

ORIGINAL

Características radiológicas del desarrollo de la tuberosidad tibial anterior



E. Vergara-Amador^{a,*}, D. Davalos Herrera^b y L.Á. Moreno^c

^a Profesor de Ortopedia y Traumatología Pediátrica, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

^b Residente de Ortopedia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

^c Profesora de Radiología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Recibido el 25 de febrero de 2015; aceptado el 8 de enero de 2016

Disponible en Internet el 22 de febrero de 2016

PALABRAS CLAVE

Tibia;
Osteocondrosis;
Placa de crecimiento

Resumen

Objetivo: Existen pocos estudios que evalúen las características radiológicas del desarrollo de la tuberosidad tibial anterior (TTA). El presente trabajo tiene por objeto evaluar las características radiológicas de la TTA en una población pediátrica de acuerdo a grupos de edad.

Material y métodos: Es un estudio llevado a cabo en 210 radiografías de rodillas de pacientes entre los 10 y 17 años, que fueron divididos por grupos de edad y sexo. Se evaluaron la presencia de osificación de la TTA, la distancia de esta a la metáfisis y la fusión con la epífisis.

Resultados: A los 10 años de edad, la TTA estaba osificada en el 50% de las mujeres y solo en el 25% de los hombres. A los 11 años todas las mujeres tenían osificada la TTA, a los 12 tenían fusión de la TTA y con la epífisis, y a los 17 años la fusión era completa. En los hombres este proceso se produce un año más tarde que en las mujeres. En todos los casos se encontró un solo núcleo de osificación.

Conclusión: La osificación de la TTA se inicia distalmente, posteriormente se fusiona su parte proximal con el resto de la epífisis y finalmente se fusiona en su parte distal a la tibia. Este estudio ayuda a un mejor análisis de la TTA cuando nos enfrentamos a un dolor de rodilla.

© 2016 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Tibia;
Osteochondrosis;
Growth plate

Radiographic features of the development of the anterior tibial tuberosity

Abstract

Objective: Few studies have evaluated the radiologic characteristics of the development of the anterior tibial tuberosity. This study aimed to evaluate the radiologic characteristics of the anterior tibial tuberosity in a pediatric population broken down into age groups.

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: enriquevergaramd@gmail.com, emvergaraa@unal.edu.co (E. Vergara-Amador).

Material and methods: We assessed 210 plain-film x-rays of the knee from patients aged from 10 to 17 years, divided into groups according to age and sex, for the presence of ossification of the anterior tibial tuberosity, the distance between the anterior tibial tuberosity and the metaphysis, and fusion with the epiphysis.

Results: At 10 years of age, the anterior tibial tuberosity was ossified in 50% of the girls but in only 25% of the boys. In all the girls, the anterior tibial tuberosity was ossified at 11 years, fusion of the anterior tibial tuberosity with the epiphysis had started at 12 years, and fusion was complete by 17 years. In boys, the process is delayed by one year compared to girls. A single center of ossification was found in all cases.

Conclusion: The ossification of the anterior tibial tuberosity starts distally, then the proximal part fuses with the rest of the epiphysis, and finally the distal part fuses with the tibia. The results of this study help enable a better analysis of the anterior tibial tuberosity in cases of knee pain.

© 2016 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La tuberosidad tibial anterior (TTA) es el área principal de la inserción del tendón rotuliano en la parte anterior y superior de la tibia. Este tendón se extiende hacia el pericondrio de la fisis y al periostio de la metáfisis adyacente¹⁻³. Las placas de crecimiento se dividen en placas de compresión y de tracción⁴, con diferencias funcionales e histológicas entre ellas. La TTA es una placa de tracción debido a que en ella se inserta el tendón rotuliano; soporta una gran carga mecánica durante la extensión de la rodilla, y en su mayor parte es fibrocartilaginosa⁴. Las placas de tracción se encuentran en la unión de los tendones al hueso y están sometidas a fuerzas de tracción; contribuyen al desarrollo de la morfología del hueso, pero no a su crecimiento longitudinal. Las placas de compresión están situadas en el extremo de los huesos largos, entre la epífisis y la metáfisis. Sometidas a fuerzas de compresión contribuyen al crecimiento longitudinal y su osificación es endocondral. No hay diferencias radiológicas claras entre estos tipos de placas de crecimiento. Se considera que las de tracción tardan un poco más en osificarse por efecto mecánico directo o indirecto sobre ellas.

