

Estudio comparativo entre deportes simétricos y asimétricos mediante análisis estructural estático en deportistas adolescentes

Juan J. Ramos-Álvarez¹, María J. Del Castillo-Campos², Carlos E. Polo-Portés², María T. Lara-Hernández², Elena Jiménez-Herranz¹, Cristina Naranjo-Ortiz³

¹Escuela Medicina de la E.F. y el Deporte. Universidad Complutense de Madrid. ²Centro de Medicina del Deporte. Comunidad Autónoma de Madrid. ³Universidad Camilo José de Cella. Madrid.

Recibido: 18.03.2015 **Resumen**
Aceptado: 22.07.2015

En los exámenes médicos preparticipación deportiva, el análisis de las estructuras anatómicas que no están directamente relacionadas con el deporte en cuestión, suele ser más superficial. Un examen más detallado del aparato locomotor podría revelar la existencia de ciertas anomalías que, en ocasiones pueden pasar desapercibidas.

El objetivo de este estudio es describir la prevalencia de trastornos estructurales del aparato locomotor en una población de deportistas adolescentes de élite de la Comunidad de Madrid. Establecer la relación de alteraciones con la práctica de deportes simétricos o asimétricos.

Estudio transversal descriptivo. Nivel de evidencia II-III.

Nuestra población de estudio incluye deportistas pertenecientes al plan de tecnificación de la Comunidad de Madrid: 102 deportistas, 66 hombres y 36 mujeres con edades comprendidas entre 12 y 19 años. Un grupo control está compuesto por deportistas de natación, deporte considerado simétrico y el segundo grupo por deportistas practicantes de deportes considerados asimétricos: esgrima y bádminton. Los deportistas fueron examinados siguiendo un método cegado por tres diferentes especialistas que utilizaron el mismo protocolo.

Se ha empleado el contraste de hipótesis para variables cualitativas, con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

Noventa y seis deportistas (94,1%) presentaron algún tipo de alteración estructural y/o postural en los exámenes médicos preparticipación deportiva. No encontramos correlación significativa ($p < 0,05$) entre los diferentes deportes en las alteraciones en la columna vertebral, las rodillas, las extremidades y la huella plantar, independientemente fueran simétricos o asimétricos ($p < 0,05$).

Conclusiones: Nuestro estudio muestra una alta prevalencia de variaciones estructurales en los adolescentes que practican deporte de alto nivel. No encontramos relación entre practicar un deporte asimétrico y la prevalencia de escoliosis u otra alteración músculo-esquelética.

Palabras clave:

Escoliosis. Medicina del deporte. Exploración clínica. Alteraciones musculoesqueléticas. Deformidades del pie.

Comparative study between symmetrical and asymmetrical sports by static structural analysis in adolescent athletes

Summary

In pre-participative sports medical examinations, the analysis of the anatomical structures that are not directly related to the sport in question, is usually more superficial. A more detailed assessment of the locomotive system may reveal the existence of certain anomalies, which may occasionally go unnoticed.

The aim of this study is to describe the prevalence of structural disorders of the locomotive system among elite-level athletes from the Community of Madrid. To establish the relationship between alterations and practising symmetrical or asymmetrical sports.

Descriptive cross-sectional study Level of evidence II-III

Our study sample includes athletes that are members of the Community of Madrid Sports Technification Plan. 102 athletes, 66 males and 36 females aged between 12 and 19 years. One control group comprises swimming athletes, a sport considered to be symmetrical, and the second group comprises athletes practising sports considered to be asymmetrical: fencing and badminton. The athletes were examined following a blind method by three different specialists using the same protocol.

Hypothesis contrasting has been used for qualitative variables, with a 95% confidence level ($p < 0.05$).

Ninety-six athletes (94.1%) displayed some kind of structural and/or postural alteration in the pre-participative sports medical examinations. No significant correlation was found ($p < 0.05$) between the different sports on alterations to the spine, knees, extremities and footprint, regardless of whether they were symmetrical or asymmetrical ($p < 0.05$).

Conclusions: Our study revealed a high prevalence of structural variation in high-level adolescent athletes. No relationship was found between practising an asymmetrical sport and the prevalence of scoliosis or other muscular-skeletal alterations.

Key words:

Scoliosis. Sports medicine. Medical history taking. Musculoskeletal abnormalities. Foot deformities.

