

Descripción del crecimiento del fémur proximal mediante tomografía en pacientes pediátricos sin enfermedad de cadera

Rodrigo Huertas Tafur,* Antonio J. Solano Noguera,** María Fernanda García Rueda,# Helmuth R. Rashid Forero,** Martha L. Caicedo Gutiérrez#

*Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

**Facultad de Medicina, Universidad del Rosario, Bogotá D.C., Colombia

#Departamento de Ortopedia y Traumatología, Instituto Roosevelt, Bogotá, Colombia

RESUMEN

Objetivo: Describir el crecimiento femoral proximal en una población latinoamericana a través del desplazamiento femoral, el ángulo cervico-diafisario, la longitud del cuello femoral y el diámetro de la cabeza femoral evaluados con tomografía computarizada en pacientes pediátricos sin enfermedad de cadera. **Materiales y Métodos:** Estudio retrospectivo que evaluó imágenes de tomografía computarizada de caderas de pacientes sanos <18 años. Se tomaron las siguientes medidas: desplazamiento femoral, longitud del cuello femoral, diámetro de la cabeza femoral y ángulo cervico-diafisario. **Resultados:** El desplazamiento femoral aumenta 1,96 mm hasta los 12.5 años, y desde los 12.5 hasta los 16 años, aumenta 1,2 mm. Se constató un aumento lineal del crecimiento de la longitud del cuello femoral. El ángulo cervico-diafisario disminuyó progresivamente hasta los 12 años. A partir de ese momento, la curva se aplanó. Se observó un aumento anual del diámetro de la cabeza femoral de 1,56 mm hasta los 13 años y de 0,62 mm anuales, en adelante. **Conclusiones:** Las medidas descritas en este estudio son esenciales para el seguimiento, el diagnóstico o el abordaje conductual en múltiples cuadros articulares de cadera durante el crecimiento. Se expone la necesidad de realizar estudios más amplios para establecer rangos de normalidad en la población local con las herramientas tecnológicas disponibles, que fundamenten una referencia para la restauración de la anatomía en la cirugía de preservación.

Palabras clave: Cabeza femoral; cuello femoral; desarrollo humano.

Nivel de Evidencia: IV

Description of Proximal Femoral Growth in Pediatric Patients Without Hip Disorders Using Tomography

ABSTRACT

Introduction: This study aims to perform a descriptive analysis of proximal femoral growth in a Latin-American population through femoral offset, neck-shaft angle, femoral neck length, and femoral head diameter evaluated through computed tomography in pediatric patients without hip pathology. **Materials and Methods:** Retrospective study evaluating CT images of the hips of healthy patients under 18 years. The following measurements were taken by a trained orthopedist: femoral offset, femoral neck length, femoral head diameter, and neck-shaft angle. **Results:** Femoral offset increases by 1.96 mm until age 12.5. From 12.5 to 16 years of age, it increases by 1.2 mm. A constant rise in the growth of the femoral neck length was found. The neck-shaft angle presented a progressive decrease until age 12. After that point, the curve flattened. An increase in femoral head diameter of 1.56 mm per year was observed until age 13 and then 0.62 mm per year. **Conclusions:** The measurements evaluated in this study are essential for the diagnosis, follow-up, and treatment approach in hip pathologies during growth. More extensive research is needed to define normal ranges that will serve as a baseline for anatomy restoration in hip joint preservation surgery.

Keywords: Femoral head; femoral neck; human development.

Level of Evidence: IV

Recibido el 28-8-2023. Aceptado luego de la evaluación el 4-7-2024 • Dr. RODRIGO HUERTAS TAFUR • rhuertast@unal.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0003-3056-3296>

Cómo citar este artículo: Huertas Tafur R, Solano Noguera AJ, García Rueda MF, Rashid Forero HR, Caicedo Gutiérrez ML. Descripción del crecimiento del fémur proximal mediante tomografía en pacientes pediátricos sin enfermedad de cadera. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2024;89(4):365-373. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2024.89.4.1816>

INTRODUCCIÓN

La biomecánica de la cadera es sensible a la relación entre los elementos de la balanza de Pauwels. Durante el crecimiento, deben mantenerse las proporciones entre la longitud con respecto a la angulación del cuello femoral y la relación artículo-trocantérica para lograr una marcha sin cojera en pacientes con caderas estables y reducidas. En personas con madurez esquelética, los valores de normalidad para el desplazamiento (*offset*) femoral, el ángulo cervico-diafisario y la relación artículo-trocantérica están descritos con precisión.¹ Pese a que estas relaciones son útiles para la planificación de las osteotomías de fémur proximal en la población infantil, se han dejado de lado debido a que el enfoque ha estado dirigido a mejorar la congruencia femoro-acetabular, aportar una cobertura suficiente a la cabeza femoral y mantener la movilidad por medio de osteotomías que restauran la anatomía y las relaciones articulares.²

