



Original

Análisis de la pronación global de miembros inferiores completos en deportistas de edad escolar

C. García Antúnez^a, B. de la Cruz Torres^b, M. D. Sánchez López^a y M. Albornoz Cabello^b

^a Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Sevilla. Sevilla. España.

^b Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

Historia del artículo:

Recibido el 17 de octubre de 2012

Aceptado el 24 de septiembre de 2013

Palabras clave:

Rotación interna de cadera.

Valgo de rodilla.

Pronación del pie.

Marcha.

Deportistas de edad escolar.

Key words:

Hip internal rotation.

Knee valgus.

Foot pronation.

Gait.

School-age sport children.

RESUMEN

Objetivo. Un componente cinético importante durante el ciclo de la marcha humana es la rotación interna global de la extremidad inferior (rotación interna de cadera y valgo de rodilla) con pronación simultánea del pie, lo que clínicamente se describe como pronación global de la extremidad inferior completa. El objetivo fue analizar el patrón de la marcha en niños deportistas de edad escolar durante tres meses.

Método. Se examinaron 58 niños, pertenecientes al Cajasol Ciencias Club de Rugby de Sevilla, de los cuales 10 presentaron una excesiva pronación global de las extremidades inferiores completas, conformando así la muestra de estudio. Se les realizó un análisis biomecánico de la marcha mediante una plataforma baropodométrica y se les calculó ángulos de Helbing, Fick y línea femorotibial en dinámico en ambas extremidades inferiores. Se analizó la evolución del patrón de marcha durante tres meses.

Resultados. Inicialmente y tras los tres meses, los niños presentaron un patrón de marcha patológico caracterizado por una excesiva rotación interna de caderas, excesivo valgo de rodilla y excesiva pronación del pie, en ambas extremidades inferiores.

Conclusión. Una excesiva pronación global de las extremidades inferiores completas presentes en deportistas de edad escolar no cambió con el crecimiento natural de los niños tras 3 meses de seguimiento, requiriendo un abordaje terapéutico específico.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Analysis of global pronation of the entire lower extremities in school-age sport children

Objective. An important kinesiological component during human gait is a global internal rotation of the lower extremity (hip intoeing and knock knee) in conjunction with foot pronation. This motion is often loosely described clinically as global pronation of the entire lower extremity. The aim was to analyze the gait pattern in school-age sport children for three months.

Method. We examined 58 children, belonging to Cajasol Sciences Sevilla Rugby Club. Only 10 children had excessive overall pronation complete lower limb and they made up the study sample. Gait biomechanical analysis was performed using modular-platform electronic baropodometer. Angle helbing, angle fick and line femorotibial during walking were calculated in both lower extremities. We analyzed evolution of gait pattern for three months.

Results. Initially and after three months, the children presented a pathological gait pattern characterized by excessive hip internal rotation, excessive knee valgus and foot overpronation in both lower extremities.

Conclusion. Global pronation of the entire lower extremity school-age sport children did not change with the natural growth of children after 3 months follow-up. We think it will be necessary a specific therapeutic treatment.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

B. de la Cruz Torres.

Departamento de Fisioterapia.

Universidad de Sevilla.

Calle Avicena s/n.

41009 Sevilla, España.

Correo electrónico: bcruz@us.es

INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, la actividad física ha adquirido una gran importancia en el ámbito de la salud. Ello ha propiciado que disciplinas como la biomecánica, próximas al medio deportivo, hayan tomado especial relevancia.

Las posibilidades que la biomecánica ofrece al plantear y resolver problemas relacionados con la mejora de la salud y la calidad de vida, la han consolidado como un campo de conocimientos en continua expansión, capaz de aportar soluciones de índole científica y tecnológica.

En las últimas décadas se han multiplicado los trabajos sobre la marcha humana como resultado de la colaboración interdisciplinar en los laboratorios de marcha, la cual resulta imprescindible para desarrollar nuevos sistemas de estudio, comprender el aparato locomotor y realizar una acción terapéutica¹⁻⁴.