Este trabajo ha sido realizado gracias a las becas de investigación del Centro de Medicina del Deporte de la Comunidad de Madrid.

Correspondencia: Juan José Ramos-Álvarez
E-mail: jjramosa@ucm.es

Introducción

Los objetivos principales de un reconocimiento médico previo a la participación deportiva incluyen, por un lado, descartar cualquier patología que pueda condicionar o impedir la incorporación a un deporte determinado, y por otro lado, evaluar la capacidad física en el momento actual. Esta información nos permite establecer un entrenamiento individualizado y ajustado a las características físicas y técnicas del deportista y adecuado a las necesidades del deporte practicado¹. La mayoría de las veces, el análisis de las estructuras anatómicas que no están relacionadas directamente con el deporte en concreto, es más superficial y en muchas ocasiones pueden obviarse determinadas variaciones estructurales que podrían condicionar el rendimiento o aumentar la incidencia de lesiones². Por un lado, el deporte de alta intensidad durante el crecimiento y la adolescencia puede contribuir a asimetrías músculo-esqueléticas³ y por otro lado, los mal alineamientos articulares, pueden condicionar la presencia de lesiones⁴⁻⁸ y ser un factor de riesgo de osteoartritis^{9,10}. Un reconocimiento más detallado del aparato locomotor podría revelar la existencia de ciertas alteraciones cuya corrección nos podría mejorar ambos aspectos. Su detección pudiera ser más relevante en la época de crecimiento acelerado, durante la adolescencia (10-11 a 17 años en las niñas y de 12 a 19 años en los niños)¹¹. En esta época, el sistema músculo-esquelético puede ser especialmente sensible a las fuerzas de tracción ejercidas sobre él¹²⁻¹⁶. En segundo lugar, tradicionalmente, se ha venido desaconsejando la práctica de un deporte asimétrico a los jóvenes deportistas que presentaban alguna alteración estructural de la columna en el plano frontal, por considerarse que estos deportes empeorarían dichas alteraciones al sobrecargar un lado del cuerpo^{15,17-19}.

El objetivo de nuestro estudio es describir la prevalencia de alteraciones estructurales en la población madrileña de élite con edades comprendidas entre los 11 y los 19 años, y estudiar una posible relación con la práctica de un deporte asimétrico.

Diseño del estudio: estudio descriptivo de corte trasversal. Nivel de evidencia II-III.

Material y método

La población estudiada se compone de 102 deportistas, 66 varones y 36 mujeres con edades comprendidas entre los 12 y 19 años (media 15,58 ± 2,14), pertenecientes a tres deportes: natación, esgrima y bádminton. El grupo control estaba compuesto por los deportistas que practicaban natación, considerado deporte simétrico. La elección de los deportes asimétricos se realizó de manera aleatoria entre todos los deportes considerados asimétricos que tenían deportistas tecnificados por la Comunidad de Madrid (balonmano, tenis, lanzamientos, esgrima y bádminton) (Diagrama de flujo, Figura 1). Todos los deportistas pertenecen al plan de tecnificación de la Comunidad de Madrid (CM) (España), tienen más de tres años de práctica deportiva específica y un mínimo de dos horas de entrenamiento al día. Fueron remitidos al Centro de Medicina Deportiva de la CM por las distintas federaciones deportivas a lo largo de los tres últimos años, para su seguimiento médico-deportivo. La Tabla 1 contiene el número total de deportistas clasificados según el sexo y deporte con sus características antropométricas.

Figura 1. Diagrama de Flujo.

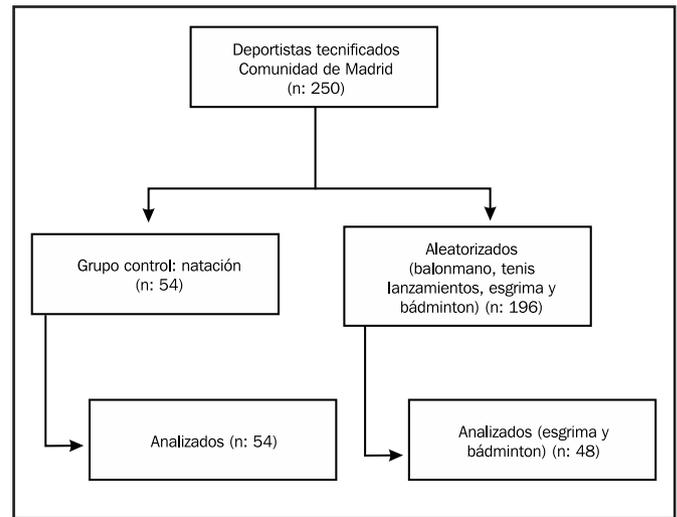


Tabla 1. Distribución de la muestra por sexos.

