

ORIGINAL ARTICLE

Effect of a Physiotherapeutic Intervention on the Kinematics of the Knee in Girls with Femoral Anteversion

Efecto de una Intervención Fisioterapéutica sobre la Cinemática de la Rodilla en Niñas con Anteversión Femoral

Israel Miguel-Andrés^{1*}, Alicia López-Ortiz², Emilio Manuel Arrayales-Millán²

¹Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC, A.C. León, Guanajuato, México.

²Facultad de Deportes, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.

* Correspondence: Israel Miguel-Andrés, Omega 201, Col. Industrial Delta, C.P. 37545, León, Guanajuato, México. imiquel@ciatec.mx

Abstract

Objectives: The objective of this study was to determine the effect of a 12-week fitness program on the pathology of femoral anteversion in six-year-old girls, by measuring the ranges of movement of the knees during the gait cycle before and after the intervention. Seven six-year-old girls with femoral anteversion participated in the study.

Material and Methods: First, the gait of the girls was evaluated with the help of an infrared camera system and reflective markers. After the evaluation of the gait in the participants, the process of physiotherapeutic intervention was started. After the 12 weeks of the physiotherapeutic intervention had elapsed, the gait was re-evaluated to determine the effect of the intervention.

Results: Paired sampled t-test analysis showed a significant difference in the decrease in the range of motion of the right knee after the intervention, between 50% and 81% of the gait cycle (p -value <0.05). The left knee showed a significant difference after treatment, between 50% and 76% of the gait cycle (p -value <0.05).

Conclusion: the physiotherapeutic rehabilitation treatment generated a significant decrease in the range of movement of both knees in the oscillation stage.

Key Words: gait, femoral anteversion, knee, physical therapy.

Resumen

Objetivos: El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de un programa de acondicionamiento físico de 12 semanas, sobre la patología de anteversión femoral en niñas de seis años, a través de la medición de los rangos de movimiento de las rodillas durante el ciclo de marcha, antes y después de la intervención. Siete niñas de seis años de edad con anteversión femoral participaron en el estudio.

Material y Métodos: Primero, se evaluó la marcha de las niñas con la ayuda de un sistema de cámaras infrarrojas y marcadores reflejantes. Posterior a la evaluación de la marcha de los participantes, se continuó con el proceso de intervención fisioterapéutica. Una vez transcurridas las 12 semanas de la intervención fisioterapéutica, se procedió a evaluar nuevamente la marcha para determinar el efecto de la intervención.

Resultados: El análisis t-test de muestras pareadas mostró una diferencia significativa en la disminución del rango de movimiento de la rodilla derecha posterior a la intervención, entre el 50% y 81% del ciclo de marcha (p -value <0.05). La rodilla izquierda mostró una diferencia significativa posterior al tratamiento, entre el 50% y 76% del ciclo de marcha (p -value <0.05).

Conclusiones: El tratamiento fisioterapéutico de rehabilitación generó una disminución significativa del rango de movimiento de ambas rodillas en la etapa de oscilación.

Palabras Clave: marcha, anteversión femoral, rodilla; terapia física.

Received: 25 April 2020; Acept: 26 December 2020.

Conflictos de Interés

Ninguno Declarado.

Fuentes de Financiación

Ninguno Declarado.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyar al estudiante de posgrado involucrado en el desarrollo del presente trabajo.

Introducción

La anteversión femoral es un trastorno de rotación interna de los miembros inferiores y se presenta con mayor frecuencia en las niñas. Este padecimiento es una de las mayores preocupaciones de los padres al observar que los niños comienzan a rotar los pies hacia adentro al caminar, produciendo tropiezos frecuentes y en ocasiones hasta caídas¹⁻⁴. Aunque el desarrollo y crecimiento normal de los niños llega a corregir un gran porcentaje de esta alteración, aún queda un número considerable de casos que no se resuelven por sí mismos, generando trastornos articulares variables en relación con el grado de anteversión residual en la pubertad, y favoreciendo una amplia gama de otros defectos posturales.^{1,5,6}

El trastorno de anteversión femoral puede provocar en los niños retraso en el desarrollo de habilidades y destrezas motoras. Por lo anterior, es de suma importancia implementar intervenciones fisioterapéuticas que ayuden al fortalecimiento de los músculos flexo-extensores de la rodilla y rotadores externos de la cadera que permita corregir la anteversión femoral en una etapa temprana. En la mayoría de los casos, la anteversión femoral se presenta de forma bilateral.