Como parte del desarrollo de la cirugía de preservación articular femoral, la cual busca mantener la funcionalidad y retrasar el desarrollo de artrosis en la vida adulta, se han descrito varias métricas para el acetábulo y el fémur proximal.²⁻⁴ Sin embargo, la mayoría de estas medidas no tienen en cuenta la restitución de los brazos de palanca y la tensión de los tejidos blandos que garantizan la estabilidad de la articulación coxofemoral y, en ocasiones, generan cambios sobre la longitud de las extremidades inferiores.^{2,3,5,6}

Se han publicado los promedios y la dispersión de los valores que toman las relaciones articulares durante la maduración esquelética, sobre la base de la medición realizada con el método de imágenes de radiografía biplanar creado por EOS imaging^{TM,7} en una población europea, en la que las medianas de la talla y el peso son superiores a las de Latinoamérica.⁸ Al no contar con EOS imaging^{TM,7} en Colombia, es necesario estudiar los valores de normalidad ajustados por edad en la población local empleando estrategias de imágenes diagnósticas disponibles.

Este estudio describe la progresión del crecimiento del fémur proximal en una población pediátrica sana con el uso de la tomografía computarizada (TC), desde los 6 meses hasta los 17 años, en el Instituto Ortopédico Infantil Roosevelt de Bogotá, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo utilizando TC de cadera obtenidas entre 2014 y 2021 de pacientes latinoamericanos <18 años, sin antecedentes quirúrgicos ni enfermedades neuromuscular, metabólica o genética. Las imágenes de caderas sanas se obtuvieron de pacientes con sospecha de enfermedad infecciosa o necrosis avascular en la cadera contralateral a la utilizada en este estudio. Se incorporaron todas las imágenes que cumplieron con los criterios de inclusión.

Las variables demográficas y clínicas, como sexo, edad, desplazamiento femoral, ángulo cervico-diafisario, longitud del cuello femoral y diámetro de la cabeza femoral, fueron recopiladas de la historia clínica y del archivo de imágenes de la institución. Toda la información fue almacenada en REDCap®. Como la TC no permite evaluar directamente el componente cartilaginoso, se tomaron las mediciones empleando la técnica descrita por Amador y cols.,⁹ la cual permite predecir la localización del centro de la cabeza femoral y el diámetro de esta sin el uso de resonancia magnética o ecografía, de manera que la medición sea precisa y reproducible.

En los pacientes >4 años, el desplazamiento femoral fue la distancia ortogonal entre el centro geométrico de la cabeza femoral y el eje de la diáfisis del fémur proximal (Figura 1).

En los pacientes de 4 años o menos, se utilizó el método descrito por Amador y cols. para ubicar el centro de la cabeza femoral: se dibujó una secante que conecta los puntos más distales de las curvaturas medial y lateral metafisarias y una perpendicular en el centro de esta secante. El centro de la cabeza femoral es el punto sobre esta perpendicular que se ubica a la distancia desde la metafisis descrita por Amador y cols. según la edad.⁹ El ángulo cervico-diafisario es el ángulo entre el eje del cuello femoral y el eje diafisario femoral en todos los casos (Figura 2).¹⁰

La longitud del cuello corresponde a la distancia desde el centro de la fisis del fémur proximal transcurriendo por el eje del cuello femoral hasta el eje de la diáfisis (Figura 3).

Para calcular el diámetro de la cabeza femoral en los niños >4 años, se midió la cuerda de mayor longitud contenida en la circunferencia de la cabeza y que pase por el centro de esta (Figura 4). En los pacientes de 4 años o menos, se midió el diámetro de la circunferencia completada a partir de los puntos de referencia descritos por Amador y cols.⁹

Las mediciones estuvieron a cargo de un ortopedista entrenado en la toma de estas mediciones sobre la base de las especificaciones antes mencionadas. Todas las mediciones se realizaron en el corte coronal de la TC en donde se apreciara mejor la esfericidad de la cabeza femoral y la fovea capitis.



Figura 1. Desplazamiento femoral lateral. Distancia desde el centro de giro de la cabeza femoral hasta el eje anatómico diafisario del fémur. En este caso, corresponde a 27,48 mm.