	n	Edad	Altura	Peso
Mujeres				
Natación	23	14 ± 1,9	1,64 ± 0,07	54,8 ± 8,46
Bádminton	7	16 ± 1,29	1,63 ± 0,02	57,5 ± 3,60
Esgrima	6	18,5 ± 0,83	1,60 ± 0,05	56,4 ± 4,41
Total	36	15,19 ± 2,33	1,64 ± 0,06	55,6 ± 7,17
Hombres				
Natación	31	14,5 ± 1,7	1,69 ± 0,09	58,3 ± 11,5
Bádminton	16	16,6 ± 1,8	1,70 ± 0,15	65,5 ± 10,61
Esgrima	19	17,15 ± 1,2	1,75 ± 0,06	59,4 ± 7,25
Total	66	15,78 ± 2,0	1,71 ± 0,10	60,7 ± 11,35

Todos los sujetos y sus tutores legales fueron informados de la naturaleza y las características del estudio y previamente al mismo firmaron el consentimiento informado, de acuerdo a los principios de la declaración de Helsinki para investigaciones en seres humanos²⁰.

Cada deportista fue explorado por tres médicos especialistas en medicina deportiva, mediante un método ciego, siguiendo la misma metodología de trabajo previamente consensuada.

Protocolo

El estudio estructural estático incluyó inspección anterior, lateral y posterior de columna vertebral, tórax y extremidades inferiores, frente a un cristal milimetrado, incluyendo test de la plomada y test de flexión anterior, al objeto de evaluar posibles alteraciones posturales o estructurales de la columna vertebral (escoliosis, hiperlordosis e hiper cifosis). Se valoró la huella plantar en un podoscopio, para establecer el tipo de huella (cavo o plano). Medición del ángulo femoropatelar con un goniómetro. Medición de las distancias intermaleolar e intercondilea y ángulo de extensión de la rodilla, al objeto de valorar el *genu varo, valgo o recurvatum*. Medición de la longitud de miembros inferiores desde la espina iliaca anterosuperior al maléolo interno, para valorar

posibles disimetrías. Se establecieron unos límites de normalidad para las distintas alteraciones encontradas. Se consideró *genu valgo* cuando el ángulo femoropatelar > 6° y la distancia intermaleolar > 8 cm, *genu varo* si la distancia intercondilea > 3 cm y el ángulo femoropatelar < a 3°²¹⁻²³. *Genu recurvatum* si el ángulo de la articulación de la rodilla era mayor de 180°²⁴. La valoración del pie plano y cavo mediante el podoscopio se realizó mediante la inspección visual no cuantitativa^{8,25,26}. La evaluación de la curva lumbar, se realizó mediante la determinación de la distancia existente entre la vertical de la plomada hasta el punto más alejado de la misma y que clasifica los valores como hiperlordosis si el valor es mayor a 35 mm, normal entre 20 y 35 mm e hipolordosis si el valor es menor a 20 mm²⁷. La curva cifótica se evaluó midiendo la distancia de la plomada a la apófisis espinosa de C7, considerando hipercifosis cuando la distancia era mayor de 30 mm y un dorso plano por debajo de 15 mm²⁸. El estudio de las desviaciones de la columna en el plano frontal se realizaron mediante el test de flexión anterior (Adam's test) y las medición de los ángulos por escoliómetro^{29,30}.

Los porcentajes totales de las desviaciones estructurales encontradas en pies, columna vertebral y extremidades han sido establecidos con respecto a la muestra global, mientras que el análisis de cada alteración específica se realizó sobre la muestra parcial que presentaba alguna anomalía en dicha localización.