Frente a la idea, frecuentemente extendida, de que las alteraciones del movimiento humano son resultado de anomalías patológicas, Sahrman⁵ propone el *modelo cinesiopatológico* para singularizar el papel del movimiento como productor de alteraciones y anomalías. Este modelo se sustenta en la observación de que los movimientos repetitivos y las posturas mantenidas asociadas a las actividades diarias, provocan cambios en los patrones del movimiento y tejidos responsables (músculo esquelético y sistema neurológico), ocasionando un daño tisular por efecto acumulativo, especialmente cuando se desvían del patrón cinesiológico óptimo. La teoría propuesta es que la corrección de los patrones de movimiento y las adaptaciones tisulares pueden aliviar y sobre todo prevenir los problemas musculoesqueléticos de origen mecánico.

Un componente cinético importante durante el ciclo de la marcha humana es la rotación interna global de la extremidad inferior (rotación interna de cadera y valgo de rodilla) con pronación simultánea del pie. Clínicamente este patrón de movimiento se describe como *pronación global de la extremidad inferior completa*⁶. La ejecución de este gesto biomecánico implica la pronación de la articulación subastragalina y el control del arco longitudinal medial del pie, hechos que contribuyen a la absorción y amortiguación del impacto de la carga corporal, siempre y cuando la respuesta se produzca en su justa medida, dentro de unos límites de amplitud y duración⁷. De no ser así, la pronación excesiva de miembros inferiores, especialmente en la práctica de actividades deportivas que impliquen salto y/o carrera, pueden acarrear disfunciones importantes. Es por ello que en los niños de edad escolar pueden aparecer lo que conocemos por lesiones osteocondrales, derivadas de la realización de gestos repetitivos que conllevan sobrecargas musculares. Entre otras, podemos destacar la apofisitis tibial u Osgood-Schalatter^{8,9}, el síndrome de Sinding-Larsen-Johansson¹⁰ y la apofisitis calcánea o enfermedad de Sever^{11,12}.

Por todo ello, el objetivo fue analizar el patrón de marcha en niños deportistas de edad escolar (9 - 12 años) durante tres meses.

MÉTODO

Sujetos

Se examinaron 58 niños, pertenecientes a las categorías benjamín y alevín del Cajasol Ciencias Club de Rugby de Sevilla, con edades comprendidas entre los 9 y 12 años. Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión para el estudio finalmente la muestra constó de 10 niños (edad $11,40 \pm 1,26$ años, masa $47,80 \pm 9,19$ Kg, talla $148 \pm 0,06$ cm). Se

controló el factor obesidad mediante el cálculo de percentiles según Orbegozo¹³. La muestra presentó un percentil de masa y talla entre P50 - P97. Como criterios de inclusión consideramos a) ser una persona sana, no padecer ninguna enfermedad importante; b) tener una edad comprendida entre 9 - 12 años; c) estar federado con una antigüedad mayor a 2 años; d) realizar al menos dos horas de entrenamiento tres veces a la semana; e) no presentar patología aguda (muscular, tendinosa, ligamentaria,...) que afecte a la marcha; f) presentar un patrón de pronación global de los miembros inferiores completa y g) presentar el consentimiento informado; y como criterio de exclusión se descartó todo sujeto que presentaba alguna alteración estática de columna vertebral o disimetría de cadera o alteración biomecánica de la marcha secundaria a causa patológica.

Todos los niños y sus tutores fueron informados de las características del estudio y dieron voluntariamente su consentimiento conforme a la Declaración de Helsinki¹⁴. El estudio contó con la aprobación del Comité Ético del Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Procedimiento

El protocolo de estudio fue el siguiente. La selección de la muestra se realizó en la propia instalación deportiva sobre el total de participantes. Se efectuó una anamnesis y un análisis biomecánico visual para seleccionar a los niños que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión del trabajo y así constituir la muestra de estudio.

