
INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Desarrollo angular y rotacional de los miembros inferiores en escolares entre 3 y 10 años. Estudio de dos poblaciones diferentes

3- to 10-year-old schoolchildren's angular and rotational lower limb development: a study of two different populations

Rafael Fernando Serrano, Enrique Vergara-Amador • Juan Rafael Correa-Posada, Adriana Carolina Molano-Torres • Óscar Alexander Guevara

Recibido: 07 de julio 2011 / Aprobado: 15 de septiembre 2012

| Resumen |

Antecedentes. Las alteraciones rotacionales y angulares son causa frecuente de consulta ortopédica infantil. El alineamiento de los miembros inferiores es un proceso dinámico, variable con la edad, hasta hacerse similar al adulto aproximadamente a los 10 años. Entre estas tenemos la persistencia de la anteversión femoral, aumento de la torsión tibial interna o externa, el genu varu y el genu valgo.

Objetivo. Conocer los valores en el desarrollo rotacional y angular de los miembros inferiores en dos poblaciones diferentes socioculturalmente en Colombia.

Materiales y métodos. Es un estudio de corte transversal, realizado en niños entre 3 y 10 años de colegios de Bogotá y Barranquilla. Se realizó la medición clínica de los ángulos de anteversión femoral, de rodilla, muslo pie, de marcha, las distancia intermaleolar e intercondílea; por dos evaluadores.

Se seleccionó el 90% de los valores centrales como una aproximación al rango de referencia para esta población.

Resultados. Se encontró un ángulo de marcha entre -5° y 8° , y ángulo muslo pie entre 0° y 15° . La distancia intermaleolar fue en promedio 2 cm y el ángulo de rodilla fue 8° , no encontrando relación de *genu valgo* con el género ni con el estado nutricional. La anteversión femoral también disminuyó con la edad, entre los 3 y 7 años fue 20° y en los mayores de 8 años de 15° . La rotación interna de cadera fue en promedio 60° y la rotación externa de 45° . En Barranquilla se observó un mayor valor de las medidas al compararlas con Bogotá.

Discusión. Se encontró que el ángulo valgo de rodilla y la distancia intermaleolar disminuyen con la edad, así como la anteversión femoral, apreciando la edad límite de 8 años muy similar al adulto. El estudio sugiere algunas diferencias entre las 2 poblaciones estudiadas.

Palabras clave: alteraciones rotacionales, alteraciones angulares, miembros inferiores, escolares (DeCS).

R. F. Serrano • J. R. Correa Posada • A. C. Molano Torres
Ortopedista y Traumatólogo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

E. Vergara Amador
Profesor Asociado, Ortopedista y Traumatólogo. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

O. A. Guevara
Profesor Asociado, Cirugía General - Epidemiología Clínica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Correspondencia: emvergaraa@unal.edu.co

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;60:199-206.

| Summary |

Background. Rotational and angular alterations are frequently the cause of children's orthopaedic consultation. The lower limbs' alignment is a dynamic process; it varies with age, becoming similar to that of an adult when a child is around 10 years of age. However, alterations involving femoral an

teversion (leaning forward/), increased internal (foot pointing inwards) or external tibial torsion (pointing outwards), *genu varum* (bow legs) and *genu valgum* (knock knees) persist.

Objective. Ascertaining values regarding lower limb rotational and angular development in two socio-culturally different populations in Colombia.

Materials and Methods. This cross-sectional study involved children aged 3 to 10-years-old from schools in Bogotá and Barranquilla. Femoral anteversion, knee, thigh-foot and walking angles were clinically measured by two evaluators, as were intermalleolar and intercondylar distances. 90% of the central values were selected as an approximation to the reference range for this population.

Results. A -5° to 8° walking angle and 0° to 15° thigh-foot angle were found. The average intermalleolar distance was 2 cm and knee angle was 8° ; no relationship was found between *genu valgum* and gender or nutritional state. Femoral anteversion became reduced with age; it was 20° from 3 to 7 years and 15° in children aged older than 8 years. The hip's internal rotation was 60° on average and 45° for external rotation. Higher measurement values were observed in Barranquilla than in Bogotá.

Discussion. It was found that the knee's valgum angle, femoral anteversion and intermalleolar distance became reduced with age, appreciating that an age limit of 8 years was very similar to that for adults. The study suggested several differences between both populations studied here.