Hay pocos estudios sobre el desarrollo de la TTA. Hughes y Sunderland⁵ describieron un tejido fibroso posterior a la TTA. Lewis³ interpretó esta zona como una "unión fibrosa" entre la epífisis y la diáfisis. Badi⁶ mostró en ratas la estructura fibrosa de la placa de la TTA. En humanos existen escasos estudios anatómicos del desarrollo de la placa de crecimiento de la TTA⁷. Ogden et al⁷⁻¹⁰ realizaron estudios radiológicos e histomorfológicos considerando que el desarrollo de la TTA tiene siete estadios según la edad del paciente.

Cuando se analiza la radiografía de niños con dolor anterior de rodilla puede haber confusión al valorar la TTA porque hay pocas descripciones sobre el desarrollo radiológico normal.

El objetivo del trabajo es evaluar las características radiológicas de la TTA en una población pediátrica de acuerdo a grupos de edad.

Material y métodos

Este estudio se realizó de acuerdo con las normas éticas que tienen su principio en la declaración de Helsinki y fue aprobado por el comité de ética del hospital. Al ser un estudio basado en archivo de imágenes e historias clínicas sin intervención sobre pacientes, no requirió de consentimiento informado.

Es un estudio observacional descriptivo, retrospectivo, en el que se utilizan como fuente de información radiografías digitales de rodillas anteroposterior y lateral, tomadas sin carga con un equipo de rayos x Siemens Polymat Multix, a pacientes que consultaron por trauma de extremidades, que según la revisión retrospectiva de la historia clínica, no presentaban compromiso clínico ni radiológico de la rodilla. Los criterios de inclusión fueron: radiografías de pacientes entre 10-17 años de edad, sin enfermedades ni alteraciones postraumáticas en el tercio proximal de la tibia y que en la proyección lateral estuvieran entre 20° y 60° de flexión. Los criterios de exclusión fueron: radiografías tomadas con técnica inadecuada, fracturas en rótula, tibia proximal y/o fémur distal, presencia de material de osteosíntesis en la tibia proximal, pacientes con antecedente de dolor crónico en rodillas en los últimos 12 meses, diagnóstico de parálisis cerebral, hemofilia, síndrome nefrótico, antecedente de artritis séptica, presencia de hemartrosis, neoplasias alrededor de la rodilla y hallazgos radiológicos de alteración de la densidad ósea.

Las variables estudiadas fueron: sexo, lateralidad y edad en años y meses. Se definieron los grupos de edad de la siguiente manera. Grupo de 10 años: individuos que tuvieran entre 10 años y 10 años con 11 meses y 29 días, y así sucesivamente con los siguientes grupos hasta finalizar con el de 17 años.

Las variables radiológicas determinadas para el estudio fueron: presencia, número y tamaño del núcleo de osificación de la TTA, distancia entre el núcleo de osificación y la metáfisis, medida desde el borde posterior del núcleo en su zona central hasta el borde anterior de la metáfisis;



Figura 1 Radiografía lateral de rodilla donde se muestran las características valoradas: presencia del centro de osificación secundario de la TTA, su distancia a la epífisis, metáfisis y muesca tibial.

distancia entre el núcleo de osificación y la epífisis superior de la tibia medida desde el borde superior del núcleo hasta el borde inferior de la epífisis de la tibia, y la distancia entre el borde inferior del núcleo y la muesca metafisaria de la tibia (fig. 1).

