidad que usan durante la deambulación^(12,13). Varios estudios hipotetizan que la retracción no es una entidad o causa en sí misma sino una consecuencia de un patrón de marcha alterado desde el inicio⁽¹²⁻¹⁸⁾, tras la observación de niños que caminan de puntillas sin tener ninguna retracción o ser ésta ligera^(3,5,10,19,20) y también de otros que vuelven a caminar con las puntas de los pies a pesar de haber recibido tratamiento ortopédico o quirúrgico y haber obtenido una movilidad normal de tobillo^(5,6,17,21,22). Se ha encontrado una moderada relación negativa entre la edad y los grados de dorsiflexión sin tratamiento⁽¹⁰⁾, lo que avala esta hipótesis.

Considerando estos hallazgos, algunos autores se preguntan si la marcha de puntillas es un simple acontecimiento no lesivo⁽⁵⁾, un problema del desarrollo^(10,13,23) o una alteración neurológica o neuromuscular subclínica^(3,14).

No hemos encontrado ningún dato sobre la prevalencia de la marcha de puntillas

en nuestro país, pero en E.E.U.U. se estima en un 19% de la población infantil preescolar (2-6 años) que se evalúa en las consultas rutinarias de pediatría de un ambulatorio⁽²³⁾. La prevalencia podría ser aún mayor ya que el niño, debido a la marcha de puntillas prolongada, realiza compensaciones que pueden originar que ésta sea poco evidente (efecto iceberg)^(5,20). Es más frecuente en niños que en niñas, en una proporción que oscila entre el 50 y el 80%^(3,6,8,10-12,16-19,21,24-26). Se requiere un trabajo epidemiológico para valorar la verdadera incidencia y para revisar la historia natural de los que no son tratados^(3,21).

La adaptación del niño a un patrón de movimiento anómalo⁽¹⁵⁾ produce alteraciones ortopédicas en pies y miembros inferiores, que llegan a limitar la movilidad de las caderas y la pelvis^(6,14,20,25). Son frecuentes las caídas por la inestabilidad y el pobre equilibrio^(3,15), ya que la marcha de puntillas impide la normal configuración en trípode del pie, las limitaciones en la movilidad, los problemas con el calzado, el dolor y los calambres musculares nocturnos^(3,11,14,22). Asimismo, el dolor, la falta de equilibrio y el déficit de la movilidad afectan al desarrollo global del niño⁽¹⁴⁾, lo que puede condicionar el retraso en otros ámbitos de su vida (afectivos, sociales, etc.) en una etapa de importante evolución psicomotora^(22,27).

Se ha considerado normal que un niño camine de puntillas durante los 2-3 primeros meses tras el inicio de la marcha^(3,7,16,28-30), pero la aceptación de este patrón en las etapas precoces de la deambulación permanece dudosa^(7,31) y podría explicarse con un contacto inicial por el antepié seguido de un apoyo de talón (toe-heel pattern)^(7,28,30,32), en relación con la velocidad de la marcha^(7,28). Se comienza a considerar anormal a partir de los 2 años^(3,5,15,21,30) y, en todos los casos, después de los 3 años⁽²²⁾, cuando el niño habrá de ser evaluado cuidadosamente, pues a esta edad ya debería producirse la marcha madura por haber alcanzado el desarrollo necesario a nivel neurológico y biomecánico⁽³³⁾ y psicológico y ambiental⁽²⁸⁾. El retraso o ausencia del choque de talón puede deberse a problemas biomecánicos, neurológicos o combinados^(22,28).

Hay estudios que sostienen que en algunos casos la marcha de puntillas es una condición autolimitada con mejoría en la adultez^(14,22), debido a las compensaciones realizadas^(6,11,17,20), pero las asociaciones con otra patología del desarrollo han sido reflejadas en diversos trabajos y debe haber sospecha de una etiología neuromuscular o neurológica subyacente^(14,17,20,22,24,29,34-38).

Se ha referido una relación entre la marcha de puntillas y variados factores de riesgo durante la gestación, el parto y el período perinatal^(3,10), el retraso o las alteraciones en otros hitos del desarrollo psicomotor^(10,18), cognitivos^(23,26) y emotivos-comportamentales^(10,25,38). Esta relación, junto con la historia familiar positiva en alrededor de un 40% de los casos^(3,8,9,11,12,17,18,21) y hasta en un 70%⁽²⁴⁾, sugiere un origen común en el Sistema Nervioso Central (SNC) en el que se combinan factores genéticos y externos⁽¹⁸⁾, más allá de la repercusión puramente mecánica de la alteración. Se ha encontrado una importante proporción de niños prematuros^(3,8,10,16,23,25) y con disfunción vestibular^(34,36) que caminan de puntillas, además de algunas similitudes entre los patrones de actividad muscular y marcha

entre los ITW y los niños con parálisis cerebral mínima, aunque sin resultados concluyentes^(6,19,20,35,39-41).

El patrón de marcha que muestran estos niños tiene características propias, por lo que se ha propuesto definir la marcha de puntillas como síndrome, en cuanto a que expresa un retardo de la adquisición y la maduración neuromotriz que se perpetúa de hecho con una retracción secundaria del tríceps sural⁽²⁵⁾.

En esta línea, se considera siempre la marcha de puntillas bilateral como un diagnóstico de exclusión de patologías neurológicas y ortopédicas, descartables mediante la exploración neurológica y ortopédica convencional^(3,5,8,10,13,14,21). Se utiliza el término “marcha de puntillas idiopática” sólo cuando los otros diagnósticos han sido excluidos y se trata de un patrón simétrico y desde el inicio de la marcha^(3,5,10,13,14,22).