Key words: lower extremity abnormalities, genu varus, genu valgus, legs, school (MeSH) .

Serrano RF, Vergara-Amador E, Correa-Posada JR, Molano-Torres AC, Guevara OA. 3- to 10-year-old schoolchildren's angular and rotational lower limb development: a study of two different populations. *Rev. Fac. Med.* 2012;60:199-206.

| Introducción |

Los miembros inferiores embriológicamente se desarrollan desde un foco ectodérmico ocupado por mesodermo, y entre la quinta y octava semana se diferencia en muslo, pierna, pie y dedos. Durante este desarrollo se producen movimientos que hace que los miembros inferiores roten y den las características rotacionales y angulares a los miembros inferiores (1,2). Intrauterinamente se produce rotación externa de la cadera, rotación interna de la tibia y el pie se sitúa en posición variable (2).

El alineamiento normal de los miembros inferiores se modifica a través de la niñez. Existen trabajos que intentan informar cuál sería ese modelo normal, por ejemplo Salenius y

Vankka (3) describen el ángulo tibiofemoral para las diferentes edades en los niños.

El eje mecánico de la extremidad inferior es definido como una línea desde el centro de la cadera al centro del tobillo, esta línea normalmente pasa por el centro de la rodilla (4). Las deformidades angulares se cuantifican con el eje mecánico y es el punto de referencia en el tratamiento de estos pacientes (5).

Las deformidades angulares se pueden presentar en cualquiera de los planos coronal, sagital o transversal y pueden ser tan severas que interfieran con las actividades de los niños como al caminar, pueden producir dolor y con el tiempo incluso pueden ser la causa de un proceso artrósico y discapacitante (5,6).

Con mayor frecuencia las alteraciones rotacionales y angulares son consecuencia de vicios posturales durante el crecimiento intra y extrauterino (1).

El perfil rotacional, descrito por Staheli, mide ángulos de rotación interna y externa de la cadera, el eje muslo pie, eje transmaleolar, el ángulo del retropié y el ángulo de progresión de la marcha. Con el perfil se obtiene una idea bastante aproximada de la condición rotacional de los miembros inferiores (2,4).

Los lactantes tienen una rotación interna de cadera en promedio de 40° (10° - 60°) y rotación externa de 70° (45° - 90°), a los 10 años la rotación interna promedio es 50° (25° - 65°) y rotación externa de 45° (25° - 65°). La rotación interna aumentada se ve con frecuencia asociada a aumento de la anteversión femoral (2).

El eje muslo pie examina la rotación tibial y del retropié en relación con el eje longitudinal del muslo, indica la torsión tibial. En lactantes en promedio es 5° internos (-30° a 20°), a los 8 años es 10° externos (-5° a 30°) (2).

La anteversión femoral corrige de forma espontánea hacia los 7 a 8 años (1,2)

Los estudios de Alvik (7) y Eckhoff y cols (8) manifiestan que el aumento de la anteversión femoral lleva a rotación interna del fémur intentando hacer la función de los músculos abductores más eficiente, adicionalmente la rodilla se va en rotación interna durante el movimiento y se presenta un aflojamiento de la cápsula posterolateral de la articulación de la rodilla.

La medición de la anteversión femoral se hace por el método clínico de Ryder y con la tomografía axial computada (1).

Staheli y cols (9) recomienda la intervención quirúrgica con anteversión femoral mayor a 45° asociado a rotación interna de cadera mayor a 80° en niños por encima de 8 años.

La torsión tibial puede ser externa o interna siendo la interna más frecuente. Se caracteriza por un ángulo de marcha y ángulo muslo pie negativo.

A los 5 meses de edad gestacional el feto tiene aproximadamente 20° de torsión tibial interna, en los neonatos el promedio es 4° interno y en el adulto hay 23° en promedio de torsión tibial externa (2).

La torsión tibial externa aparece a medida que la anteversión femoral disminuye luego del inicio de la marcha. La torsión tibial externa aumenta aproximadamente 1° por año, hasta alcanzar entre 15° y 20° en el adulto (1).

Las alteraciones angulares son fisiológicas o patológicas en cuyo caso hablaríamos de deformidades. Se presentan en formas de varo y valgo. El *genu varo* es en general fisiológico y se resuelve espontáneamente bajo el efecto de la marcha y la posición erguida antes de los 3 años, alcanzando el alineamiento normal del adulto hacia los 7 años. Más allá de los 8 años tiene poca capacidad de mejoría (1,10).