Las radiografías fueron valoradas en conjunto por una radióloga con más de 10 años de experiencia en pediatría y un ortopedista pediátrico, haciendo un consenso de los hallazgos. La recolección de datos y análisis estadístico se

Tabla 1 Distribución por grupos de edad, sexo y lado

Edad	n	Sexo		Lado	
		F	M	D	I
10 años	26	14	12	12	14
11 años	31	10	21	15	16
12 años	32	10	22	19	13
13 años	33	20	13	20	13
14 años	28	15	13	15	13
15 años	26	17	9	11	15
16 años	24	7	17	10	14
17 años	10	5	5	4	6
Total	210	98	112	106	104

D: derecho; F: femenino; I: izquierdo; M: masculino.

realizó en una tabla de Excel 2010. Los autores declaran no tener conflictos de intereses en el presente estudio y no se contó con fuente de financiación.

Resultados

Se obtuvieron 210 radiografías, las cuales se distribuían según edad, sexo y lado de la rodilla analizada. El 46,6% fueron mujeres y el 53,3%, hombres. Aunque hubo un menor número de casos de 17 años, se puede considerar la distribución por edad homogénea (tabla 1).

Al analizar en cada rango de edad la presencia del centro de osificación de la TTA, su fusión con la epífisis determinada por la distancia entre este y la epífisis proximal de la tibia (Gap), su fusión con la metáfisis (distancia osi-meta) y su fusión a la muesca tibial (osi-muesca), se encontró lo siguiente (tabla 2):

- A los 10 años de edad se observó núcleo de la TTA en el 50% de las mujeres y en el 25% de los hombres. Tres mujeres

Tabla 2 Resultados generales

Edad años	Sexo	Núcleo	Fusión núcleo-epífisis	Gap	Osi-meta	Osi-muesca
10	F	50%	11.5%	0,77	0,2	0,24
	M	25%	0	0,81	0,34	0,31
11	F	100%	80%	80% fusionado	0,19	0,23
	M	55%	0	0,93	0,27	0,32
12	F	100%	100%	100% fusionado	0,18	0,22
	M	78%	50%	50% fusionado	0,22	0,27
13	F	100%	100%	100% fusionado	0,16	0,15
	M	100%	70%	70% fusionado	0,19	0,19
14	F	100%	100%	100% fusionado	0,12	0,09
	M	100%	99%	99% fusionado	0,16	0,16
15	F	100%	100%	100% fusionado	72% fusionado	0,07
	M	100%	99%	99% fusionado	0,11	0,11
16	F	100%	100%	100% fusionado	100% fusionado	95% fusionado
	M	100%	100%	95% fusionado	95% fusionado	65% fusionado
17	F	100%	100%	100% fusionado	100% fusionado	100% fusionado
	M	100%	100%	100% fusionado	100% fusionado	100% fusionado

F: femenino; Gap: medida en centímetros entre el núcleo de osificación y la epífisis superior de la tibia; M: masculino; núcleo: porcentaje de pacientes con presencia del núcleo; osi-meta: medida en centímetros entre la parte posterior del núcleo con el borde anterior de la metáfisis de la tibia; osi-muesca: medida en centímetros entre el núcleo de osificación y la muesca metafisaria.