Es necesario analizar este tipo de trastornos que se presentan en los tres planos del cuerpo humano, mediante una exploración física y estudio de la marcha, y comparar los datos en función de la edad. Se ha mencionado que este tipo de patologías se resuelven con el crecimiento, sin embargo, en los casos que la patología prevalece, es necesario implementar tratamientos correctivos ya que pueden generar problemas articulares. El procedimiento quirúrgico para el tratamiento de este tipo de patología es poco frecuente, se presentan en uno por cada 1000 pacientes⁷⁻¹¹.

Los problemas de rotación de las extremidades inferiores en niños y adolescentes a menudo genera preocupación en los padres, por lo que genera un alto número de consultas con los especialistas en ortopedia^{4,6}. No existen trabajos de investigación con información concluyente acerca de los tratamientos conservadores para la anteversión femoral y sus consecuencias en la rotación de la rodilla^{11,12}. Además, a consideración de los autores no existe un trabajo similar desarrollado en niñas mexicanas con problemas de anteversión femoral, donde se estudie el efecto de un tratamiento fisioterapéutico sobre los rangos de movimiento de la rodilla en el plano sagital.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto de un programa de acondicionamiento físico de 12 semanas, sobre la patología de anteversión femoral en niñas de seis años, a través de la medición de los rangos de movimiento de las rodillas durante el ciclo de marcha, antes y después de la intervención.

Material y Métodos

Siete niñas de seis años de edad con anteversión femoral participaron en el estudio. Se desarrolló un estudio prospectivo longitudinal de 12 semanas. La selección de la muestra fue por conveniencia considerando los siguientes criterios de inclusión. Se revisó que todas las niñas presentaran anteversión femoral, ejecutaran la marcha de manera natural sin la ayuda de ningún dispositivo ortopédico y se excluyó a las participantes que presentaron problemas neurológicos. Los procedimientos, riesgos y beneficios del estudio fueron explicados a sus padres o tutores con la finalidad de obtener su consentimiento de participación voluntaria y por escrito, de acuerdo a la Ley General de Salud de México y cuidando los principios de la Declaración de Helsinki.

Procedimiento

Se invitó a padres o tutores y participantes a asistir al laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Deportes de la Universidad para la medición de la cinemática de la rodilla durante el ciclo de marcha. A todas las niñas se les explicó el procedimiento a seguir para la medición de los rangos de movimiento y el tiempo de duración de las pruebas. Se registraron los datos personales de los participantes seguidos de sus datos antropométricos, como edad, peso y altura. Posteriormente, se preparó el sistema de cámaras infrarrojas Vicon (11 cámaras Vicon Motion Systems Ltd. All rights reserved) y se colocaron 39 marcadores reflejantes (10 mm de diámetro) sobre la estructura corporal siguiendo el manual de ayuda del sistema. Los marcadores se colocaron sobre el cuerpo con cinta adhesiva doble cara. Una vez colocados los marcadores y preparado el sistema de medición, se le permitió a cada niña hacer pruebas de marcha para familiarizarse con el entorno y las cámaras. Una vez que la participante mostró confianza, se le pidió que caminara en línea recta de forma natural una distancia de tres metros. Se grabaron los datos coordinados xyz de los marcadores durante ocho repeticiones de cada participante.

Posterior a la evaluación de la marcha de los participantes, se continuó con el proceso de intervención fisioterapéutica. Actividades de acondicionamiento físico de 50 minutos para el fortalecimiento de los músculos flexo-extensores de la rodilla y rotadores externos de la cadera. Se realizaron tres sesiones por semana durante un periodo de 12 semanas. Cada sesión de acondicionamiento físico se dividió en dos partes, la primera fue para realizar ejercicios de calentamiento y estiramiento durante 20 minutos y la segunda fue para realizar ejercicios con actividad física de nivel moderado a intenso durante 30 minutos. Las actividades consideradas en la intervención fueron, patadas hacia atrás, sentadillas, pasos laterales, salto en ambos pies, marcha de talones hacia el frente, marcha de talones hacia atrás y saltar en un pie alternándolo cada tres pasos.

Por último, una vez transcurridos las 12 semanas de la intervención fisioterapéutica, se procedió a evaluar nuevamente la marcha para determinar el efecto de la intervención. Por lo que se invitó nuevamente a los padres o tutores a asistir al laboratorio de la Universidad para realizar las pruebas del ciclo de marcha. Con la información obtenida durante las pruebas, se procedió a realizar la comparación de los rangos de movimiento de la rodilla antes y después del tratamiento fisioterapéutico.