El *genu valgo* es normal entre los 3 y 7 años, no más de 5°. Si el valgo es de 15° la marcha es torpe, aumentando la abducción para evitar el choque de las rodillas. Los pies en general, se encuentran pronados, y si la deformidad es severa la rótula se subluxa hacia lateral (1).

El objetivo del trabajo fue el de conocer los valores en el desarrollo rotacional y angular de los miembros inferiores en dos poblaciones diferentes desde el punto de vista geográfico y sociocultural en Colombia, comparar los resultados encontrados en las dos poblaciones estudiadas y comparar los resultados con los reportados en la literatura mundial.

| Materiales y métodos |

Es un estudio de corte transversal con población objeto los niños entre 3 y 10 años, de colegios de Bogotá y Barranquilla, que cumplen los criterios de inclusión: edad de 3 a 10 años, que estudien en Barranquilla o Bogotá en los colegios escogidos; y como criterios de exclusión: enfermedad neurológica adquirida o congénita, enfermedades previas del pie o del miembro inferior que afecte la marcha o el apoyo, padres que no acepten que sus hijos participen en el estudio y niños que no asistan al colegio el día que se realizó la evaluación clínica.

La muestra se tomó en 6 instituciones escolares escogidas por conveniencia. Tres se encuentran en Bogotá y las otras 3 en Barranquilla. El muestreo en Bogotá se tomó en el Colegio Institución Educativa Distrital La Chucua, de estrato 2 y 3. En Barranquilla en los colegios pertenecientes al complejo Educativo Inedissa.

Se consideraron las variables de: edad, género, talla, peso, índice de masa corporal (IMC), estado nutricional, raza, procedencia, ángulos de marcha, ángulos valgo de rodillas, distancia intermaleolar, distancia intercondilar, ángulos muslo-pie, ángulos de anteversión femoral, rotación interna de cadera, rotación

externa de cadera y posición de rótulas. La variable de IMC fue categorizada en valores normales, sobrepeso y obesidad, de acuerdo a las tablas de valores de niños, según edad.

La variable dependiente es el diagnóstico de alteración rotacional o angular. Para su diagnóstico se empleó un examen físico del niño en el cual se evaluó el perfil rotacional y medidas angulares del menor, y se aplicó un formato previamente diseñado donde se registraron los datos motivos de estudio.

La evaluación de los datos y el examen físico se realizó en un formulario diseñado y que fue avalado por dos pares (Ortopedistas pediatras). Esta evaluación se realizó con 2 observadores independientes. En caso de encontrar valores distintos se realizaba consenso entre los evaluadores.

La información se almacenó en una base de datos en Excel Microsoft y se analizó mediante el paquete estadístico STATA versión 8.0® (College Station, TX: Stata Corp). Se presentan los resultados en tablas de frecuencia y porcentaje. La distribución de las variables se realizó comparándolas por ciudad. Las variables cuantitativas no tuvieron distribución normal, por lo cual se presentan con mediana y rango intercuartílico. Para la comparación de variables cuantitativas, sin distribución normal se utilizó la prueba de Mann Whitney. Se presentan los P5 y P95, que incluye el 90% central de los valores.

El estudio fue aprobado por el comité de ética de la facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia.

| Resultados |

Se evaluaron un total de 945 niños en las 2 ciudades. Bogotá: 571 (60,42%) y Barranquilla: 74 (39,58%).

En la tabla 1 se muestran las características de la población estudiada, se observa que las poblaciones son relativamente semejantes a excepción de las características raciales y de estado nutricional.

En la tabla 2 se muestran los valores máximos y mínimos, así como los percentiles 5, 50 y 95 para el ángulo de marcha, ángulo de rodilla, distancia intermaleolar e intercondílea y el ángulo muslo pie.

En la tabla 3 se observan los valores encontrados en las variables que estudian el *genu valgo*, es evidente que para la población que se estudió los valores normales para el grupo entre 3 y 5 años son ángulo de rodilla 4° a 16° y distancia intermaleolar entre 1 y 7 cm, para el grupo de 6 y 7 años se encontró un rango de ángulo de rodilla de 4° a 14° y de distancia intermaleolar entre 0 y 6 cm, finalmente para el grupo de 8 a 10 años los rangos son ángulo de rodilla de 2° a 12° y la distancia intermaleolar entre 0 y 6 cm. No se encontraron diferencias en el *genu valgo* al analizar los datos por sexo o por estado nutricional.