En la valoración inicial se realizó un análisis biomecánico de la marcha mediante una plataforma baropodométrica (Physical Support, Roma, Italia)¹⁵ en el Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Sevilla (CAMD), cuya finalidad fue tomar registros de los parámetros analizados: el ángulo de Fick¹⁶, la línea femorotibial⁷ y el ángulo de Helbing⁷, dado que son los parámetros que determinan la pronación global de las extremidades inferiores, y en situación "dinámica", pues es como se desarrolla la marcha y por tanto, es más funcional (fig. 1). Para determinar las dos primeras variables de estudio, se colocaron a los sujetos marcadores dermatográficos en los puntos de referencia anatómicos. En el caso de la línea de Helbing estaban situados: en la parte superior de la línea media gemelar, en el punto medio de la inserción ósea del tendón de Aquiles y en el del talón, entre los rebordes lateral y medial del calcáneo; y para la línea femorotibial, sobre tuberosidad tibial anterior siguiendo el eje anatómico de la tibia y suprapatelar siguiendo el eje anatómico del fémur.



Fig. 1. Análisis biomecánico del patrón de la marcha en deportistas en edad escolar.

Tabla 1

Valores (media y desviación estándar) del ángulo de Helbing, línea femorotibial y ángulo de Fick, expresados en grados, para cada una de las extremidades inferiores tanto en la valoración inicial como en la valoración final

10 Sujetos	Extremidad izquierda			Extremidad derecha		
	Valoración inicial	Valoración final	p	Valoración inicial	Valoración final	p
Helbing (°) Media ± DE	171,00 ± 4,57	171 ± 4,16	1,00	168,10 ± 3,67	167,70 ± 3,65	0,37
Femorotibial (°) Media ± DE	166,30 ± 2,79	167,10 ± 2,88	0,29	168,10 ± 2,96	168,88 ± 2,66	0,24
Fick (°) Media ± DE	4,30 ± 0,95	4,80 ± 1,96	0,40	5,30 ± 1,34	5,90 ± 1,51	0,17

Nivel de significación p < 0,05. DE: desviación estándar.

Posteriormente se estableció un periodo observacional de tres meses de duración en los cuales los niños llevaron a cabo su vida normal y estuvieron sin realizar tratamiento alguno, tras los cuales se les volvió a realizar el análisis biomecánico inicial.

Análisis estadístico

Los registros fueron exportados a una hoja de cálculo del programa Excel para su tratamiento y análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en los diferentes reconocimientos médico-deportivos se efectuó con el programa estadístico SPSS (versión 15.0), realizando los siguientes pasos: en primer lugar se realizó un análisis descriptivo de todas las variables estableciendo su media, desviación estándar (DE) y el intervalo de confianza al 95 %. Para establecer la existencia o no de significación estadística se utilizó un test "t de Student" para muestras relacionadas. Se consideró significativo un valor de p < 0,05.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los valores, expresados como media y desviación estándar (DE), del ángulo de Helbing, línea femorotibial y ángulo de Fick, de la muestra para cada una de las extremidades inferiores, tanto en la valoración inicial como en la valoración final. También se establece el nivel de significación (p) para la comparación entre el primer y el tercer mes.

Al inicio del estudio, los sujetos presentaron un patrón patológico de pronación global de miembros inferiores completos caracterizado por una excesiva rotación interna de caderas, excesivo valgo de rodillas y excesiva pronación de pie (tabla 1). Concretamente, presentaron valores de rotación interna de 5,30 ± 1,34° en la cadera derecha y 4,30 ± 0,95° en la izquierda, un valgo de 168,10 ± 2,96° en la rodilla derecha y 166,30 ± 2,79° en la izquierda y una pronación de 168,10 ± 3,67° del pie derecho y 171,00 ± 4,57° del izquierdo. Tras los tres meses de evolución, la rotación interna de cadera fue de 5,90 ± 1,51° en la derecha y 4,80 ± 1,69° en la izquierda, el valgo de rodilla de 168,88 ± 2,66° en la derecha y 167,10 ± 2,88° en la izquierda y la pronación de 167,70 ± 3,65° en el pie derecho y 171,00 ± 4,16° en el izquierdo (tabla 1).