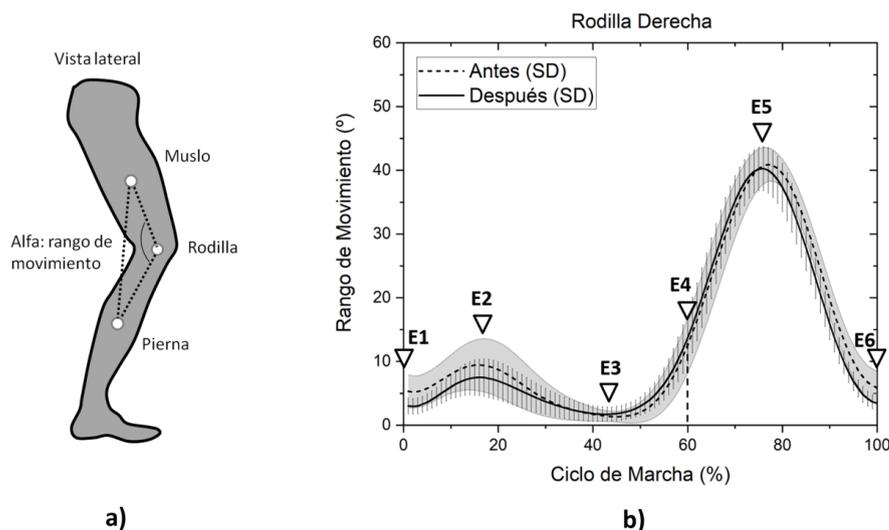
Procesamiento de datos

Posterior al desarrollo de las pruebas antes y después de la intervención fisioterapéutica, se procedió a realizar el análisis y procesamiento de los datos. Se etiquetaron los 39 marcadores de acuerdo al manual de Vicon en el software de Nexus versión 2.8.1. La frecuencia de muestreo de las pruebas fue de 100 Hz. La localización (xyz) de cada uno de los marcadores en un sistema coordinado 3D se exportó en un archivo de texto (txt). Estos datos fueron analizados en Matlab R2015a versión 8.5.0.197613. Primero los datos fueron filtrados hacia adelante y hacia atrás (*filtfilt*) con un filtro Butterworth Pasa Bajas de segundo orden y una frecuencia de corte de 5 Hz.

Esto con la intención de poder eliminar cualquier ruido en los marcadores y eliminar cualquier desfase en la señal.

El rango de movimiento de la rodilla izquierda y derecha en cada participante fue calculado a través de un triángulo en el plano sagital e implementando la ley de cosenos. Se consideraron tres marcadores en cada extremidad inferior para la conformación del triángulo (rodilla, pierna y muslo), como se muestra en la Figura 1a.

Figura 1 a) Vista lateral de la extremidad inferior derecha con los tres marcadores que conforman el triángulo en el plano sagital y b) Rango de movimiento de la rodilla antes y después de la intervención fisioterapéutica en el sujeto uno: E1 choque de talón, E2 Apoyo plantar, E3 Apoyo medio, E4 despegue del pie, E5 Flexión máxima de rodilla y E6 choque de talón.



El rango de movimiento de la rodilla durante el ciclo de marcha fue calculado para cada una de las participantes, antes y después de la intervención. Para tener un mejor control de las variaciones presentes en el estudio, se excluyeron la primera y última prueba en cada participante. Posteriormente se segmentaron todos los ciclos de marcha de las 6 pruebas restantes y se normalizaron de 0 a 100%.

Una vez normalizados los ciclos, se procedió a calcular el promedio y la desviación estándar, como se muestra en la Figura 1b. Además, para tener una mejor apreciación de los datos y poder realizar una comparación del antes y después del proceso de rehabilitación, se seleccionaron seis puntos específicos del ciclo de marcha, como se muestra en la Figura 1b.

El primero es el E1 (choque de talón), representa el inicio del ciclo de marcha en el instante que el talón hace contacto con la superficie del suelo. El segundo es el apoyo plantar (E2 cuando la parte anterior del pie hace contacto con el suelo), el tercero es el apoyo medio (E3 cuando la rodilla se encuentra totalmente extendida), el cuarto es el despegue del pie (E4 inicia la fase de oscilación del pie), el quinto es la flexión máxima de la rodilla (E5 es el máximo grado de flexión de la rodilla) y el sexto es nuevamente el choque del talón (E6 un instante poco antes de iniciar nuevamente el choque de talón).