Tabla 1. Características de las poblaciones estudiadas

Variable	Barranquilla (N= 374)	Bogotá (N=571)	Total (N= 945)	
Sexo - no. (%)				
Masculino	196 (52.4)	276 (48.3)	472	(50.0)
Femenino	178 (47.6)	295 (51.7)	473	(50.1)
Edad - años				
Mediana	7	7	7	
Rango intercuartílico	05-ago	05-sep	05-sep	
Grupo de edad - no. (%)				
3-5 a	103 (27.5)	179 (31.4)	283	(30.0)
6-7 a	111 (29.7)	129 (22.6)	240	(25.4)
8-10 a	160 (42.8)	262 (46.0)	422	(44.7)
Índice masa corporal				
Normal	305 (81.8)	460 (80.7)	765	(81.1)
Sobrepeso	42 (11.3)	97 (17.0)	139	(14.7)
Obesidad	26 (7.0)	13 (2.3)	39	(4.1)
Raza - no. (%)				
Blanca	6 (1.6)	78 (14.1)	84	(9.1)
Mestiza	191 (51.1)	458 (83.3)	649	(70.2)
Mulata	38 (10.2)	0 (0)	38	(4.1)
Negra	139 (37.2)	14 (2.6)	153	(16.6)
Dominancia - no. (%)				
Derecha	332 (90.5)	508 (88.7)	840	(89.4)
Izquierda	35 (9.5)	63 (11)	98	(10.4)
Ambidiestro	0 (0)	2 (0.3)	2	(0.2)

Tabla 2. Valores para el ángulo de marcha y de rodilla.

	Ángulo de marcha		Ángulo de rodilla		Distancia Intermaleolar	Intercondílea	Ángulo muslo pie	
	Der	Izq	Der	Izq			Der	Izq
N	947	947	934	934	947	914	948	948
Mínimo	-15	-13	-4	-4	0	0	-5	-10
Máximo	15	15	20	20	12	8	30	30
P5	-5	-5	4	4	0	0	0	0
P50	0	0	8	8	2	0	5	5
P95	8	8	14	16	6	0	15	15

Tabla 3. *Genu Valgo*.

		Percentiles	Ángulo de Rodilla		Distancia Intermaleolar
			Der	Izq	
Grupos de Edades	3 - 5 años	N	282	282	283
		p5	4	4	1
		p50	8	10	3
		p95	14	16	7
	6 - 7 años	N	237	237	240
		p5	4	4	0
		p50	8	8	2.75
		p95	14	14	6
	8 - 10 años	N	412	412	421
		p5	3	2	0
		p50	8	6	2
		p95	12	12	6
Género	Femenino	N	466	466	474
		p5	4	4	0
		p50	8	8	3
		p95	14	14	6
	Masculino	N	466	466	471
		p5	4	4	0
		p50	8	8	2
		p95	14	14	6
Estado Nutricional	Normal	N	755	755	765
		p5	4	3	0
		p50	8	8	2
		p95	14	14	6
	Sobrepeso	N	137	137	139
		p5	4	4	1
		p50	8	8	3
		p95	14	14	8
	Obesidad	N	38	38	39
		p5	4	4	1
		p50	8	8	3
		p95	14	14	8

Al analizar los valores de la anteversión femoral (Tabla 4) por los grupos etarios establecidos, se encontró que para el grupo de 3 a 5 años los valores normales están entre 10° y 45°, para el grupo entre 6 y 7 años son 10° a 40°, y finalmente entre los 8 y 10 años los valores encontrados son 10° a 35°,

en donde se observa una tendencia a disminuir los valores conforme el niño aumenta la edad.

El 93% de las rótulas se encontraban en posición neutra, y las posiciones interna y externa de la rótula fueron de 3%.

Tabla 4. Análisis de la Anteversión femoral.