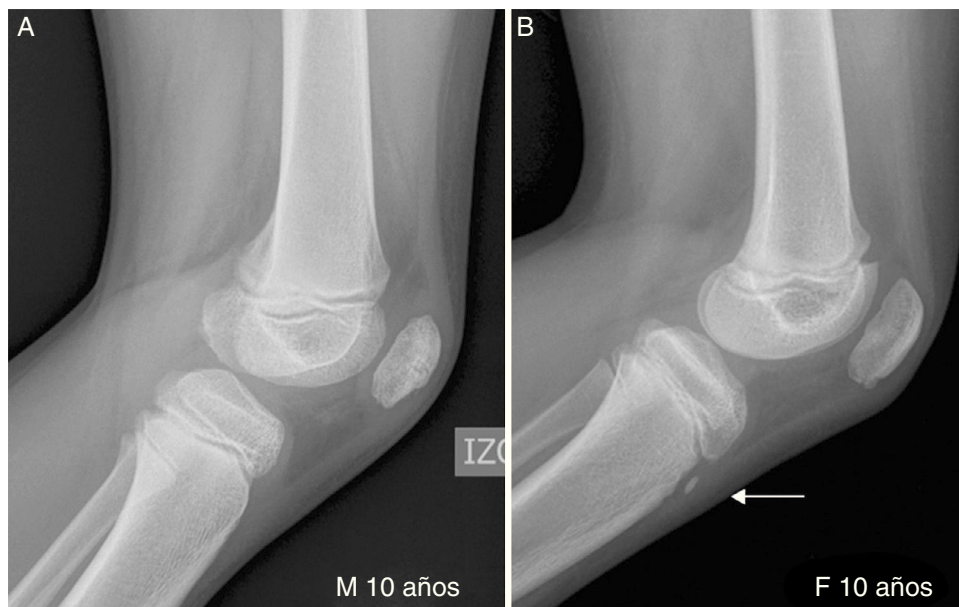


Figura 2 A) Niño de 10 años aún sin núcleo de osificación. B) niña de 10 años con aparición de un solo núcleo de osificación (flecha).

presentaban unión entre este y la epífisis de la tibia (11,5%). De los hombres ninguno presentaba esta unión (fig. 2).

A los 11 años todas las mujeres tenían osificada la TTA y el 80% de ellas con fusión a la epífisis de la tibia. Solo el 55% de los varones tenían núcleo de osificación y ninguno fusionado a la tibia proximal.

A los 12 años todas las mujeres presentaban fusión del núcleo con la tibia, con una forma de lengüeta. El 22% de los hombres no tenían núcleo de osificación (fig. 3).

A los 13 años, todos los hombres tenían núcleo de la TTA y el 70% de ellos se encontraban fusionados con la epífisis de la tibia (fig. 4), lo que se vio en el 99% de los hombres a la edad de 14 años. En este grupo de edad, el 53% de las

mujeres tenían fusión de la parte posterior del núcleo a la metáfisis tibial.

A los 15 años el 72% de las mujeres presentaban fusión del núcleo con la metáfisis y en los hombres las condiciones radiológicas eran similares al grupo de 14 años (fig. 5).

A los 16 años, el 95% de las mujeres tenía fusión completa del núcleo de la TTA a la metáfisis tibial, desapareciendo la muesca radiológica en dicha localización, y en el 95% de los hombres se había fusionado a la parte superior y posterior de la tibia y solamente el 65% presentaba fusión a la parte inferior de la metáfisis tibial, permaneciendo una muesca en el 35% de los casos (fig. 6).



Figura 3 A) Niño de 12 años en el cual el núcleo de osificación inicia su crecimiento de distal hacia proximal (flecha). B) Niña de 12 años en la que se observa fusión del núcleo de osificación en su parte superior con la epífisis de la tibia.



Figura 4 A) Niño de 13 años. Se aprecia fusión del núcleo de osificación en su parte superior con la epífisis de la tibia. B) Niña de 13 años en la que se evidencia fusión del núcleo de osificación en la parte superior y posterior con la tibia.

A los 17 años, el 100% de las mujeres y de los hombres tenían osificación completa de la TTA con fusión a la epífisis y metáfisis proximal de la tibia.

Discusión

Los hallazgos radiológicos de este estudio muestran un patrón de osificación de la TTA de distal a proximal con posterior fusión a la epífisis y por último a la metáfisis, y que es

más prematuro en mujeres que en hombres, con inicio entre los 10 y 12 años.

La TTA se desarrolla inicialmente como una extensión cartilaginosa anterior de la epífisis tibial proximal a las 12 a 15 semanas de vida fetal, momento en el que se produce un crecimiento de afuera hacia dentro de tejido fibrovascular a partir de la zona de Ranvier^{6,7}.