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio fue la incidencia de un patrón de marcha con valores angulares considerados como patológicos, que no se modificaron con el crecimiento natural de los niños ni con el entrenamiento de su práctica deportiva (en este caso, el rugby) en tres meses.

A lo largo del desarrollo del ser humano se produce una evolución en la alineación de las extremidades inferiores, aproximándose a los valo-

res considerados como normalidad en el adulto en torno a los 8 - 9 años. Según la literatura¹⁷⁻¹⁸, si a esa edad persisten aún valores biomecánicos anormales, precisarían un abordaje terapéutico. Ese fue el motivo primordial por el que se escogieron sujetos con esas edades. Hay que resaltar que se controló el factor obesidad, ya que puede considerarse causa originaria de rodillas y tobillos en valgo¹⁹⁻²², pues el grupo de niños presentó un percentil de peso y talla considerado dentro de la normalidad¹³.

Por ello, el objetivo fue determinar la prevalencia de una marcha patológica conocida como pronación global de miembros inferiores⁶ y comprobar si el crecimiento normal o la práctica deportiva (en este caso el rugby) corrigen de manera espontánea estos valores. Conforme a nuestros resultados (tabla 1) no fue así y se mantuvo la marcha patológica. Esta evidencia tiene una gran importancia clínica pues requiere de intervención terapéutica para favorecer un desarrollo motor idóneo del niño y prevenir posibles patologías músculo-esqueléticas.

Realizando un análisis funcional de los parámetros estudiados, en este estudio se estudió el *ángulo de Helbing* en dinámico para determinar el grado de pronación del pie. Tanto en el pretest como en el postest, los niños presentaron valores estimados como patológicos (tabla 1), considerando que los sujetos realizaban una excesiva pronación de los pies durante la marcha. Esta alteración biomecánica y funcional puede deberse a múltiples causas, entre las que se incluyen: debilidad de la musculatura de la extremidad inferior, laxitud o debilidad de los mecanismos que normalmente controlan el arco medial longitudinal o una forma anómala de los huesos del pie. Independientemente del origen, durante la marcha⁶ la parte posterior del pie cae en pronación (eversión) desmesuradamente después del contacto del talón con el suelo. Teniendo en cuenta que contamos con niños sanos y activos, nosotros consideramos que la causa más probable sería una alteración de la actividad muscular. Desde un punto de vista funcional, según Simoneau⁶, Kapandji²³ y Sahrman²⁴, el exceso de pronación obedece a un control defectuoso en excéntrico de la musculatura supinadora del pie (músculos tibial posterior, gemelos y sóleo) y de la musculatura que mantiene el arco longitudinal interno de la bóveda plantar (tibial posterior y flexor largo del primer dedo del pie, principalmente).

En este estudio también se analizó la *línea femorotibial* en dinámico para determinar la alineación (valgo-varo) de la rodilla durante la marcha. Tanto en el pretest como en el postest, los valores de la línea femorotibial fueron patológicos y determinaron que la muestra presentaba unas rodillas con un valgo excesivo. Por tanto, existía una diferencia funcional entre la musculatura aductora y abductora. Según Simoneau⁶ y Sahrman²⁵, la presencia del valgo en rodilla se debe al acortamiento de los músculos aductores (rotador interno, aductor y antevensor) y recto interno (aductor) así como al debilitamiento del tensor de la fascia lata y glúteo mediano (separadores). Teniendo en cuenta las tres funciones de los músculos aductores^{26,27}, fue importante también el papel del músculo piramidal, como rotador externo, y músculo glúteo mayor, como rotador externo y retrovensor de la pelvis, para la corrección de la línea femorotibial.