Figura 2. Ángulo cervico-diafisario. Ángulo formado entre el eje anatómico del cuello femoral con el eje anatómico diafisario del fémur. En este caso, corresponde a 138°.

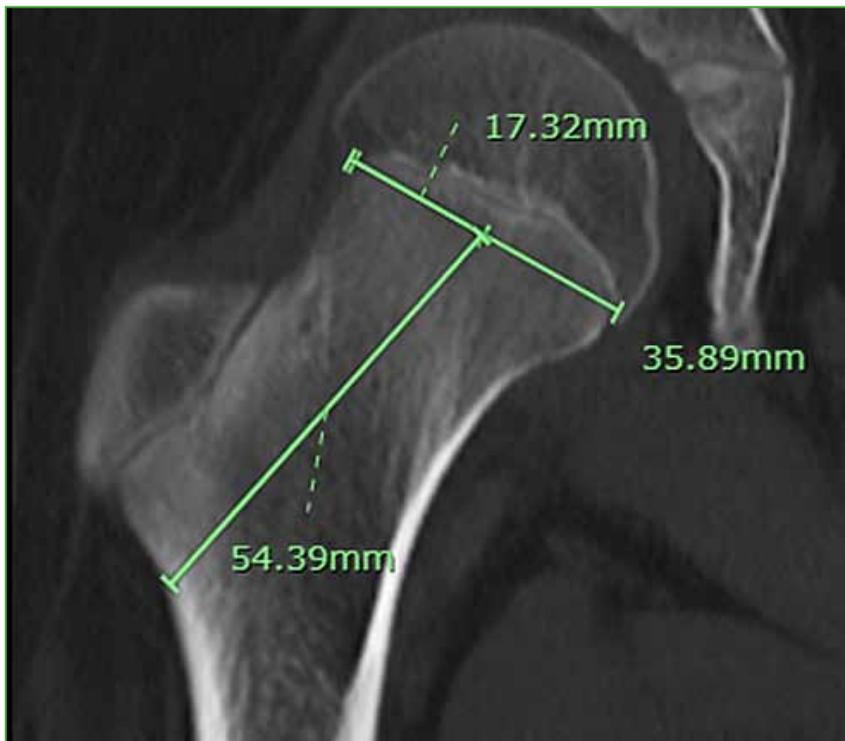


Figura 3. Longitud del cuello femoral. Distancia desde el centro de la línea fisaria del fémur proximal hasta la cortical lateral de la región intertrocanterica, transcurriendo por el eje del cuello femoral. En este caso, corresponde a 54,39 mm.

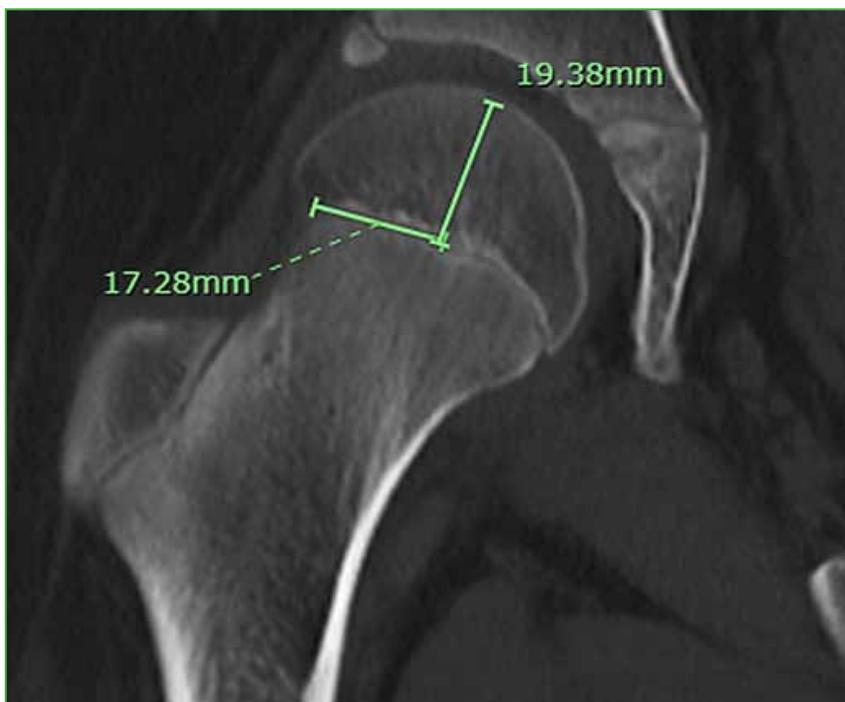


Figura 4. Radio de la cabeza femoral. Su medición se ajusta a la edad. En niños >4 años, se midió la cuerda de mayor longitud contenida en la circunferencia de la cabeza femoral que pase por el centro de giro. En niños <4 años, se completó la circunferencia utilizando la técnica descrita por Amador y cols. En este caso, corresponde a 19,38 mm.