Se especula con la posibilidad de que la marcha de puntillas sea una expresión motora de una disfunción cerebral mínima^(5,10,14,18,24), término utilizado por primera vez por Strauss en 1940 para referirse a niños y niñas con inteligencia en torno a la media o superior y con ciertas dificultades de aprendizaje y conducta asociadas a disfunción del SNC: trastornos de la percepción, conceptualización, lenguaje, memoria, atención, control de los impulsos y función motora⁽⁴²⁾. Algunos estudios han relacionado esta marcha con alteraciones del desarrollo motor^(10,18), del aprendizaje^(24,37), visuoperceptivas y del lenguaje^(10,23,26) y disfunciones sensoriales, auditivas y/o gestuales^(10,25,36,38). Se identifica así la marcha de puntillas como un marcador que señala la necesidad de una valoración exhaustiva de los problemas del desarrollo, pues su asociación con retrasos en el desarrollo de varias áreas sugiere que puede ser sólo otra manifestación de una alteración más global del neurodesarrollo^(10,13,25).

Por ello ha de evaluarse no sólo la biomecánica del pie y el tobillo, sino la motricidad y el resto de funciones superiores desde un punto de vista cualitativo y no cuantitativo⁽⁵⁾, para detectar las pequeñas alteraciones en el tono muscular, la praxias, la marcha y el equilibrio que, entre otras, presentan estos niños⁽¹³⁾. Podrían ser útiles pruebas neuromadurativas como el Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN), para detectar trastornos leves y proceder a un abordaje interdisciplinar de los mismos^(10,42). Además, se recomienda el examen clínico y en particular el neurológico, junto con estudios electromiográficos y cinemáticos para valorar el patrón de marcha^(5,10,14,22,25,29,43).

El análisis instrumental de la marcha resulta fundamental para valorar la evolución espontánea o los resultados del tratamiento, pues una marcha aparentemente normal puede desvelar alteraciones difícilmente observables^(6,14,40). Con la edad, el patrón de marcha de puntillas conserva sus características principales a pesar del tratamiento, aunque la marcha se acerca más a los parámetros habituales⁽⁶⁾ por las compensaciones producidas^(20,25).

Los sistemas baropodométricos, que captan las presiones en las plantas de los pies del niño en estática y dinámica⁽⁴⁴⁾, permiten estudiar la evolución de la marcha⁽⁴⁵⁾

y las compensaciones realizadas para lograr eficacia⁽²²⁾ y equilibrio⁽³⁹⁾. Permiten prevenir deformaciones, alteraciones funcionales y valorar la efectividad del tratamiento^(39,44).

De forma complementaria, la posturografía o evaluación objetiva del control postural a través del estudio del movimiento del centro de presiones (COP), se ha mostrado eficaz para orientar un tratamiento y controlar su eficacia⁽⁴⁶⁾. A través de una plataforma estabilométrica, se analizan las oscilaciones posturales y el registro del desplazamiento del COP refleja los cambios en la dinámica corporal global⁽⁴⁷⁾ y de los sistemas de control postural⁽⁴⁶⁾.

El tratamiento convencional de los ITW está enfocado a la retracción músculo-tendinosa y sólo en los casos en los que la movilidad de los tobillos está gravemente comprometida, con el objetivo de aumentar la flexión dorsal del tobillo para mejorar así la marcha^(3,5,21,22). Todos los autores reconocen un lugar para los métodos conservadores, sobre todo en los niños más pequeños⁽²⁵⁾, pero distintos grupos de trabajo recomiendan el tratamiento quirúrgico siempre que haya una plantarflexión de 15º⁽⁵⁾ y también en los casos que presenten una flexión dorsal de tobillo menor de 10º^(14,25), pues ésta es la amplitud requerida para poder lograr el choque de talón en la fase inicial del apoyo de la marcha⁽³⁰⁾. Por otro lado, consideran que los niños con flexión dorsal mayor de 10º con la rodilla extendida pueden evolucionar espontáneamente⁽²⁵⁾. Sin embargo, en muchas ocasiones estos niños requerirán posteriormente tratamiento ortopédico o quirúrgico por las alteraciones secundarias producidas, frecuentemente irreversibles y con consecuencias importantes sobre la estática y la dinámica^(3,14,25).

La efectividad de las distintas modalidades de tratamiento no está clara^(1,17,21,22) y no se han valorado las alteraciones en la postura, la marcha y el equilibrio ni otras repercusiones resultantes de la adaptación del niño a un patrón de movimiento alterado^(6,11,15,17,22).

Se han recomendado las férulas seriadas como tratamiento inicial óptimo⁽⁴⁸⁾, con mejores resultados en niños más pequeños y cuanto más tiempo se utilicen^(12,19,22,24,32). No obstante, se han mostrado de eficacia limitada, pues algunos estudios no han encontrado resultados favorables^(17,21,25) y otros han demostrado que los beneficios no se mantienen a largo plazo y hay recurrencia del patrón de marcha de puntillas^(3,11,19).