La incidencia de desviaciones estructurales en el total de los deportistas fue comparada con la obtenida en cada deporte individual, en un intento de establecer la posible relación entre practicar un determinado deporte y el desarrollo de alguna alteración estructural. Se han estudiado igualmente los casos desglosados por sexo y deporte, valorando las posibles diferencias significativas en cada grupo. Para el tratamiento estadístico de los datos se han utilizado los paquetes informáticos SPSS 20, Epiinfo 6.0 y Statgrafics versión 6.0. Se ha empleado el contraste de hipótesis para variables cualitativas, con un nivel de confianza del 95% (p<0,05).

Resultados

En noventa y seis deportistas (94,1%) se detectó algún tipo de mal alineamiento estructural y/o postural en la exploración. Solamente en seis deportistas (5,9%) ninguno de los examinadores encontró alteraciones. Asimismo ningún deportista presentaba escoliosis secundaria (congénita, neurológica, metabólica...) de acuerdo a los criterios de la *Scoliosis Research Society* (SRS)³¹.

Las alteraciones encontradas fueron las siguientes (Tablas 2 y 3):

- *Pies*: En sesenta y un deportistas encontramos alteraciones en la huella plantar (59,8%). Seis de ellos presentaban pie plano grado I (5,9%), tres pie plano grado II (2,9%) y dos pie plano grado III (2%). Diecinueve presentaban pie precavo (18,6%), trece pie cavo grado I (12,7%) y dieciocho pie cavo grado II (17,6%). Cuarenta y un deportistas no presentaban alteraciones de la huella plantar (40,2%).
- *Extremidades inferiores*: Rodilla: encontramos alteraciones de los ejes en veintisiete deportistas (26,5%). Nueve rodillas en valgo (8,8%), seis rodillas en varo (5,9%) y doce *genu recurvatum* (11,8%). Setenta y cinco deportistas no presentaban alteraciones en los ejes de la rodilla (73,5%).

Tabla 2. Desviaciones estructurales por deportes.

Deporte	Columna	Rodillas	Dismetrías	Huella plantar
Bádminton	6 (18,2%)	4 (14,8%)	2 (9,5%)	16 (26,2%)
Esgrima	10 (30,3%)	5 (18,5%)	6 (28,6%)	13 (21,3%)
Natación	17 (51,5%)	18 (66,7%)	13 (61,9%)	32 (52,5%)
Total	33 (100%)	27 (100%)	21 (100%)	61 (100%)

Tabla 3. Desviaciones estructurales por deportes simétricos y asimétricos.

Deporte	Columna	Rodillas	Dismetrías	Huella plantar
Asimétricos	16 (48,5%)	9 (33,3%)	8 (38,1%)	29 (47,5%)
Simétricos	17 (51,5%)	18 (66,7%)	13 (61,9%)	32 (52,5%)
Total	33 (100%)	27(100%)	21(100%)	61(100%)

- *Dismetría*: veintidós deportistas presentaban disimetría (20,6%). Trece con predominio de MII (12,7%) y ocho con predominio de MID (7,8%). Ochenta y un deportistas no presentaban disimetría de miembros inferiores (79,4%).
- *Columna vertebral*: Treinta y tres deportistas (32,4%) presentaban alteraciones posturales y/o estructurales estáticas en una visión anterior y posterior de la columna vertebral, el test de flexión anterior y la medición con escoliómetro. Las alteraciones en el plano frontal fueron: diez casos de escoliosis dorsal derecha (9,8%), once escoliosis dorsal izquierda (10,8%), uno escoliosis lumbar derecha (1%), uno escoliosis lumbar izquierda (1%) y dos de doble curva torácica (2%). Las alteraciones halladas en el plano sagital fueron: cinco deportistas presentaban hiperlordosis (4,9%), uno hipercifosis (1%) y dos casos de hipercifosis con hiperlordosis (2%). Sesenta y nueve deportistas no presentaban alteraciones posturales ni estructurales de la columna vertebral (67,6%). Todos estos deportistas tenían alteraciones estructurales de la columna leves^{32,33}, ninguno de ellos presentaba curvas escolióticas superiores a los 10° tras la medición con el escoliómetro. A dos deportistas (8%) se les midió una curva torácica izquierda de más de 15°, prescribiéndose estudio radiográfico, encontrándose curvas de 18 y 20° Coob para ambos casos. No se encontró correlación significativa (p <0,05) entre los diferentes deportes y las alteraciones en la columna vertebral, las rodillas, las extremidades y la huella plantar.