		Percentiles	Anteversión Femoral	
			Der	Izq
Grupos de Edades	3 - 5 años	N	282	283
		p5	10	10
		p50	20	20
		p95	45	40
6 - 7 años	N	N	240	240
		p5	10	10
		p50	20	20
		p95	40	40
8 - 10 años	N	N	421	421
		p5	10	10
		p50	15	15
		p95	30	35

La tabla 5 muestra los valores encontrados para las rotaciones de cadera siendo evidentes que fue un poco mayor la rotación interna (60°) en promedio con respecto a la rotación externa de 45° en promedio.

Tabla 5. Valores encontrados para las rotaciones de cadera

	Rotación Interna Cadera		Rotación Externa Cadera	
	Der	Izq	Der	Izq
N	948	948	948	948
P5	45	45	335	32.25
P50	60	60	45	45
P95	80	80	770	70

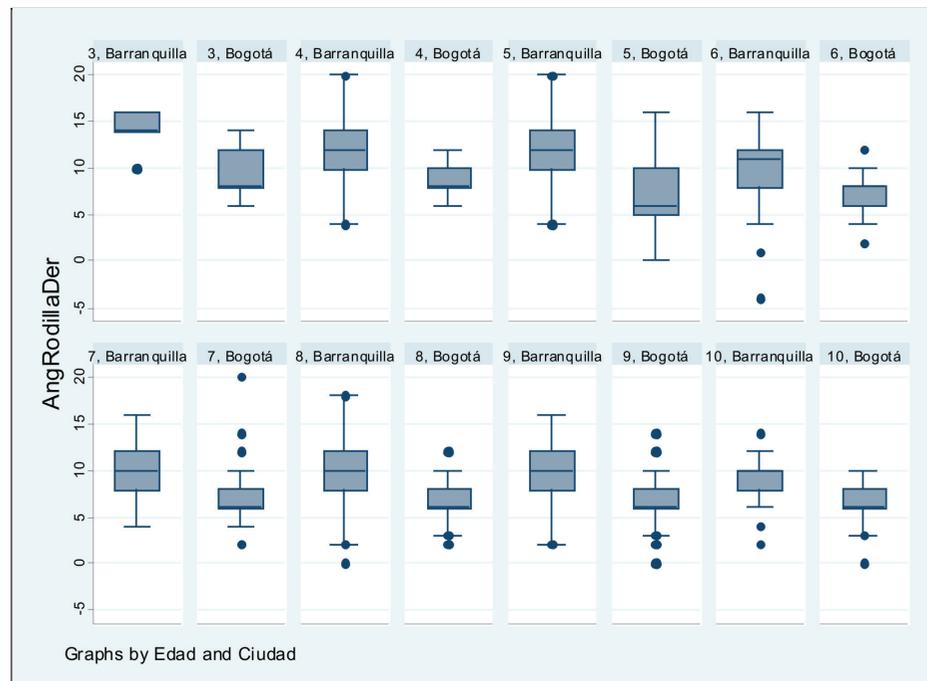


Figura 1. Valores de ángulo de rodilla por edad y ciudad.

Al analizar los diferentes valores encontrados en las variables medidas y compararlos por ciudad y edad vemos como se evidencia en la figura 1, que parecen haber diferencias significativas en los valores siendo en general mayores en la ciudad de Barranquilla hallazgo que se repite en el ángulo muslo pie y la distancia intermaleolar.

| Discusión |

Este estudio muestra los valores en el desarrollo rotacional y angular de los miembros inferiores en una población de 945 niños de dos ciudades distintas de Colombia entre los 3 y 10 años que se encontraban estudiando durante la ejecución del mismo.

En la literatura se cuentan pocos estudios (1,2,10) que determinen los valores normales por edad para las diferentes variables del perfil rotacional. Encontramos que para la rotación interna de cadera se reporta como valor normal en lactantes de 40° (10°-60°) y a los 10 años 50° (25°-65°), y para rotación externa en lactantes 70° (45°-90°) y a los 10 años 45° (25°-65°) (2). El presente trabajo muestra valor promedio de rotación interna 60° (45°-80°) un poco mayor que la reportada, y para rotación externa 45° (32.25°-70°) similar a la reportada para niños de 10 años, lo que tiene relación con la mayor cantidad de niños entre 8 y 10 años del presente estudio.

Con respecto al ángulo muslo pie, que determina la torsión tibial, lo reportado en la literatura mundial (1, 2) es un valor en lactantes de -5° (Rango -30° a 20°) y a los 8 años 10° (Rango -5° a 30°) que muestra la tendencia normal de la tibia a rotar externamente con el crecimiento, se encontró un ángulo muslo pie para el grupo de 3 a 5 años en promedio de 5° (rango 0° a 10°) y para el grupo de 6 a 10 años de 5° (rango 0° a 15°).