La cirugía de alargamiento del tendón de Aquiles, habitualmente seguida de tratamiento ortopédico⁽²⁾, ha logrado mejores resultados en cuanto al incremento de la flexión dorsal del tobillo⁽⁸⁾ y el patrón de marcha⁽¹⁷⁾, mantenidos en el tiempo^(21,25). No exenta de riesgos, puede originar tendinitis aquilea, sobrealargamiento⁽²⁾ y debilidad permanente de los flexores plantares que dificulta la propulsión durante la marcha^(14,37), por el importante papel del tríceps sural como generador de potencia⁽³³⁾, circunstancia difícil de corregir y que puede conducir a discapacidad progresiva⁽⁶⁾. Por ello, la cirugía se reserva para los casos más severos con importantes contracturas en los flexores plantares a la edad de 6-8 años^(11,13,48) u 8-10 años^(14,21) o para los niños

que presentan alteraciones electromiográficas⁽³⁷⁾.

Además, incluso los adultos tratados con cirugía y/o férulas caminan ocasionalmente de puntillas cuando no son observados por otras personas⁽¹¹⁾ y, aunque hay cierta mejoría, los valores de dorsiflexión permanecen inferiores al rango normal y se sugiere que la marcha no llega a ser normal nunca⁽¹⁷⁾, pues existen cambios persistentes en la cinemática⁽⁶⁾.

Recientemente se ha propuesto como opción terapéutica la toxina botulínica, seguida de férulas⁽⁴¹⁾ o de Fisioterapia⁽⁴⁾, con mejoría en el patrón de marcha de carácter temporal⁽⁴¹⁾, si bien los resultados persisten en el caso de continuar el tratamiento con un programa de Fisioterapia activa⁽⁴⁾. La acción de la toxina afecta a la activación neuromotora, lo que puede proporcionar la oportunidad para modificar la activación muscular en el tobillo durante la marcha^(4,41). Se propone en consecuencia un tratamiento dirigido al sistema neuromotor, en el que la cinesiterapia ocupa un importante papel, de primera intención o tras la aplicación de férulas⁽⁴⁸⁾ y/o toxina botulínica⁽⁴⁾. La cinesiterapia tiene un papel relevante en el tratamiento de la limitación de la flexión dorsal del tobillo, centrando su intervención en la retracción local sin consideración hacia las posibles compensaciones en otros segmentos^(4,11,14,18,21,22). Tachdjian ya propuso en 1972 un programa de cinesiterapia con estiramientos, potenciación de los dorsiflexores y ejercicios activos de marcha, en niños pequeños, como complemento al tratamiento ortésico⁽⁴⁸⁾. Igualmente, los dispositivos de biofeedback auditivo pueden resultar de utilidad para la modificación voluntaria del patrón⁽⁴⁹⁾. También se han usado en ITW zapatos ortopédicos y plantillas^(15,22,25).

A pesar de estas posibilidades, para algunos autores no es lógico aconsejar tratamiento^(1,5,22) en una alteración benigna y no debilitante, cuya incidencia e historia natural no son bien comprendidas^(1,4,14,21), y al no haber estudios adecuados para comparar la efectividad de las distintas opciones de tratamiento ni el papel de la Fisioterapia^(1,3,14,17,22).

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, tiene sentido la actuación interdisciplinar en esta alteración⁽¹⁰⁾, en la que la intervención fisioterápica actúe desde un abordaje global del niño⁽⁵⁰⁾. Sin embargo, aunque se ha sugerido la necesidad de un tratamiento enfocado a modificar la actividad neuromotora^(4,14,21), no se han encontrado estudios sobre ningún método de Fisioterapia orientado a la reeducación, que permita trabajar las alteraciones estáticas y funcionales desde la inhibición del esquema alterado y el aprendizaje del movimiento normal^(51,52). Se podrían corregir de este modo las alteraciones primarias y secundarias y permitir al niño la adquisición de los aprendizajes que eviten la recurrencia de la marcha de puntillas y le proporcionen un amplio abanico de posibilidades motrices para un desarrollo psicomotor pleno⁽⁵⁰⁾, mejorando su calidad de vida con un riesgo mínimo⁽²²⁾ y favoreciendo su desarrollo⁽²⁷⁾.

Este abordaje es planteado por métodos como el Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo (ETC), que considera que el tratamiento es un aprendizaje en situación de

alteración o patología⁽⁵¹⁾ y tiene su origen en la teoría neurocognitiva, la cual considera los procesos cognitivos (memoria, atención, percepción y lenguaje) como elementos básicos para la recuperación motora, por lo que se deben activar para conseguir una mejora del movimiento y de la sensibilidad, íntimamente relacionados, en las actividades funcionales⁽⁵⁰⁾. Buscando un mejor reconocimiento del mundo para un desarrollo adecuado⁽²⁷⁾, se logra un incremento en la funcionalidad que repercute en todas las áreas del niño y se obtienen así beneficios que sobrepasan lo puramente motor para favorecer el desarrollo neurocognitivo, base de todos nuestros comportamientos^(50,51). No se han encontrado publicaciones que valoren la efectividad de estos nuevos planteamientos en los ITW.

En los andadores de puntillas, la Fisioterapia puede facilitar la adquisición de los aprendizajes sensoriomotrices correspondientes a su edad cronológica^(4,50,51), además de prevenir las deformidades, los dolores y las alteraciones posturales, de la marcha y del equilibrio que pueden instaurarse si no se inicia precozmente el tratamiento^(6,16,17,21,42) y que tienen una peor resolución cuanto mayor es el niño^(3,4,10). Es necesario valorar su efectividad mediante medidas objetivas y globales antes de recomendarla como tratamiento de elección.