La placa de crecimiento de la TTA se desarrolla después del nacimiento como una estructura separada de la placa de

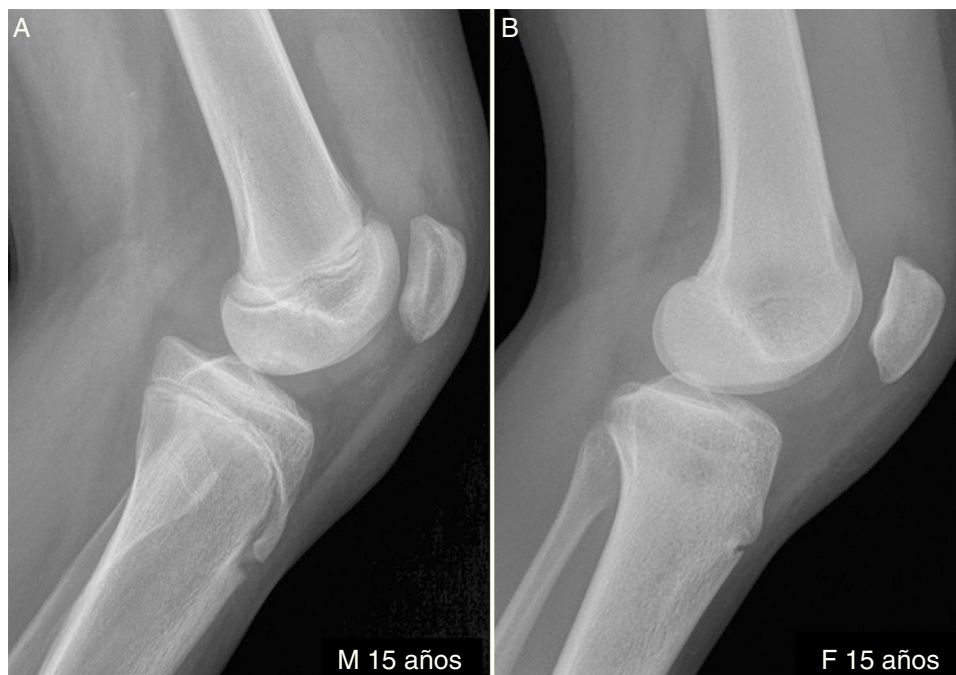


Figura 5 A) Joven de 15 años en el cual se evidencia fusión total y engrosamiento en la parte superior del núcleo de osificación y en proceso de osificación en la parte posterior. B) Chica de 15 años en la que se aprecia fusión total del núcleo de osificación en la parte superior y posterior. Zona inferior compatible con área de fibrocartilago (zona de tracción).