Los valores del rango de movimiento en cada uno de estos puntos E1-E6 fueron comparados antes y después de la intervención en cada uno de los participantes.

Finalmente, se promediaron todos los ciclos de marcha de las siete participantes antes y después de la intervención fisioterapéutica y se realizó un análisis estadístico t-test pareada para determinar si las diferencias eran significativas posterior a la intervención.

Análisis estadístico

El efecto de la intervención fisioterapéutica en el rango de movimiento de la rodilla, en niñas con anteversión femoral, fue analizado mediante un análisis estadístico t-test de muestras pareadas o dependientes. Considerando un intervalo de confianza del 95% y un p -value de 0.05, el análisis estadístico t-test mostró una diferencia significativa en la disminución del rango de movimiento de la rodilla derecha posterior a la intervención, entre el 50% y 81% del ciclo de marcha (p -value<0.05). Para la rodilla izquierda, el análisis estadístico mostró una diferencia significativa en la disminución del rango de movimiento de la rodilla posterior al tratamiento, entre el 50% y 76% del ciclo de marcha (p -value<0.05).

Resultados

La Tabla 1 presenta los rangos de movimiento de la rodilla derecha en cada una de las etapas del ciclo de marcha (E1 al E6) antes y después de la intervención fisioterapéutica. Es evidente del análisis de los datos que en la mayoría de los casos el rango de movimiento de la rodilla derecha fue mayor en casi todas las etapas antes del proceso de rehabilitación.

Para la etapa E1 (choque de talón), los sujetos 3 y 5 presentaron mayor amplitud en el rango de movimiento después de la intervención. Para la etapa E2 (apoyo plantar), los sujetos 5 y 6 presentaron un incremento en el rango de movimiento después de las sesiones de actividad física. Para la etapa E3 (apoyo medio), los sujetos 1, 4 y 6 presentaron un ligero incremento en el rango de movimiento posterior a la intervención. Para la etapa E4 (despegue del pie), únicamente el sujeto 1 presentó un incremento mayor después de las actividades físicas. Para la etapa E5 (máxima flexión de la rodilla), el sujeto 5 presentó un incremento posterior a la intervención. Finalmente, en la etapa E6 (choque de talón), los sujetos 2, 3 y 5 presentaron un incremento en el rango de movimiento de la rodilla después del tratamiento fisioterapéutico.

Tabla 1 Rango de movimiento de la rodilla derecha antes y después del tratamiento fisioterapéutico.

Rodilla Derecha Etapa	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3		Sujeto 4		Sujeto 5		Sujeto 6		Sujeto 7	
	Antes (°)	Después (°)												
E1 (Choque de talón)	5.307	3.018	1.793	1.644	6.587	6.902	3.137	3.057	3.047	7.553	6.814	4.737	4.529	3.243
E2 (Apoyo plantar)	9.438	7.496	9.925	6.958	12.274	12.175	12.145	9.895	8.613	12.498	10.785	12.583	14.705	9.619
E3 (Apoyo medio)	1.322	1.704	10.586	1.109	6.897	4.085	4.122	4.905	2.235	1.816	4.654	5.249	7.706	0.278
E4 (Despegue del pie)	12.565	13.732	17.193	8.652	21.744	18.342	19.884	13.417	11.829	8.527	24.596	15.705	18.078	15.984
E5 (Max Flex de rodilla)	40.897	40.267	47.007	44.09	47.621	47.188	54.226	44.391	41.33	42.471	58.026	51.506	43.991	42.847
E6 (Choque de talón)	5.846	3.434	1.522	1.748	6.338	7.086	3.981	2.145	3.396	7.163	6.708	4.956	4.619	3.514

La Tabla 2 presenta los rangos de movimiento de la rodilla izquierda (E1 al E6) para cada una de las participantes durante el ciclo de marcha, antes y después de la intervención. Los sujetos 1 y 2 presentaron mayor amplitud en el rango de movimiento antes de la práctica de las actividades físicas. Sin embargo, los sujetos 3, 5 y 6 no se comportaron de la misma manera.