BIBLIOGRAFÍA

1. Eiff M, Zegar D. What is the appropriate evaluation and treatment of children who are "toe walkers"? J Fam Pract. 2006;55(5):449-50.
2. Kogan M, Smith J. Simplified approach to idiopathic toe-walking. J Pediatr Orthop. 2001;21(6):790-1.
3. Fox A, Deakin S, Pettigrew G, Paton R. Serial casting in the treatment of idiopathic toewalkers and review of the literature. Acta Orthop Belg. 2006;72(6):722-30.
4. Brunt D, Woo R, Kim HD, Ko MS, Senesac C, Li S. Effect of Botulinum Toxic Type A on Gait of Children Who Are Idiopathic Toe-Walkers. J Surg Orthop Adv. 2004;13(3):149-55.
5. Stricker SJ. Evaluation and Treatment of the Child with Tiptoe Gait. Int Pediatr. 2006;21(2):91-8.
6. Stott N, Walt S, Lobb G, Reynolds N, Nicol R. Treatment for idiopathic toe-walking: results at skeletal maturity. J Pediatr Orthop. 2004;24(1):63-9.
7. Statham L, Murray M. Early walking patterns of normal children. Clin Orthop. 1971;79:8-24.
8. Hall J, Salter R, Bhalla S. Congenital short tendo calcaneus. J Bone Joint Surg.

1967;49B(4):695-7.

9. Levine M. Congenital short tendo calcaneus. Report of a family. *Am J Dis Child.* 1973;125:858-9.
10. Shulman L, Sala D, Chu M, McCaul P, Sandler B. Developmental implications of idiopathic toe walking. *J Pediatr.* 1997;4:541-6.
11. Hirsch G, Wagner B. The natural history of idiopathic toe-walking: a long-term follow-up of fourteen conservatively treated children. *Acta Paediatr.* 2004;93:196-9.
12. Katz M, Mubarak S. Hereditary tendo achillis contractures. *J Pediatr Orthop.* 1984;4:711-4.
13. Sala D, Shulman L, Kennedy R, Grant A, Chu M. Idiopathic toe-walking: a review. *Dev Med Child Neurol.* 1999;41:846-8.
14. Fragnière B, Garoflid N, Dutoit M. My child walks on his tiptoes. *Rev Med Suisse Romande.* 2000;120(10):811-4.
15. Caselli M, Rzonca E, Lue B. Habitual toe-walking: evaluation and approach to treatment *Clin Podiatr Med Surg.* 1988;5:547.
16. Sobel E, Caselli M, Velez Z. Effect of persistent toe walking on ankle equinus. Analysis of 60 idiopathic toe walkers. *JAPMA.* 1997;87(1):17-22.
17. Eastwood D, Menelaus M, Dickens D, et al. Idiopathic toe-walking: does treatment alter the natural history. *J Pediatr Orthop B.* 2000;9:47-9.
18. Furrer F, Deonna T. Persistent toe-walking in children. *Helvetica Pediatr Acta.* 1982;37:301.
19. Griffin P, Wheelhouse W, Shiavi R, Bass W. Habitual toe-walkers: a clinical and electromiographic gait analysis. *J Bone Joint Surg.* 1977;59A:97-101.
20. Hicks R, Durinick N, Gage J. Differentiation of Idiopathic Toe-walking and cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 1988;8:160-3.
21. Stricker S, Angulo J. Idiopathic toe walking: a comparison of treatment methods. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:289-93.
22. Tidwell M. The Child with Tip-Toe Gait. *Int Pediatr.* 1999;14(4):235-8.
23. Accardo P, Morrow J, Heaney M, Whitman B, Tomazic T. Toe walking and language development. *Clin Pediatr (Phila).* 1992;31(3):158-60.

24. Kalen V, Adler N, Bleck E. Electromyography of idiopathic toe walking. *J Pediatr Orthop*. 1986;6:31-3.
25. Taussig G, Delouvé E. La marche en équin idiopathique de l'enfant. Diagnostic et évolution spontanée. *Ann Readapt Med Phys*. 2001;44:333-9.
26. Accardo P, Whitman B. Toe walking. A marker for language disorders in the developmentally disabled. *Clin Pediatr (Phila)*. 1989;28(8):347-50.
27. Bardina E, Gómez J, Díaz J, Sevillano M, Ordóñez S. El esquema corporal: su importancia en el desarrollo psicomotor. *An Esc Univ Cienc Salud*. 2000;3:57-68.
28. Pascual R, López P, Alonso C. Marcha infantil. *Rev Esp Podol*. 2001;XII(2):89-96.
29. Eastwood D, Dennett X, Shield L, Dickens D. Muscle abnormalities in idiopathic toe-walkers. *J Pediatr Orthop B*. 1997;6:215-8.
30. Sutherland D, Olsen R, Cooper L, Woo S. The development of mature gait. *J Bone Joint Surg*. 1980;62A:336-53.
31. Burnett C, Johnson E. Development of Gait in Childhood: Part II. *Dev Med Child Neurol*. 1971;13:207-15.
32. Brouwer B, Davidson L, Olney S. Serial casting in idiopathic toe-walkers and children with spastic cerebral palsy *J Pediatr Orthop*. 2000;20:221-5.
33. Angulo M. La marcha en la infancia. *Rev de Ortop Traumatol (Madr)* 1996;40:187-94.
34. Colbert E, Koegler R. Toe walking in childhood schizophrenia. *J Pediatr*. 1958;53:219.
35. Kelly I, Jenkinson A, Stephens M, O'Brien T. The kinematic patterns of toe-walkers. *J Pediatr Orthop*. 1997;17:478-80.
36. Montgomery P, Gauger J. Sensory dysfunction in children who toe walk. *Phys Ther*. 1978;58:1195.
37. Papariello S, Skinner S. Dynamic electromyography analysis of habitual toe-walkers. *J Pediatr Orthop*. 1985;5:171-5.
38. Weber D. "Toe-walking" in children with early childhood autism. *Acta Paedopsychiat*. 1978;43:73-83.
39. [39] Halleman A, D'Aôut K, Clercq D, Aerts P. Pressure distribution patterns under the feet of new walkers: the first two months of independent walking. *Foot Ankle*. 2003;24(5):444-53.