Al analizar el ángulo de marcha de los niños evaluados se observa un valor promedio para la población estudiada de 0° (-5° a 8°) para una marcha neutra.

La anteversión femoral promedio reportada (1, 2) para el nacimiento es de 40° a 50° disminuyendo a 15° a los 10 años, en este estudio se tomaron tres grupos de edad entre los 3 y 5 años en donde se encontró un valor promedio de 20° (rango 10° a 45°), y entre los 6 y 7 años fue en promedio 20° (10° a 40°) y para el grupo de 8 a 10 años fue 15° (10° a 35°).

Existen pocos datos en cuanto al estudio clínico de las deformidades angulares. Se reporta un *genu valgo* normal de 5° entre los 3 y 7 años (1, 10). En el presente estudio encontramos entre los 3 y 5 años un ángulo de rodilla de 10° (rango 4° a 16°), entre los 6 y 7 años 8° (4° a 14°) y entre los 8 y 10 años 6° (2° a 12°) en donde se evidencia una tendencia a la disminución de los valores. La distancia intermaleolar también

muestra una disminución con la edad de la siguiente forma 3 cm, 2.75 cm y 2 cm respectivamente para los tres grupos examinados con rangos entre (0-6 cm).

La distancia intercondilar para este estudio fue en promedio 0 cm, mostrando muy pocos casos de *genu varo*, lo que va de acuerdo con el desarrollo angular.

No se encontró ninguna relación de problemas nutricionales o del sexo con la presencia de alteraciones angulares, pero sí parecen haber diferencias por ciudad siendo mayores los ángulos medidos en la ciudad de Barranquilla.

| Conclusiones |

Los datos muestran los valores de algunos de los ítems de evaluación del perfil rotacional y angular de los miembros inferiores, evidenciando cómo los valores de ángulo valgo en rodilla y la distancia intermaleolar disminuye con la edad, así como los valores del ángulo de anteversión femoral. No se encontró asimismo características que se asocien a mayor prevalencia de alteraciones angulares o rotacionales de los miembros inferiores.

El estudio sugiere los 8 años como la edad en la que el desarrollo del miembro inferior llega a ser semejante al del adulto, siendo esta edad probablemente la máxima para indicar modificaciones con tratamiento de aparatos ortopédicos.

Se requiere de estudios adicionales para generalizar los datos encontrados en la población de los niños de la región. Este estudio también puede servir de base para generar líneas de investigación que analicen efectivamente el impacto de diferentes factores sociales en la maduración de la extremidad inferior.

| Referencias |

1. **Losada P.** Alteraciones de los miembros inferiores: deformidades angulares, torsionales, alteraciones de la marcha y dismetrías. *Pediatr Integral*. 2002;6:397-412.
2. **Lincoln TL, Suen PW.** Common rotational variations in Children. *J Am Acad Orthop Surg*. 2003;11:312-20.
3. **Saenius P, Vankka E.** The development of the tibiofemoral angle in children. *J Bone Joint Surg*. 1975;57:259-61.
4. **Saran N, Rathjen KE.** Guided Growth for the correction of pediatric Lower limb angular deformity. *J Am Acad Orthop Surg*. 2010;18:528-36.
5. **Celestre PC, Bowen RE.** Correction of Angular deformities in children. *Curr Orthop Pract*. 2009;20:641-7.
6. **Friend L, Widmann RF.** Advances in Management of limb length discrepancy and lower limb deformity. *Curr Opin Pediatr*. 2008;20:46-51.

7. **Alvik I.** Increased anteversion of the femur as the early manifestation of dysplasia of the hip. *Din Orthop.* 1962;22:16-20.
8. **Eckhoff DG, Kramer RC, Alongi CA, VanGerven DP.** Femoral anteversion and arthritis of the knee. *J Pediatr Orthop.* 1994;14:608-10.
9. **Staheii LT.** Rotational problems in children. *Instr Course Lect.* 1994;43:199-209.
10. **Joo SY, Park HW, Park KB, Kim BS, Park JS, Kim hAN.** A New Classification for idiopathic Genu Vara. *YonseiMed J.* 2007;48:833-8.