Y por último, se analizó el *ángulo de Fick* para determinar la rotación de la cadera durante la marcha. Tanto en el pretest como en el postest, los valores determinaron la presencia de una marcada rotación interna de cadera. Por tanto, existía una diferencia funcional entre la musculatura rotadora interna y externa. Según Simoneau⁶ y Sahrman²⁸, la presencia de rotación interna de cadera se debe al acortamiento de los músculos aductores (rotador interno, aductor y anteversor) y recto interno o grácil (aductor) y un debilitamiento de músculo piramidal (rotador externo), glúteo mayor (retroversor y rotador externo), tensor de la fascia lata, glúteo mediano y menor (separadores y rotadores externos).

Es importante tener presente este patrón de marcha patológico observado con mayor frecuencia en la clínica y de su correspondiente abordaje terapéutico con el objetivo de, según la literatura, evitar posibles patologías a corto⁸⁻¹² y largo plazo²⁹⁻³⁸. Entre los posibles tratamientos, la tendencia actual es el uso de zapatos ortopédicos, ortesis plantares, vendajes, etc. Sería interesante plantear un abordaje mediante ejercicio físico terapéutico, dada la causa funcional de dichas alteraciones angulares del patrón de marcha patológico.

Como conclusión, se manifiesta la presencia de un patrón de marcha patológico caracterizado por una excesiva pronación global de miembros inferiores completos en deportistas de edad escolar (9-12 años) que no se modificó con el crecimiento natural de los niños ni con el entrenamiento de su práctica deportiva en un periodo de tres meses.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Hunt AE, Fahey AJ, Smith RM. Static measures of calcaneal deviation and arch angle as predictors of rearfoot motion during walking. *Aust J Physiother.* 2000;46(1):9-16.
- Chang R, Van Emmerik R, Hamill J. Quantifying rearfoot-forefoot coordination in human walking. *J Biomech.* 2008;41(14):3101-5.
- Pohl MB, Buckley JG. Changes in foot and shank coupling due to alterations in foot strike pattern during running. *Clin Biomech.* 2008;23(3):334-41.
- Harris-Hayes M, Sahrman SA, Norton BJ, Salsich GB. Diagnosis and management of a patient with knee pain using the movement system impairment classification system. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(4):203-13.
- Sahrman SA. Conceptos y principios del movimiento. En: Sahrman SA, editor. *Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento.* 1ª ed. Badalona: Paidotribo; 2002. p. 11-53.
- Simoneau GG. Kinesiology of walking. En: Neumann DA, editor. *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for Rehabilitation.* 2ª ed. St Louis, Missouri: Mosby Elsevier; 2010. p. 627-71.
- Leleivre J, Leleivre JF. *Patología del pie.* 4ª ed. Barcelona: Masson SA; 1987.
- Dunn JF. Osgood-Schlatter disease. *Am Fam Physician.* 1990;41:173-6.
- Wall EJ. Osgood-Schlatter disease: practical treatment for a self-limited condition. *Phys Sport Med.* 1998;26:29-34.
- Ogden JA. Radiology of postnatal skeletal development. X. Patella and tibial tuberosity. *Skeletal Radiol.* 1984;11:246-57.
- Micheli LJ, Fehlandt AF Jr. Overuse injuries to tendons and apophyses in children and adolescents. *Clin Sports Med.* 1992;11:713-26.
- Volpon JB, Carvalho G. Calcaneal apophysitis: a quantitative radiographic evaluation of the secondary ossification center. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2002;122:338-41.
- Hernández M, Castellet J, García M, Narvaiza JL, Rincón JM, Ruiz I. Curvas de crecimiento. Instituto de Investigación sobre crecimiento y desarrollo. Bilbao: Fundación Faustino Orbeagoza Eizaguirre; 1988.
- Fluss SS. How the Declaration of Helsinki developed. *GCP Journal.* 1999; 6(6):18-22.