40. Davids J, Foti T, Dabelstein J, Bagley A. Voluntary (normal) versus obligatory (cerebral palsy) toe-walking in children: a kinematic, kinetic, and electromyographic analysis. *J Pediatr Orthop*. 1999;19(461-9).
41. Brunt D, Woo R, Kim H, Ko M, et al. Effect of botulinum toxin type A on gait of children who are idiopathic toe-walkers and children with spastic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2000;20(221-5).
42. Portellano J, Mateos R, Martínez R, Tapia A, Granados M. Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN). Madrid: TEA Ediciones 2000.
43. Guerrero M. Adaptación del Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil - CUMANIN en una población urbana de Lima. *Dispersión*. 2006;III(8):1-14.
44. Comín M, Villarroya A, Pérez J, Nerín S, Marco C. Análisis de las presiones plantares. *Técnicas y aplicaciones*. *Med Rehabil*. 1999;XII(3):22-30.
45. Alvarez C, Vera M, Chhina H, Black A. Normative data for the dynamic pedobarographic profiles of children. *Gait Posture*. 2008(in press).
46. Winter D. Human balance and posture during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3:193.
47. Nolan L, Casey D. Postural control: toe-standing versus heel-toe standing. *Gait Posture*. 2004;19:11-5.
48. Tachdjian M. *Ortopedia Pediátrica*. Madrid: Interamericana Mc-Graw-Hill 1994.
49. Conrad L, Bleck E. Augmented auditory feedback in the treatment of equinus gait in children. *Develop Med Child Neurol* 1980;22:713-18.
50. Bonavolta C. *La riabilitazione del cammino in età'evolutiva: l'integrazione intersistemica e la costruzione delle conoscenze*. Trieste: Università degli Studi di Trieste; 2003.
51. Puccini P, Perfetti C. *L'intervento riabilitativo nel bambino affetto da paralisi cerebrale infantile*. Roma: Marrapese 1987.

HIPÓTESIS

El tratamiento de Fisioterapia mediante Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo tiene mayor efectividad que la observación en los niños con marcha de puntillas idiopática.

OBJETIVOS

Objetivo general

Valorar la efectividad del tratamiento fisioterápico precoz mediante Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo (ETC) en los niños con marcha de puntillas idiopática (ITW) entre los 3 y los 5 años, comparados con el grupo control.

Objetivos específicos:

- Estimar el efecto del ETC sobre los parámetros biomecánicos en ITW a través de medidas clínicas goniométricas.
- Determinar el efecto del ETC sobre la función del pie durante la marcha en los ITW mediante el análisis instrumental con el sistema Footscan® Gait Clinical System.
- Establecer el efecto del ETC en los ITW sobre la postura y el equilibrio mediante el análisis instrumental con la plataforma BT⁽⁴⁾ de HUR Labs.
- Valorar la evolución en el desarrollo neuromadurativo de los ITW con el Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN).
- Evaluar la permanencia y/o evolución de los cambios biomecánicos, funcionales y neuromadurativos 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, en el que se pretende comparar dos grupos de ITW, un grupo tratado con Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo y otro grupo en observación.

El estudio deberá ser aprobado previamente por el Comité Ético de Investigación Clínica (Real Decreto 223/2004, de 6 de febrero).

Población diana

Niños de 3 a 5 años con marcha de puntillas idiopática, que acudan a la Unidad de Fisioterapia de la Clínica Universitaria de Podología de la Universidad Complutense de Madrid, derivados del Servicio de Patología y Ortopedia o como primera consulta, que cumplan los criterios de inclusión y no presenten ningún criterio de exclusión.

Muestra

Debido a la ausencia de hallazgos en la literatura sobre la variable baropodográfica principal en ITW de este rango de edad, previamente a la estimación del tamaño muestral se realizará un estudio piloto con dos grupos de 12 niños, con el fin de determinar la desviación estándar de la misma (% del impulso que corresponde al choque de balón).

La asignación a los grupos se realizará mediante aleatorización.

Criterios de inclusión

- Niños entre 3 y 5 años con marcha de puntillas idiopática bilateral.
- Pacientes de ambos sexos mayores de edad.
- Aceptación de participar en el estudio mediante la firma previa del consentimiento informado por parte del padre, madre o tutor.
- Capacidad del niño o de la niña y del padre, madre o tutor para acudir a la Clínica según las estipulaciones y la duración del estudio.

Criterios de exclusión

- Pacientes con marcha de puntillas unilateral.
- Pacientes con diagnóstico de patología neurológica.
- Pacientes con diagnóstico de alteración psiquiátrica o del desarrollo.
- Pacientes que no hallan caminado de puntillas desde el inicio de la marcha.
- Pacientes que presenten alteraciones congénitas del aparato locomotor.
- Pacientes con equinos de tobillo secundarios a traumatismos o infecciones víricas.
- Pacientes que hayan recibido o estén recibiendo tratamiento por la misma alteración.
- Alteraciones que impidan la comprensión por parte del paciente de las consignas del tratamiento propuesto o que, por cualquier otra circunstancia asociada a su salud, desaconsejen su inclusión.