Análisis estadístico

Se realizó con el programa R versión 4.2. Se calcularon las frecuencias absolutas y relativas para las variables cualitativas y se crearon gráficos de dispersión para cada una de las variables de interés según la edad. En estos gráficos, se estableció la tendencia, fue necesario adicionar suavizamiento para regularizar la curva en la gráfica del ángulo cervico-diafisario. La velocidad de crecimiento para cada parámetro se obtuvo calculando el cambio de la pendiente.

RESULTADOS

Se incluyó a 40 pacientes (promedio de edad, 9 años; rango de 6 meses a 18 años). El desplazamiento femoral muestra un crecimiento lineal en el tiempo con una tendencia a aumentar aproximadamente 1,96 mm al año hasta los 12.5 años, con un posterior aplanamiento de la curva y un aumento en el desplazamiento de 1,2 mm entre los 12.5 y 16 años (Figura 5). Respecto a la longitud del cuello femoral, la tendencia de crecimiento es constante, a una velocidad de 1,95 mm por año (Figura 6).

Para la medida del ángulo cervico-diafisario, se aplicó un suavizamiento de 0,6. Se encontró una disminución progresiva desde el nacimiento hasta los 10 años de 1,16° por año. Continúa disminuyendo 0,88° por año, entre los 10 y 12 años de vida, con un posterior aplanamiento de la curva entre los 12 y 16 años de edad (disminución 0,09°/año) (Figura 7). El diámetro de la cabeza femoral tiene un aumento de 1,56 mm anual durante los primeros 13 años de vida, con un crecimiento más lento de 0,62 mm por año, de ahí en adelante (Figura 8).

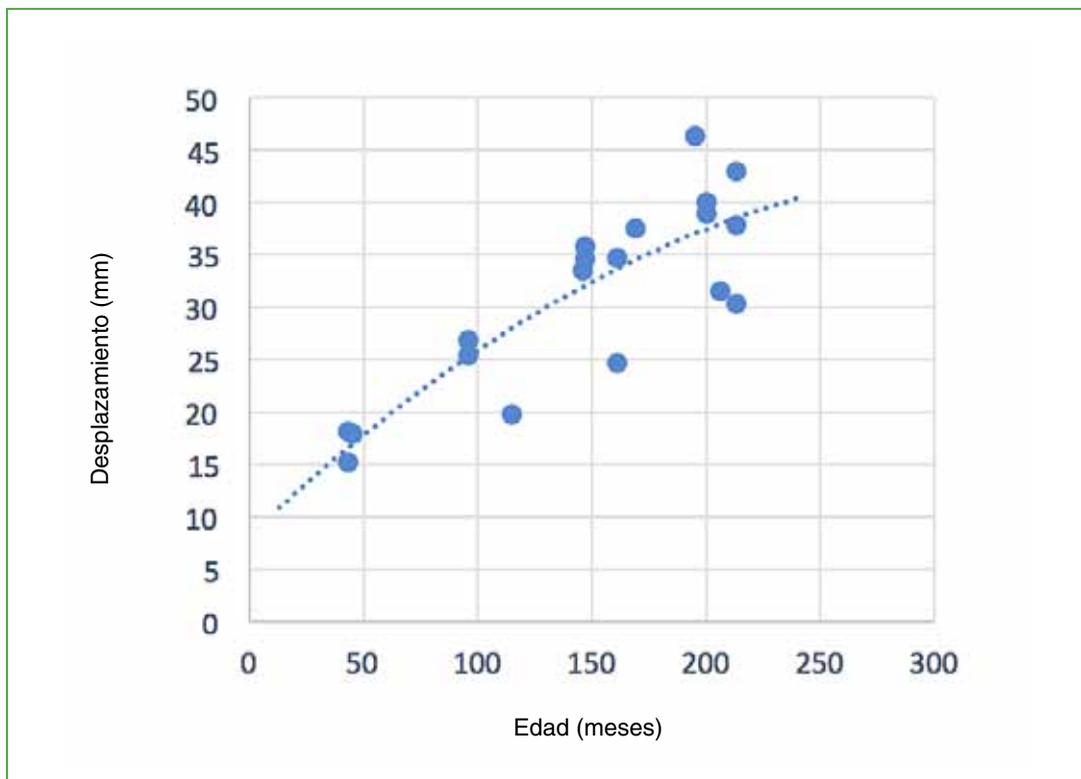


Figura 5. Crecimiento del desplazamiento femoral vs. la edad.