Discusión

La falta de progresión de un deportista y la mayor incidencia de lesiones pueden ir asociadas a alteraciones estructurales o posturales que no han sido diagnosticadas y corregidas precozmente. Un estudio estructural detallado y minucioso del aparato músculo-esquelético identifica algunas de estas alteraciones que en un examen médico-deportivo rutinario pueden no ser valoradas. En algunos casos es necesario realizar pruebas complementarias como estudios radiológicos para poder evaluarlas de manera más completa y adecuada³⁴.

En el presente estudio se han encontrado variaciones estructurales en el 94,1% de la población estudiada, resultados similares a un estudio previo en la esgrima³⁵. Aunque la mayoría de estas desviaciones pudieran ser consideradas variaciones de la normalidad, ya que en muchos casos, no hay un acuerdo consensuado con estrictos criterios clínicos o radiológicos para la definición de un pie plano³⁶. Con respecto a las disimetrías de miembros inferiores consideramos una diferencia de 5 mm o más entre ambos, aunque la mayoría de los autores no considera anomalías estructurales a disimetrías inferiores a un centímetro, tampoco conocemos su evolución a largo plazo en adolescentes que practican deporte a alta intensidad, ni las posibles consecuencias en la incidencia de lesiones. No obstante, la alta incidencia de desviaciones encontrada induce a pensar que un estudio más profundo del aparato músculo-esquelético revelaría la existencia de anomalías que, aunque no evidentes en un examen superficial, pudieran condicionar el rendimiento y aumentar la incidencia de lesiones, por lo que sería aconsejable realizar estudios prospectivos a largo plazo. En cualquier caso, sería adecuado el diagnóstico y el intento de corrección precoz antes de que el deportista alcanzara la alta competición. Los hallazgos encontrados, así como estudios previos^{35,37} llevan a considerar la necesidad de realizar un examen estructural más exhaustivo en los niños que comienzan su carrera deportiva.

La práctica deportiva en general parece no estar asociada a la aparición o evolución de una escoliosis³⁸, aunque hay estudios que sugieren que la práctica de un deporte de élite desde edades tempranas presentan mayor prevalencia de escoliosis^{17,39-42}. Estos datos coinciden con los encontrados en el presente trabajo, donde el porcentaje de alteraciones estructurales en la columna vertebral en la población estudiada fue de un 32,4%. Esta cifra se encuentra por encima de la población general⁴³⁻⁴⁵ y es superior al porcentaje encontrado en un estudio anterior³⁷. En el presente estudio, no se han encontrado curvas escolióticas de más de 20°, lo que puede sugerir que la escoliosis de más de 20° puede ser un factor limitante para la práctica del deporte de élite. No obstante, las alteraciones estructurales encontradas obligan a establecer una atención especial por parte del personal sanitario que realiza reconocimientos a los niños y adolescentes, sobre todo en deportistas de alto nivel. Además es importante hacer hincapié en el diagnóstico diferencial de una escoliosis estructural, sobre todo en las curvas torácicas izquierdas⁴⁶. En estos casos está recomendado un estudio radiográfico o topográfico complementario, ya que la exploración puede ser insuficiente para valorar dichas curvas³⁴.

Clásicamente se ha relacionado una mayor incidencia de escoliosis y adaptaciones músculo-esqueléticas asimétricas entre los practicantes de deportes que manejan mayoritariamente un segmento corporal, considerados asimétricos^{15,17-19}, aunque otros autores no han encontrado los mismos resultados en la esgrima⁴⁷. En el presente estudio, no hemos encontrado relación entre las alteraciones estructurales y la práctica de un determinado deporte, simétrico o asimétrico.

Hasta el momento no existen fuertes evidencias científicas que demuestren que un plan de ejercicios compensatorios pudieran incidir en la progresión de una escoliosis⁴⁸, de la misma manera, la práctica de un deporte asimétrico, como se constata en el presente estudio, no parece aumentar el riesgo de escoliosis incluso si su realización se produce a nivel competitivo.