VARIABLES INDEPENDIENTES

Características descriptivas

- Edad (en meses, cuantitativa continua).
- Sexo (mujer/hombre, cualitativa dicotómica).
- Altura (en cm, cuantitativa continua).
- Peso (en kg, cuantitativa continua).

Las mediciones de la altura y el peso se realizarán de acuerdo con un protocolo estandarizado, utilizando una balanza bien calibrada con una precisión de ± 100 g y un tallímetro con una precisión de ± 1 mm ⁽⁵²⁾.

Aplicación del tratamiento fisioterápico mediante Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo (sí/no, cualitativa dicotómica)

El Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo (ETC) considera los procesos cognitivos como elementos básicos para el control de los elementos motores patológicos y la adquisición o recuperación del movimiento y la sensibilidad y se utiliza en niños con dificultades motrices en relación con la alteración de los procesos cognitivos y de su control sobre la percepción y el movimiento. Se aplicará un protocolo específico de tratamiento para los ITW de forma personalizada, trabajando con la sensibilidad táctil, cinestésica y presoria para mejorar estos procesos, con una adaptación continua de los ejercicios a las dificultades sensitivas, motoras y cognitivas de cada niño ⁽⁵³⁾.

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

VARIABLES DEPENDIENTES

Medidas clínicas goniométricas

Las mediciones serán realizadas por el mismo examinador ^(54,55), cada una 3 veces para utilizar su media y evitando compensaciones con otros segmentos corporales ⁽⁵⁶⁻⁵⁸⁾.

Variables específicas (+/-º, cuantitativas continuas)

- Medición de la FD del tobillo, mediante un goniómetro con forma de círculo graduado en 360º y brazos de plástico transparente ⁽⁵⁹⁾. El niño se situará en decúbito prono con las rodillas extendidas para realizar la **medición pasiva y activa de la FD** y posteriormente con la rodilla flexionada a 90º para medir la **FD pasiva sin la tensión muscular de los gemelos** ^(59,60). Se tomará como valor de referencia (0º) la posición de 90º de flexión dorsal ⁽⁵⁶⁾. El goniómetro se situará con el fulcro sobre la cara lateral del maléolo lateral, el brazo proximal alineado con la línea media lateral del peroné, usando como referencia la cabeza del

mismo, y el distal paralelo a la cara lateral del quinto metatarsiano^(59,60).

- El **ángulo poplíteo** (medición de la longitud muscular en la rodilla) se medirá en decúbito supino y con la cadera en flexión de 90º, extendiendo la rodilla para tomar nota de la máxima extensión lograda con la pelvis en contacto con la camilla^(60,61).

Variables para valorar las posibles compensaciones (cuantitativas continuas)

- La **posición relajada de calcáneo en carga** (+/-º) es el ángulo entre la bisectriz de la cara posterior del calcáneo y la perpendicular a la superficie de apoyo⁽⁶²⁾ y se medirá con un brazo del goniómetro sobre el suelo y el otro alineado sobre la bisectriz del calcáneo⁽⁵⁶⁾, en bipedestación relajada, respetando la posición de los pies que resulte cómoda al niño.
- El **test de navicular drop** (mm) valora la caída del escafoides en el plano sagital durante la carga. Se marcará el tubérculo del escafoides y se medirá la diferencia entre su altura con el pie en el suelo pero con la carga sobre la pierna contralateral, con la articulación subtalar neutra, y durante el apoyo relajado bilateral, con el peso sobre ambos pies⁽⁶²⁾.

Análisis instrumental de la marcha: sistema Footscan® Gait Clinical System

El sistema Footscan® Gait Clinical System consiste en una plataforma de presiones de 40 x 200 cm, con 16384 sensores y una velocidad de medición de 500 Hz, con un software para hacer mediciones estáticas y dinámicas, con análisis multipaso⁽⁶³⁾.

El protocolo de valoración consta de un análisis estático y otro dinámico en el que el niño, después de caminar libremente por la sala durante 1 minuto, pasará sobre la plataforma, colocada en una pista de marcha de 3 metros, a la velocidad propia. Se recogerán 3 huellas del mismo pie⁽⁶⁴⁾, tras varios pasos antes de alcanzar la plataforma⁽⁶⁵⁾. La misma persona tomará y analizará todos los datos y calibrará el sistema antes de cada utilización⁽⁶⁶⁾.

Variables a analizar (cuantitativas continuas), calculadas por el sistema

- **Porcentaje de contacto en el talón en posición estática bipodal, con respecto al contacto total (%)**: Indica si el niño apoya o no el talón y en qué proporción⁽⁶⁶⁾.
- **Variables podobarográficas correspondientes al talón (%)**, para evaluar si hay o no choque de talón durante la marcha, cuándo se produce y con qué impulso.
 - ✓ o % del ciclo de la marcha que corresponde al choque de talón.
 - ✓ o % del impulso que corresponde al choque de talón

- **Variables que permiten valorar las compensaciones** en otros segmentos⁽⁶⁶⁾, o **Índice del arco (%)**: Indica el tipo de pie en función del aplanamiento de la bóveda⁽⁶³⁾. Expresa la relación entre el área del tercio medio de la huella y la del retropié y su aumento supone un arco lateral interno disminuido^(62,67) o **Ángulo de Fick (+/-°)**: Ángulo entre la línea media del pie y la dirección de progresión, cuyo incremento ante déficits de equilibrio asegura la estabilidad durante la marcha⁽⁶⁸⁾.