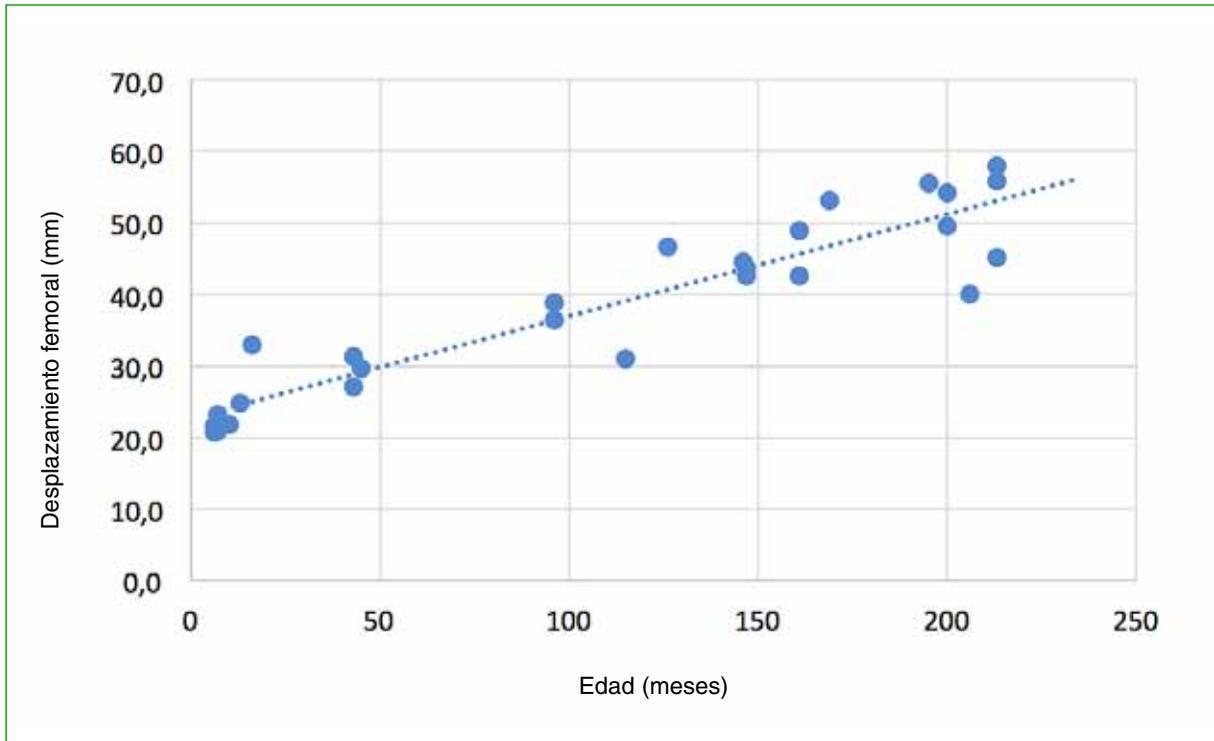


Figura 6. Longitud del cuello femoral vs. la edad.