- Ripani M, Ciccarelli A, Morini S, Riccardi G, Michielon G. Evaluation of foot support in rugby players: a baropodometric analysis. *Sport Sci Health.* 2006;1:104-8.
- Plas F, Viel E, Blanch Y. *La marcha humana.* 1ª ed. París: Vigot; 2002.
- Pretkiewicz-Abacjew E. Knock knee and gait of six-year-old children. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43:156-64.
- Salenius P, Vankaa E. The development of the tibiofemoral angle in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57:259-61.
- De Sá Pinto PL, De Barros Holanda PM, Radu AS, Villares SM, Lima FR. Musculoskeletal findings in obese children. *J Paediatr Child Health.* 2006;42(6):341-4.
- Stovitz SD, Pardee PE, Vázquez G, Duval S, Schwimmer JB. Musculoskeletal pain in obese children and adolescents. *Acta Paediatr.* 2008;97(4):489-93.
- Tecklin JS. *Pediatric physical therapy.* 2ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 1994.
- Grisogono V. *The knee problema and prevention.* 1ª ed. London: John Murray; 1998.
- Kapandji AI. *Fisiología articular (Tomo II).* 6ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2010.
- Sahrman SA. Movement system syndrome of the Foot and Ankle. En: Sahrman SA, editor. *Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines.* 1ª ed. St Louis: Missouri: Mosby Elsevier; 2011. p. 439-80.
- Sahrman SA. Movement system syndrome of the knee. En: Sahrman SA, editor. *Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines.* 1ª ed. St Louis: Missouri: Mosby Elsevier; 2011. p. 354-438.
- Lengsfeld M, Pressel T, Stammberger U. Lengths and lever arms of hip joint muscles: geometrical analysis using a human multibody model. *Gait Posture.* 1997;6:18-26.
- Neumann DA. Hip. En: Neumann DA, editor. *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for Rehabilitation.* 2ª ed. St Louis, Missouri: Mosby Elsevier; 2010. p. 491.
- Sahrman SA. Síndrome de alteración del movimiento de la cadera. En: Sahrman SA, editor. *Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento.* 1ª ed. Badalona: Paidotribo; 2002. p. 129-206.
- Shepsis AA, Leach RE, Gorzyca J. Plantar fasciitis, etiology, treatment, surgical results and review of the literature. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;266:185-96.
- Lee SY, Hertel J, Lee SC. Rearfoot eversion has indirect effects on plantar fascia tension by changing the amount of arch collapse. *Foot.* 2010;20(2-3):64-70.
- Rabbito M, Pohl MB, Humble N, Ferber R. Biomechanical and clinical factors related to Posterior Tibial Tendon Dysfunction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(10):776-84.
- Powers CM, Maffucci R, Hampton S. Rearfoot posture in subjects with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;22:155-60.
- Tanamas S, Hanna FS, Cicuttini FM, Wluka AE, Berry P, Uguhart DM. Does knee malalignment increase the risk of development and progression of knee osteoarthritis? A systematic review. *Arthritis Rheum.* 2009;61:459-67.
- Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA.* 2001;286:188-95.
- Felson DT, Goggins J, Niu J, Zhang Y, Hunter DJ. The effect of body weight on progression of knee osteoarthritis is dependent on alignment. *Arthritis Rheum.* 2004;50:3904-9.
- Sharma L, Lou C, Cahue S, Dunlop DD. The mechanism of the effect of obesity in knee osteoarthritis: the mediating role of malalignment. *Arthritis Rheum.* 2000;43:568-75.
- Cerejo R, Dunlop DD, Cahue S, Channin D, Song J, Sharma L. The influence of alignment on risk of knee osteoarthritis progression according to baseline stage of disease. *Arthritis Rheum.* 2002;46:2632-6.
- Barbee Ellison J, Rose SJ, Sharmann SA. Patterns of hip rotation range of motion: a comparison between healthy subjects and patients with low back pain. *Phys Ther.* 1990;70:537-41.