Análisis instrumental de la postura y el equilibrio: plataforma BT de HUR Labs

La plataforma BT⁽⁴⁾ de HUR Labs es un equipo portátil con 4 sensores, un módulo de adquisición de datos de 16 bits de alta precisión y convertidores de señal para evitar interferencias, con un software para el estudio del equilibrio⁽⁶⁹⁾. Para realizar la medición el niño mantendrá el equilibrio encima de la plataforma durante 30 s con los ojos abiertos y con los pies descalzos, los talones juntos y las puntas de los pies formando un ángulo de 30°, con los brazos pegados al tronco⁽⁷⁰⁾.

Las variables que se analizarán (cuantitativas continuas) son calculadas automáticamente por el sistema y reflejan la oscilación del centro de presiones (COP) de forma que, a mayor valor, peor control postural y equilibrio^(69, 70):

- **Longitud del trazo del posturógrafo** (mm). Sumatorio de las longitudes de los segmentos que genera el movimiento del COP conectando todos los puntos.
- **Elipse de confianza** (cm²). Elipse que contiene el 90% de los puntos marcados como COP y además contiene el área máxima generada por dichos puntos.
- **Área del C90** (cm²). Elipse que contiene el 90% de los puntos de equilibrio.

Cociente de desarrollo del Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN) (adimensional, cuantitativa continua)

El Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN) permite valorar el desarrollo neuromadurativo en niños de 36 a 78 meses en relación a su edad cronológica, para identificar signos neurológicos menores (psicomotrices, sensoperceptivos y otros como dificultades de aprendizaje) que son la expresión de una disfunción cerebral mínima⁽⁷¹⁾. También permite valorar de forma periódica al niño para objetivar los cambios derivados de su propia maduración y del tratamiento de Fisioterapia.

El **cociente de desarrollo** expresa la madurez neuropsicológica del niño y resulta de la interpretación en centiles de la puntuación total del test (Desarrollo Global), formada por la suma de las puntuaciones directas de las pruebas de psicomotricidad, lenguaje articulatorio, expresivo y comprensivo, estructuración espacial, visopercepción, memoria y ritmo, para cuya aplicación se seguirán las instrucciones y el orden indicados.

Métodos de recogida de la información

En la fase de reclutamiento, un miembro del equipo de investigación informará al niño elegible y a sus padres o tutores de los objetivos e implicaciones del estudio, información que se les entregará por escrito junto al consentimiento informado. Además, se les indicará la confidencialidad de sus datos (Ley Orgánica 15/99 del 13 de Diciembre). Los casos que rechacen participar y sus razones serán registrados en un diario de rechazos.

Este investigador será el que, en el caso de obtener la aceptación para participar en el estudio, realizará posteriormente la valoración inicial y todas las siguientes. El investigador que tratará a los niños los asignará de forma aleatoria al grupo A, que será el grupo experimental y recibirá tratamiento fisioterápico mediante ETC, o al B, que será el control, al que se realizará el seguimiento según el protocolo. Por tanto, el único que sabrá el grupo al que pertenece cada paciente será el investigador que aplica el tratamiento.

Para recoger todas las variables se utilizará siempre el pie derecho de los niños, pues la mediciones no difieren de forma significativa entre ambos pies⁽⁶⁵⁾.

Todos los datos de cada paciente serán recogidos en un formulario en el que constará el número de historia, codificado por el investigador que realizará las evaluaciones según una tabla de equivalencias alfanuméricas. Posteriormente, estos datos y los relativos a las distintas valoraciones, es decir, las variables anteriormente enumeradas, se introducirán en el formato digital del mismo creado en el paquete estadístico SPSS v.15.0. para proceder a su análisis.

Métodos estadísticos

Se realizará el análisis estadístico con el Software SPSS v15.0. El primer análisis se referirá a las características y regularidades del conjunto de los datos mediante la descripción estadística de las variables cualitativas a través de la distribución de frecuencias y de las cuantitativas mediante un parámetro de tendencia central (la media) y otro de dispersión (la desviación estándar).

Para estudiar las diferencias entre las distintas variables, en el estudio piloto se utilizarán técnicas no paramétricas, debido al pequeño tamaño muestral, para muestras independientes. Para las variables cualitativas se utilizará el método de la Chi-cuadrado y se empleará el test de Wilcoxon Mann Whitney para comparar las medias de las variables cuantitativas. Para ambos tests, se asumirán diferencias significativas para valores de $p < 0.05$, considerando un intervalo de confianza del 95%.

En el estudio definitivo, se observará primero la distribución de las variables para aplicar técnicas paramétricas en el caso de tener éstas una distribución normal.

Plan de trabajo: cronograma

Mientras que los niños asignados al grupo experimental seguirán este cronograma completo, los del grupo control sólo acudirán a las sucesivas visitas de seguimiento.

* Los meses se refieren al tiempo transcurrido desde la visita inicial "Visita inicial: evaluación biomecánica y neuromadurativa (0) y entrevista a los padres.

PRIMER MES: tratamiento 2 veces/semana.

"Segunda visita (1 mes): valoración biomecánica⁽¹⁾.

SEGUNDO MES: tratamiento 1 vez/semana.