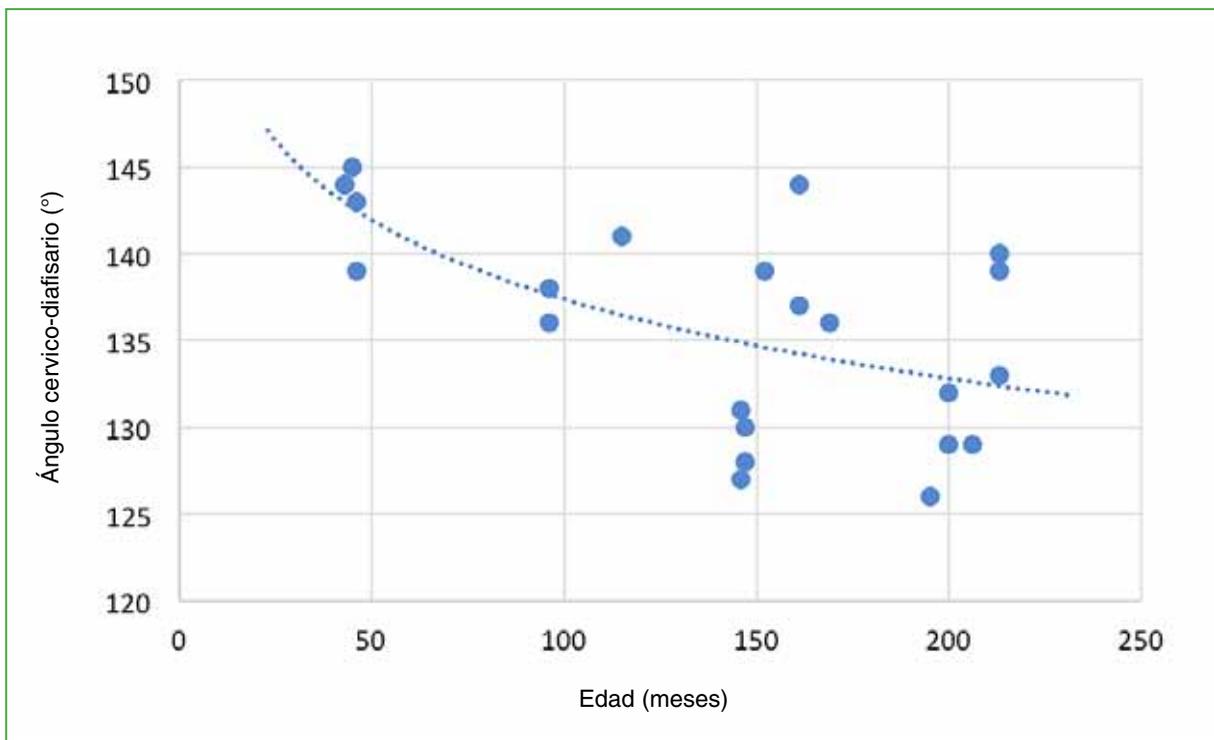


Figura 7. Ángulo cervico-diafisario vs. la edad.