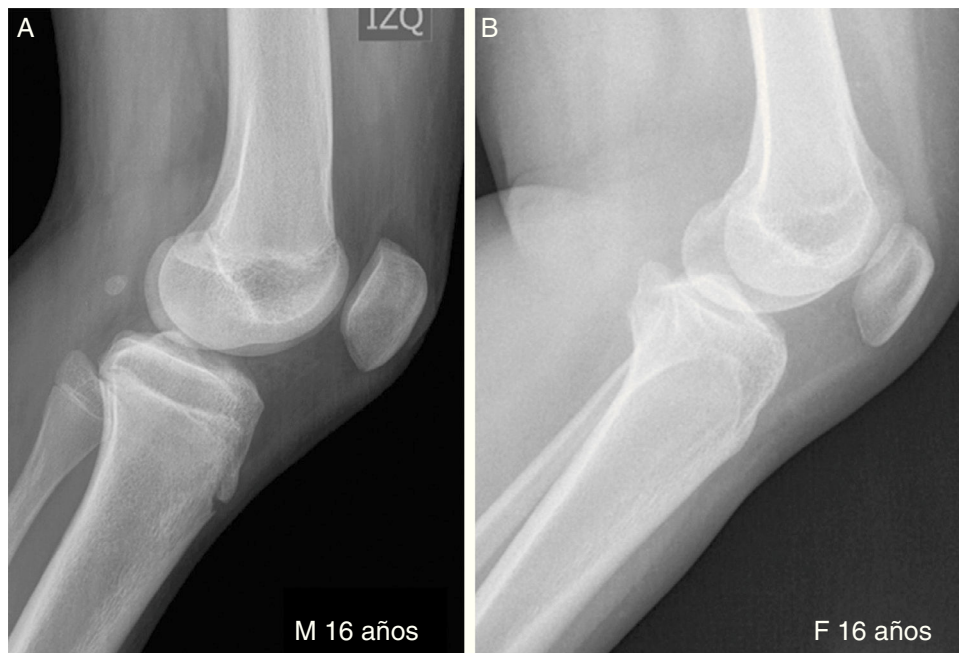


Figura 6 A) Joven de 16 años. Hay fusión total del núcleo de osificación en la parte superior y posterior. Zona inferior radiolúcida, compatible con área de fibrocartilago. B) Chica de 16 años. Hay fusión total del núcleo de osificación.

crecimiento de la tibia proximal. Histológicamente hay tres regiones, aunque la demarcación entre ellas es progresiva. Proximalmente, la arquitectura celular es análoga al resto de la placa de crecimiento de la tibia proximal y responde a un proceso de osificación endocondral, excepto que las columnas de células son cortas, con mayor grado de matriz intercelular y las lagunas están distorsionadas por la elongación. Esta región se va transformando distalmente en una zona fibrocartilaginosa en la que el cartílago hialino forma fibrocartilago y a su vez se transforma en hueso por osificación membranosa. La tercera región, muestra una transición desde cartílago hialino a tejido fibroso y finalmente a hueso por osificación membranosa^{7,8}.

Hay pocos estudios sobre el desarrollo de la TTA⁷⁻¹⁰. En ellos se concluye que su osificación secundaria no es evidente en los pacientes menores de 10 años y que en este rango de edad solo se aprecia una ligera muesca metafisaria anterior que marca el punto distal de la TTA. La aparición de un centro de osificación secundario bien formado es evidente entre los 11 y 12 años, formándose en la porción distal de la tuberosidad. Este núcleo de la TTA crece proximalmente hacia la epífisis tibial hasta que solo un pequeño puente de cartilago está presente entre los dos centros de osificación, que será reemplazado por hueso en los siguientes 2 años, cerrándose finalmente la tuberosidad. La fisis de la tibia proximal se cierra primero y luego se extiende gradualmente en la TTA, produciéndose la epifisiodesis fisiológica, que en las mujeres ocurre entre los 13 y 15 años y en los hombres entre los 15 y 17 años.

Los datos histológicos presentados por Ogden et al⁷ fueron extraídos de 7 especímenes entre 11 y 13 años, y las características radiológicas fueron analizadas en 66 cadáveres desde recién nacidos hasta los 14 años, sin especificar grupos o edades.

La progresión del desarrollo y fusión de la TTA observada en el presente trabajo fue muy similar a la descrita por Ogden et al⁷⁻¹⁰, quienes describen la osificación secundaria de la TTA que se inicia en la porción distal, creciendo hacia proximal con posterior fusión con la epífisis proximal de la tibia. Posteriormente ocurre la fusión de la parte distal del núcleo a la metafisis distal de la tibia.

En el grupo femenino de 10 años, se encontró un núcleo de osificación secundario en el 50% de los casos, mientras que entre los hombres solo se encontraba en el 25%. Al analizar las niñas menores de 10 años 5 meses, el 72% ya tenía presencia del núcleo de la TTA y hasta en el 11,5% de estas se encontraba fusión entre el núcleo y la epífisis proximal de la tibia, mientras que ninguno de los niños de esta edad presentó esta unión. Esto muestra que es frecuente una osificación temprana de la TTA en niñas antes de los 10 años.

Algunos autores muestran casos aislados de TTA con fragmentación o con más de un núcleo de osificación¹¹. En este estudio no se observó esta característica, y en los 210 casos se encontró un único núcleo de osificación secundario.