"Tercera visita (2 meses): valoración biomecánica⁽²⁾.

TERCER MES: tratamiento 1 vez/2 semanas.

"Cuarta visita (3 meses): evaluación biomecánica y neuromadurativa⁽³⁾ y entrevista.

CUARTO, QUINTO Y SEXTO MES: Período sin tratamiento.

"Quinta visita (6 meses): evaluación biomecánica y neuromadurativa⁽⁴⁾ y entrevista.

SEIS MESES DE SEGUIMIENTO

"Sexta visita (12 meses): evaluación biomecánica y neuromadurativa⁽⁵⁾ y entrevista.

ASPECTOS ÉTICOS

Información a los padres

Se les explicará a los padres de manera detallada las opciones actuales de tratamiento para los ITW, que no han demostrado mejorar la historia natural salvo la cirugía en niños de más de 6-8 años con retracción establecida. Se pondrá de manifiesto que se intenta demostrar la efectividad de un abordaje nuevo pero que la observación es la opción recomendada en este rango de edad junto al tratamiento conservador. Se detallará la posible utilidad de la Fisioterapia para prevenir o mejorar las retracciones, evitar la estructuración y las deformidades asociadas, y la hipótesis de que el Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo conducirá a un control del esquema motor alterado y una mejor activación sensoriomotriz, con implicaciones en todos los ámbitos del desarrollo del niño.

Toda la información será proporcionada de forma oral y por escrito en la fase de reclutamiento. El investigador que realizará la asignación aleatoria y tratará a los niños estará a disposición de los padres a lo largo de todo el estudio para atender a sus preguntas y/o proporcionarles información adicional.

Futura disponibilidad del tratamiento, si se demuestra efectivo

El que un niño no entre en el grupo experimental en esta primera fase no significará que, una vez pasado el período de seguimiento, no se pondrá a su disposición este tratamiento si se demostrase su efectividad, al igual que podrá aplicarse a todos los ITW a través de la comunicación científica y divulgativa de los resultados.

Derivación a otros profesionales para un diagnóstico precoz de patologías que supongan la exclusión del estudio

Para excluir a un niño el diagnóstico ha de ser realizado por un especialista de modo que, si durante la valoración para este estudio se sospechase de cualquier patología, el niño será remitido con un informe al especialista correspondiente y sólo en el caso de verificarlo éste se excluirá al niño del estudio. Mientras no sea realizado el diagnóstico, el niño continuará con el protocolo al que esté asignado y, en el caso de confirmarse la patología, se informará a los padres detalladamente acerca de la enfermedad y de los recursos disponibles para su tratamiento en la Comunidad de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

52. Serra Majem L, Aranceta Bartrina J, directores. Crecimiento y desarrollo. Estudio enKid. Krece Plus. Barcelona: Masson; 2003.
53. Molin G. Il cammino: studiarlo per poterlo rieducare. Riabilitazione e apprendimento. 1994;3(4):153-62.
54. Boone D. Reliability of goniometrical measurements. Phys Ther. 1978;58:1355-60.
55. Bovens A. Variability and reliability of joint measurements. Am J Sport Med. 1990;18:58-63.
56. 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.
57. Elveru R, Rothstein J, Lamb R. Goniometric reliability in a clinical settings. Phys Ther. 1988;68:672-7.
58. Youdas J, Bogard C, Suman V. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of ankle joint range of motion obtained in a clinical setting. Arch Phys Med Rehabil. 1993;74:1113-8.

59. Calvo-Guisado M, Díaz-Borrego P, González García de Velasco J, Fernández-Torraco J, Conejero-Casares J. Tres técnicas de medición de la flexión dorsal del tobillo: fiabilidad inter e intraobservador. *Rehabilitacion (Madr)*. 2007;51(5):200-6.
60. Gajdosik R. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech*. 2001;16:87-101.
61. Gajdosik R, et al. Comparison of four clinical tests for assesing hamstring muscle length *J Orthop Sport Phys Ther*. 1993;18:614-8.
62. Razeghi M, Batt ME. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture*. 2002;15:282-91.
63. Rsscan_International. Productos Footscan 2008 [catálogo en Internet]. [cited 18-3-2008]. Disponible en: <http://www.rsscan.com/>
64. Hemo Y, Macdessi S, Pierce R, Aiona M, Sussman M. Outcome of patients after achilles tendon lengthening for treatment of idiopathic toe walking. *J Pediatr Orthop*. 2006;26(3):336-40.
65. Bosch K, Gerss J, Rosenbaum D. Preliminary normative values for foot loading parameters of the developing child. *Gait Posture*. 2007;26:238-47.
66. Rsscan_International. Footscan® 7.x Gait interface, Manual de Instalación. Belgium: Rsscan International; 2005.
67. Staheli L, Chew D, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eightytwo feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(3):426-8.
68. Chang W, Hsu C, Won C. The impact of foot progression angle on foot pressure measurement in normal children. *Gait Posture*. 2006;24S:S225-7.
69. Sanro_Electromedicina. Plataforma de Equilibrio BT4 HUR Labs, Ficha Técnica. 2008 [cited 1-4-2008]. Disponible en: <http://www.sanro.com/02Productos/02productos.asp>
70. Peydro M, Baydal J, Vivas M. Evaluación y rehabilitación del equilibrio mediante posturografía. *Rehabilitacion (Madr)*. 2005;39(6):315-23.
71. 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;55:375-9.

Recibido: 11 febrero 2010.
Aceptado: 3 marzo 2010.