Todos los deportistas examinados respondieron un cuestionario sobre el tipo de actividad física realizada y todos ellos realizaban ejercicios compensatorios en el eje no dominante como parte del entrenamiento. No se conoce si ésta puede ser la causa de no encontrarse diferencias entre deportes simétricos y asimétricos. No obstante los resultados obtenidos llevan a insistir en la necesidad de realizar ejercicios compensatorios como parte del entrenamiento.

Limitaciones del estudio: el presente trabajo es un estudio piloto con una población deportiva adolescente de élite procedente de una región española determinada. Por lo que recomendamos estudios con grandes poblaciones. No hemos utilizado un grupo control de población general, lo que pudiera ser una limitación al estudio. No obstante el objetivo del mismo era describir las alteraciones en deportistas de alto nivel y alertar sobre las posibles consecuencias de las mismas para el rendimiento.

Conclusiones

El presente estudio muestra una alta prevalencia de variaciones estructurales en los adolescentes que practican deporte de alto nivel, por lo que se debe alertar sobre la importancia de un examen físico detallado en los reconocimientos preparticipación deportiva. No se encuentra relación entre practicar un deporte asimétrico y la prevalencia de escoliosis u otra alteración músculo-esquelética.

Bibliografía

- DeSimone G, Stenger L. Profile of a group exercise participant: health screening tools. In: DeSimone G, ed. *ACSM's Resources for the group exercise instructor*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2012:10-33.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59.
- Chantraine A. Knee joint in soccer players: osteoarthritis and axis deviation. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17(4):434-9.
- Lun V, Meeuwisse WH, Stergiou P, Stefanyshyn D. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *Br J Sports Med*. 2004;38(5):576-80.
- Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med*. 2002;36(2):95-101.
- Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP. Injuries in runners: a prospective study of alignment. *Clin J Sport Med*. 1998;8(3):187-94.
- McKellop HA, Llinas A, Sarmiento A. Effects of tibial malalignment on the knee and ankle. *Orthop Clin North Am*. 1994;25(3):415-23.
- Dahle LK, Mueller MJ, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1991;14(2):70-4.
- Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, Belo JN, Bernsen RM, Reijman M, et al. Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 2007;56(4):1204-11.
- 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(2):188-95.
- Greulich W, Pyle S. *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*. Stanford University Press; 1999.
- Alexander CJ. Effect of growth rate on the strength of the growth plate-shaft junction. *Skeletal Radiology*. 1976;1:67-76.
- Bollinger A. Children and tennis. In: Bollinger A, ed. *Get fit for tennis*. London: Pelham Books Ltd; 1982:101-4.