Rodilla Izquierda	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3		Sujeto 4		Sujeto 5		Sujeto 6		Sujeto 7	
Etapa	Antes (°)	Después (°)												
E1 (Choque de talón)	9.381	2.823	3.737	3.032	5.041	6.485	5.144	6.156	7.73	10.696	6.053	7.056	6.57	3.805
E2 (Apoyo plantar)	13.89 4	5.134	6.108	4.169	10.32 2	11.826	9.914	7.316	11.17 8	17.067	10.60 9	12.515	13.45 6	8.134
E3 (Apoyo medio)	3.076	1.455	1.914	1.199	4.57	3.175	0.33	2.188	2.589	3.084	2.065	5.444	5.076	0.777
E4 (Despegue del pie)	22.60 9	14.037	7.594	5.301	20.67 2	21.441	22.42 4	15.926	23.53 2	10.044	20.83 1	13.394	18.58 6	19.031
E5 (Max Flex de rodilla)	50.55 2	39.522	45.51 8	41.241	43.64 8	53.122	56.85 8	48.331	46.95 1	39.47	57.64 8	49.136	51.29 5	44.092
E6 (Choque de talón)	9.427	2.983	3.481	2.589	4.67	6.708	5.116	6.572	7.742	10.825	5.784	6.716	4.299	4.468

Tabla 2 Rango de movimiento de la rodilla izquierda antes y después del tratamiento fisioterapéutico

La Figura 2 muestra el promedio y la desviación estándar del rango de movimiento de la rodilla derecha de las siete participantes antes y después de la intervención fisioterapéutica. Es evidente que existe una disminución en el rango de movimiento después de la intervención fisioterapéutica en las participantes. La disminución del rango de movimiento se hace más evidente entre el 30% y 80% del ciclo de marcha, poco antes del apoyo medio, cuando la rodilla está totalmente extendida y poco después de la flexión máxima de la rodilla en la fase de oscilación.

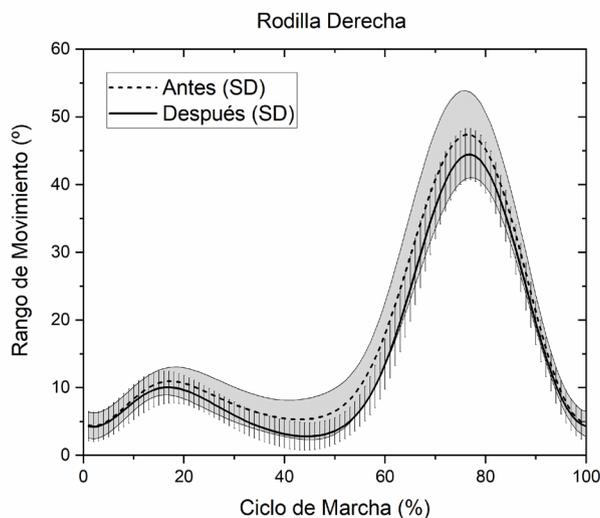


Figura 2 Rango de movimiento de la rodilla derecha antes y después de la intervención fisioterapéutica. Promedio y desviación estándar de las siete participantes.

La Figura 3 muestra el promedio y la desviación estándar del rango de movimiento de la rodilla izquierda, antes y después de implementar las actividades de rehabilitación física para fortalecer los músculos flexo-extensores de la rodilla y rotadores externos de la cadera. La Figura 3 muestra una disminución del rango de movimiento cerca del 15% del ciclo de marcha después de la intervención. Además, existe otra disminución del rango de movimiento visible entre 50% y 85% del ciclo de marcha, posterior a la intervención fisioterapéutica.

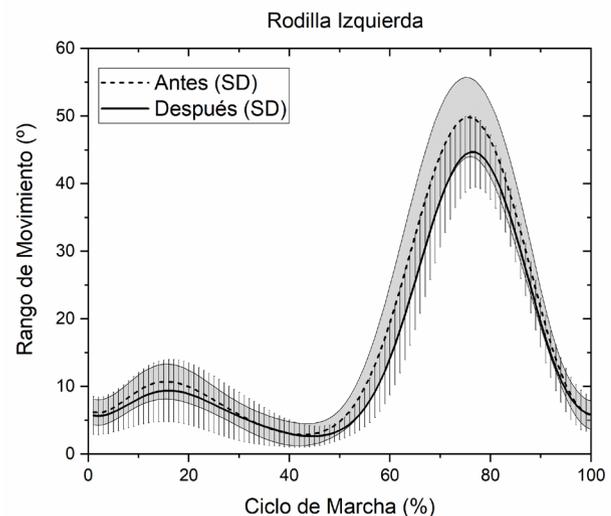


Figura 3 Rango de movimiento de la rodilla izquierda antes y después de la intervención fisioterapéutica. Promedio y desviación estándar de las siete participantes.