Respecto a los valores de la distancia desde el núcleo de la TTA a la metafisis y a la epífisis proximal de la tibia, los cuales disminuyeron a medida que aumentó la edad, nos indican la dirección y progresión de la osificación, primero con fusión a la epífisis y posteriormente a la metafisis.

Los hallazgos encontrados del desarrollo progresivo de la osificación y fusión de la TTA en los diferentes grupos de edad están en concordancia con el uso de esta característica como método parcial para determinar la madurez esquelética¹².

Aunque una de las limitaciones del trabajo fue que las radiografías usadas se tomaron en diversos ángulos de flexión de rodilla, lo que podría hipotéticamente alterar

algunas de las medidas realizadas, creemos que no altera la interpretación de nuestros resultados.

El presente estudio ayuda a caracterizar el desarrollo de la TTA en una población pediátrica. Los hallazgos radiológicos encontrados permiten establecer un patrón de osificación normal de distal a proximal con posterior fusión a la epífisis y por último a la metáfisis, proceso que se inicia siempre a menor edad en mujeres que en hombres. Nuestros resultados pueden servir como referente para posteriores estudios que busquen describir patrones anormales que comprometan a la TTA, como la enfermedad de Osgood Schlatter o fracturas por avulsión en este mismo grupo de edad^{8,13,14}.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: EVA.
2. Concepción del estudio: EVA.
3. Diseño del estudio: EVA, DDH, LAM.
4. Obtención de los datos: EVA, DDH, LAM.
5. Análisis e interpretación de los datos: EVA, DDH, LAM.
6. Tratamiento estadístico: EVA, DDH.
7. Búsqueda bibliográfica: EVA, DDH.
8. Redacción del trabajo: EVA, DDH.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: EVA, DDH, LAM.
10. Aprobación de la versión final: EVA, DDH, LAM.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Gray H. *Anatomy of the Human Body*. Philadelphia: Lea & Febiger. 12.ª edición por Lewis WH. New York: Bartleby.com; 1918. p. 2000.
2. Czyrny Z. Osgood-Schlatter disease in ultrasound diagnostics—a pictorial essay. *Med Ultrason*. 2010;12:323–35.
3. Lewis O. The tubercle of the tibia. *J Anat*. 1958;92:587–92.
4. Smith J. The relationship of epiphyseal plates to stress in some bones of the lower limb. *J Anat*. 1962;96:58–78.
5. Hughes ES, Sunderland S. The tibial tuberosity and the insertion of the ligamentum patellae. *Anat Rec*. 1946;96:439–44.
6. Badi MH. Ossification in the fibrous growth plate at the proximal end of the tibia in the rat. *J Anat*. 1972;111 Pt 2:201–9.
7. Ogden JA, Hempton RJ, Southwick WO. Development of the tibial tuberosity. *Anat Rec*. 1975;182:431–45.
8. Ogden JA, Southwick WO. Osgood-Schlatter's disease and tibial tuberosity development. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;116:180–9.
9. Ogden JA. Radiology of postnatal skeletal development. X. Patella and tibial tuberosity. *Skeletal Radiol*. 1984;11:246–57.
10. Ogden JA. Radiology of postnatal skeletal development IX. Proximal tibia and fibula. *Skeletal Radiol*. 1984;11:169–77.
11. Slovis T. *Caffey's pediatric diagnostic imaging*, 11.ª ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2008. p. 2802.
12. O'Connor JE, Coyle J, Spence LD, Last J. Epiphyseal maturity indicators at the knee and their relationship to chronological age: results of an Irish population study. *Clin Anat*. 2013;26:755–67.
13. Hanada M, Koyama H, Takahashi M, Matsuyama Y. Relationship between the clinical findings and radiographic severity in Osgood-Schlatter disease. *Open Access J Sports Med*. 2012;3:17–20.
14. Frey S, Hosalkar H, Cameron DB, Heath A, David Horn B, Ganley TJ. Tibial tuberosity fractures in adolescents. *J Child Orthop*. 2008;2:469–74.