14. Arkin AM, Katz JF. The effects of pressure on epiphyseal growth. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1956;38A:1056-76.
15. Swärd L. The Thoracolumbar in young élite athletes. Current concepts on the effects of physical training. *Sports Medicine*. 1992;13(5):357-64.
16. Schmorl G, Junghans H. *The Human Spine in Health and Disease*. New York: Grune and Strettan; 1971.
17. Ueno M, Takaso M, Nakazawa T, Imura T, Saito W, Shintani R, et al. A 5-year epidemiological study on the prevalence rate of idiopathic scoliosis in Tokyo: school screening of more than 250,000 children. *J Orthop Sci*. 2011;16(1):1-6.
18. Watson AW. Posture and participation in sport. *J Sports Med Phys Fitness*. 1983;23(3):231-9.
19. Jayanthi N, Esser S. Racket sports. *Curr Sports Med Rep*. 2013;12(5):329-36.
20. World, Medical, Association 2014; Pages <http://www.wma.net/es/30publications/10policias/b3/>.2015.
21. Heath CH, Staheli LT. Normal limits of knee angle in white children--genu varum and genu valgum. *J Pediatr Orthop*. 1993;13(2):259-62.
22. Arazi M, Ogun TC, Memik R. Normal development of the tibiofemoral angle in children: a clinical study of 590 normal subjects from 3 to 17 years of age. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(2):264-7.
23. Desai SS, Shetty GM, Song HR, Lee SH, Kim TY, Hur CY. Effect of foot deformity on conventional mechanical axis deviation and ground mechanical axis deviation during single leg stance and two leg stance in genu varum. *Knee*. 2007;14(6):452-7.
24. Bussière C, Ait Si Selmi T, Neyret P. Genu recurvatum. *Encycl Méd Chir. Appareil locomoteur*. 2001;14:327-A-10.
25. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics*. 1987;20:547-51.
26. Razeghi S, Lang T, Behrens R. Influence of percutaneous endoscopic gastrostomy on gastroesophageal reflux: a prospective study in 68 children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2002;35(1):27-30.
27. Yuing FTA, Almagià AF, Lizana PJ, Rodríguez RFJ, Ivanovic DM, Binivignat GO, et al. Comparison of Two Method for Measuring the Lumbar Curve. *Int. J. Morphol*. 2010;28(2):509-13.
28. Serna L, Santonja F, Pastor A. Clinical exploration of the spine sagittal vew. *Selección*. 1996;5(2):88-102.
29. Cote P, Kreitz BG, Cassidy JD, Dzus AK, Martel J. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(7):796-802; discussion 3.
30. Bunnell WP. An objective criterion for scoliosis screening. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66(9):1381-7.
31. Scoliosis Research Society 2015; Pages <http://www.srs.org/>.
32. Ward WT, Rihn JA, Solic J, Lee JY. A comparison of the lenke and king classification systems in the surgical treatment of idiopathic thoracic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(1):52-60.
33. Bunnell WP. Spinal deformity. *Pediatr Clin North Am*. 1986;33(6):1475-87.
34. Fong DY, Lee CF, Cheung KM, Cheng JC, Ng BK, Lam TP, et al. A meta-analysis of the clinical effectiveness of school scoliosis screening. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(10):1061-71.
35. Ramos-Álvarez JJ, Del Castillo-Campos MJ, Ramón-Rey ML, Segura JL, Bosch MA. Static structural research study on fencers sponsored by the Comunidad Autónoma de Madrid. In: Iglesias X, ed. *Fencing, Science and Technology*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. INEF; 2008.
36. Mosca VS. Flexible flatfoot in children and adolescents. *Journal of Children Orthopaedics*. 2010;4(2):107-21.
37. Del Castillo-Campos MJ, Ramos-Álvarez JJ, Antelo-Suarez O, Lara-Hernández MT. Prevalencia de escoliosis en deportistas madrileños de élite. *Arch Med Deporte*. 1997;14(58):119-25.
38. Listernick R. A 14-year-old girl with leg length discrepancy. *Pediatr Ann*. 2012;41(4):138-41.
39. Suh SW, Modi HN, Yang JH, Hong JY. Idiopathic scoliosis in Korean schoolchildren: a prospective screening study of over 1 million children. *Eur Spine J*. 2011;20(7):1087-94.
40. Maffulli N, Longo UG, Spiezia F, Denaro V. Aetiology and prevention of injuries in elite young athletes. *Med Sport Sci*. 2011;56:187-200.
41. Schmid AB, Dyer L, Boni T, Held U, Brunner F. Paraspinal muscle activity during symmetrical and asymmetrical weight training in idiopathic scoliosis. *J Sport Rehabil*. 2010;19(3):315-27.
42. Kenanidis EI, Potoupnis ME, Papavasiliou KA, Sayegh FE, Kapetanos GA. Adolescent idiopathic scoliosis in athletes: is there a connection? *Phys Sportsmed*. 2010;38(2):165-70.
43. Fields KB, Sykes JC, Walker KM, Jackson JC. Prevention of running injuries. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9(3):176-82.
44. Negrini S, Kenanidis E, Potoupnis ME, Papavasiliou KA. Adolescent idiopathic scoliosis and exercising: is there truly a liaison? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(4):419; author reply -20.
45. Harvey WF, Yang M, Cooke TD, Segal NA, Lane N, Lewis CE, et al. Association of leg-length inequality with knee osteoarthritis: a cohort study. *Ann Intern Med*. 2010;152(5):287-95.
46. Matusik E, Durmala J, Matusik P, Piotrowski J. Evaluation of nutritional status of children and adolescents with idiopathic scoliosis: a pilot study. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2012;14(4):351-62.
47. Azémar G. A propos des affections chroniques imputables a la pratique de l'escrime: scoliose non, coxarthrose peut-etre !. *Cinesilogie*. 1975;56:74-86.
48. Romano M, Minozzi S, Zaina F, Saltikov JB, Chockalingam N, Kotwicki T, et al. Exercises for adolescent idiopathic scoliosis: a Cochrane systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(14):E883-93.