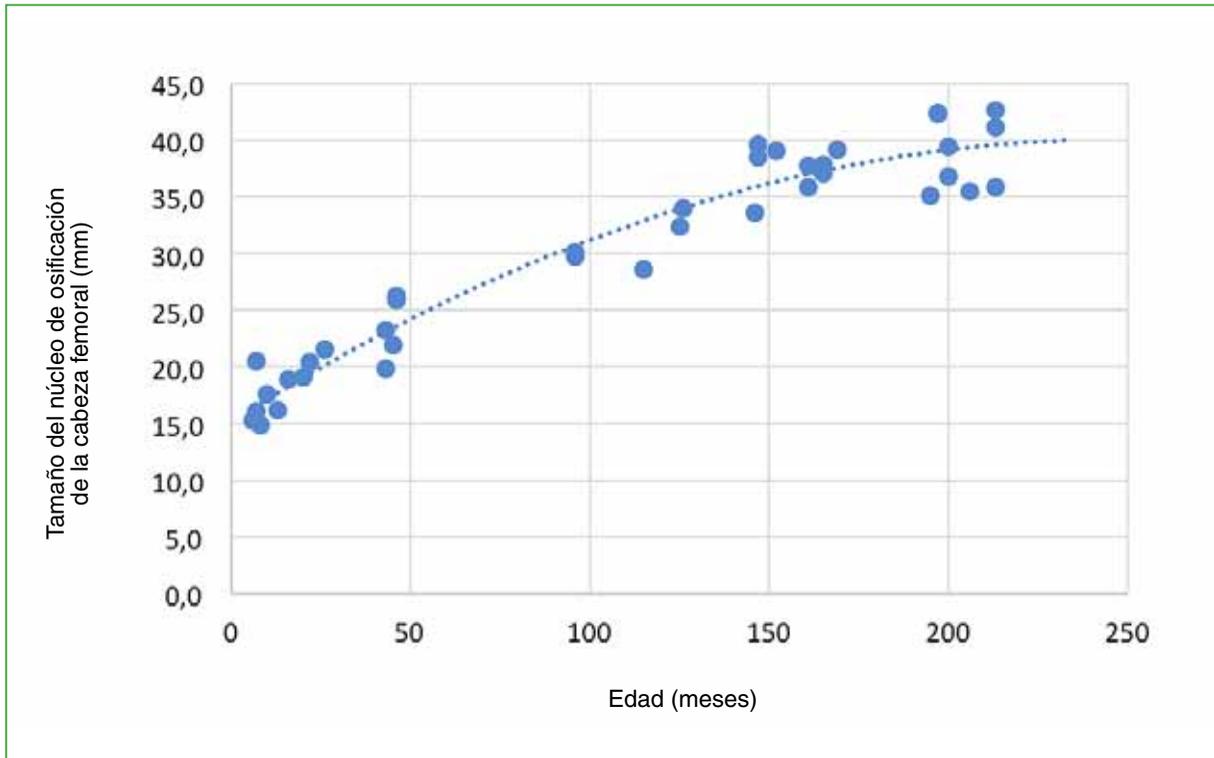


Figura 8. Tamaño del núcleo de osificación de la cabeza femoral vs. la edad.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue caracterizar el crecimiento del fémur proximal en términos de parámetros anatómicos evaluados en TC de las caderas sanas de 40 pacientes pediátricos latinoamericanos. Los estudios se han enfocado en describir la relación femoro-acetabular y establecer puntos de corte para ciertas edades que faciliten la toma de decisiones, teniendo como referencia el ángulo centro-borde (Wiberg) y el índice acetabular, entre otros.^{11,12} Esta aproximación no permite una evaluación exacta ni dinámica en el tiempo del efecto que tiene la anatomía femoral sobre el brazo de palanca de la cadera, pero sí permite inferir indirectamente las alteraciones en las relaciones femoro-acetabulares, las cuales son el fundamento para realizar intervenciones quirúrgicas. Una excepción a esta afirmación es el estudio publicado por Novais y cols.¹³ en el cual se comunican la mediana y la dispersión del índice acetabular y el índice de profundidad acetabular desde el nacimiento hasta los 17 años. Para el caso del fémur, se ha descrito el análisis del crecimiento femoral por medio del sistema EOS imaging^{TM,7} en la población húngara.

Tal como lo describió Pauwels,^{2,14} la biomecánica de la cadera se ve fuertemente influenciada por la longitud de los brazos de palanca de sus componentes. Este hallazgo es evidente en pacientes pediátricos con enfermedades que modifican estas relaciones, tales como la enfermedad de Perthes, la displasia de cadera o las secuelas de artritis séptica.

Resulta difícil descubrir las medidas de crecimiento femoral en la población que tiene menos de 4 años de edad. Para dar una solución, Amador y cols.⁹ describieron un método reproducible basado en disecciones cadavéricas y radiografías, que permite encontrar el centro de la cabeza femoral y su circunferencia cuando la osificación es incompleta. En 1981, Wientroub y cols.¹⁰ describieron el desarrollo de la cadera normal de la población infantil en radiografías simples. Sin embargo, no hicieron referencia al cálculo del centro de la cabeza femoral en los pacientes sin osificación de esta. Como complemento a la revisión realizada, Monazzam y cols.,¹⁵ en 2012, obtuvieron resultados que demuestran la posibilidad de extrapolar resultados de mediciones realizadas en la radiografía a la TC.

Como se muestra en las Figuras 5-8, existe una relación entre los parámetros evaluados y la edad de los pacientes. Se calcularon los promedios de las medidas a los 5 y 15 años, y se compararon con los resultados de Szuper y cols.⁷ que fue el único estudio publicado que establece valores de referencia en parámetros anatómicos de normalidad del fémur proximal en la población pediátrica.

En nuestra población, el desplazamiento aumentó con la edad, desde una medida promedio de 20 mm a los 5 años y hasta 37 mm a los 15 años (6 mm y 3 mm menos que la población de Szuper y cols., respectivamente). La longitud del cuello femoral tuvo un promedio de 33 mm a los 5 años y de 49 mm a los 15 años (1 mm y 1,5 mm, respectivamente, inferior a la población de Szuper y cols.). El tamaño de la cabeza femoral también fue menor que en la población comparada, con promedios de 24,6 mm a los 5 años y 38,2 mm a los 15 años (4 mm y 5,5 mm de diferencia, respectivamente). Estos cambios pueden estar relacionados con una talla más baja en nuestra población desde el nacimiento hasta la adultez comparada con la población húngara. La brecha encontrada disminuye progresivamente gracias a una mayor velocidad de incremento del desplazamiento y el tamaño de la cabeza femoral.