Discusión

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto de un programa de rehabilitación física de 12 semanas, sobre la patología de anteversión femoral en niñas de seis años, a través de la medición de los rangos de movimiento de las rodillas en el plano sagital durante el ciclo de marcha antes y después de la intervención.

Los resultados claramente evidencian una disminución del rango de movimiento de la rodilla durante la fase de oscilación. Esta disminución significativa podría ser generada debido al fortalecimiento de los músculos flexo-extensores de la rodilla y rotadores externos de la cadera, como resultados del tratamiento fisioterapéutico durante las 12 semanas.

Además, se encontró una mayor variabilidad de los rangos de movimiento de la rodilla izquierda. Es probable que este comportamiento pudiera ser debido a que la pierna izquierda no fue el miembro dominante, generando mayor cantidad de variaciones.

Este trabajo busca contribuir en el desarrollo de tratamientos fisioterapéuticos que puedan ayudar a disminuir los trastornos en la marcha generados por alteraciones como lo es la anteversión femoral. El restar importancia o no tratar este tipo de patologías que generalmente afectan los tres planos cordenados del cuerpo humano, puede ocasionar otro tipo de alteraciones articulares ^{1,5,6}.

Aunque varios autores han comentado que la anteversión femoral se resuelve espontáneamente en la mayoría de los casos con el crecimiento, es necesario analizar e implementar tratamientos en aquellos casos que la patología persiste. Esto con la intención de poder evitar trastornos futuros. ^{3,5,11}

El presente estudio presenta algunas limitaciones. Primero, los resultados no pueden ser generalizados debido al tamaño de la muestra considerada en el estudio. Segundo, hay pocos trabajos de investigación con información concluyente referido al presente tema, por lo que la comparación de resultados se vuelve difícil. Sin embargo, aunque se presentan algunas limitaciones en el estudio, los resultados indican una clara tendencia significativa en la reducción de los rangos de movimiento principalmente en la parte inicial de la etapa de oscilación (50-80% del ciclo de marcha).

References

1. Jacquemier M, Glard Y, Pomero V, Viehweger E, Jouve JL, Bollini G. Rotational profile of the lower limb in 1319 healthy children. *Gait Posture*. 2008;28(2):187-193. doi:10.1016/j.gaitpost.2007.11.011
2. Larson DE. Sitting Posture of Children. *JAMA J Am Med Assoc*. 1976;235(11):1106. doi:10.1001/jama.1976.03260370016009
3. Serrano RF, Vergara Amador E, Correa Posada JR, Molano Torres AC, Guevara OA. Desarrollo angular y rotacional de los miembros inferiores en escolares entre 3 y 10 años. Estudio de dos poblaciones diferentes. *Rev Fac Med*. 2012;6(3):199-206.
4. Conejero Casares J, Torres R. Problemas ortopédicos. *Rev Form Contin la Soc Española Med la Adolesc*. 2018;6(2):66-77.
5. Staheli LT, Corbett M, Wyss C, King H. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1985;67(1):39-47. doi:10.2106/00004623-198567010-00006
6. Staheli LT. Rotational problems in children. *J Bone Joint Surg*. 1993;75(6):939-949.
7. Cerda A. L. Evaluación del paciente con trastorno de la marcha. *Rev Hosp Clín Univ Chile*. 2010;21(4):326-336. www.redclinica.cl. Accessed February 12, 2020.
8. Accadbled F, Ibnoukhatib A, Cahuzac J-P. Anomalías rotacionales de los miembros inferiores en la infancia. *EMC - Apar Locomot*. 2015;48(4):1-13. doi:10.1016/s1286-935x(15)74985-3
9. Celestre PC, Bowen RE. Correction of angular deformities in children. *Curr Orthop Pract*. 2009;20(6):641-647. doi:10.1097/BCO.0b013e3181bbc4c3
10. Friend L, Widmann RF. Advances in management of limb length discrepancy and lower limb deformity. *Curr Opin Pediatr*. 2008;20(1):46-51. doi:10.1097/MOP.0b013e3282f35eeb
11. Calzadilla Moreira V, Castillo García I, Blanco Estrada J, González Martínez E. Desviaciones torsionales de los miembros inferiores en niños y adolescentes. *Rev Cuba Med Gen Integr*. 2002;18(5):355-361.
12. Staheli LT, Lippert F, Denotter P. Femoral anteversion and physical performance in adolescent and adult life. *Clin Orthop Relat Res*. 1977;Nov-Dec(129):213-216. doi:10.1097/00003086-197711000-00028