Además, el ángulo cervico-diafisario disminuyó con la edad, un promedio de 141,5° a los 5 años y 133,8° a los 15 años (diferencia de 11,1° y 5,8°, respectivamente). Aunque la diferencia genética de nuestra población no la hace extrapolable a la de otros autores, las tendencias de aumento o disminución en las medidas en este estudio fueron similares a los datos publicados por otros autores.^{5,7}

La principal limitante de este estudio es el tamaño de la muestra poblacional que permite mostrar una tendencia, pero es insuficiente para determinar la mediana y los percentiles que requiere una curva de crecimiento y desarrollo. La selección de una muestra por conveniencia limita la extrapolación de los hallazgos a la población general.

Al comparar nuestra población con la de Szuper y cols.,⁷ se hace evidente una diferencia de los valores que toma cada variable para los mismos grupos etarios, lo cual muestra la necesidad de establecer valores de referencia para cada población, ya que no son extrapolables.

CONCLUSIONES

Las medidas del fémur proximal descritas en este estudio brindan información y tendencias del crecimiento en menores de edad hispanos mediante imágenes disponibles en Colombia. Estas se deben tener en cuenta para el diagnóstico, el seguimiento y la planificación quirúrgica de alteraciones del fémur proximal, para así dirigir las restauraciones de la anatomía a los valores de normalidad de la población pediátrica latinoamericana. Es necesario expandir la muestra estudiada para obtener tablas de crecimiento y dirigir las terapéuticas con un instrumental apropiado para esta población.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID de A. J. Solano Noguera: <https://orcid.org/0000-0002-9749-2624>

ORCID de M. F. García Rueda: <https://orcid.org/0000-0001-9173-1121>

ORCID de H. R. Rashid Forero: <https://orcid.org/0000-0002-7869-2583>

ORCID de M. L. Caicedo Gutiérrez: <https://orcid.org/0000-0002-0802-765X>

BIBLIOGRAFÍA

1. Kumar A, Passey J, Kumar M, Dushyant C, Saini M, Das S. Reliability of relation between greater trochanter and center of rotation of femoral head in Indian population. *J Clin Orthop Trauma* 2020;11(Suppl 4):S522-S525. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.04.017>
2. Pauwels F. *Biomechanics of the normal and diseased hip*. Berlin: Springer; 1976, p. 8-21.
3. Johnston JD, Noble PC, Hurwitz DE, Andriacchi TP. Biomechanics of the hip. En: Callaghan J, Rosenberg AG, Rubas HE (eds). *The adult hip*. Philadelphia: LWW; 1988, p. 81-90.
4. Muñoz Gutiérrez J. *Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología*. [Internet] 2ª ed. México: McGraw-Hill; 2011.

5. Birkenmaier C, Jorysz G, Jansson V, Heimkes B. Normal development of the hip: a geometrical analysis based on planimetric radiography. *J Pediatr Orthop B* 2010;19(1):1-8. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e32832f5aeb>
6. Lecerf G, Fessy MH, Philippot P, Massin P, Giraud F, Flecher X, et al. Femoral offset: Anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 2009;95(3):210-9. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2009.03.010>
7. Szuper K, Tibor Schlégl Á, Leidecker E, Vermes C, Somoskeöy S, Than P. Three-dimensional quantitative analysis of the proximal femur and the pelvis in children and adolescents using an upright biplanar slot-scanning X-ray system. *Pediatr Radiol* 2015;45(3):411-21. <https://doi.org/10.1007/s00247-014-3146-2>
8. López-Laiseca JD, Massaça LM. Valores de referencia para estatura, peso e índice de masa corporal en niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años. Una revisión sistemática con énfasis en la población colombiana. *Rev Fac Med [Internet]* 2021;69(1):e300. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v69n1.88774>
9. Amador A, Gil C, Gutiérrez J, Duque C. Center of the femoral head in children: Anatomic-radiologic correlation. *J Pediatr Orthop* 2003;23(6):703-7. PMID: 14581770
10. Wientroub S, Tardiman R, Green I, Salama R, Weissman SL. The development of the normal infantile hip as expressed by radiological measurements. *Int Orthop* 1981;4(4):239-41. <https://doi.org/10.1007/BF00266063>
11. Kleinberg S, Lieberman HS. The acetabular index in infants in relation to congenital dislocation of the hip. *Arch Surg* 1936;32(6):1049-54. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1936.01180240137007>
12. Than P, Sillinger T, Kránicz J, Bellyei A. Radiographic parameters of the hip joint from birth to adolescence. *Pediatr Radiol* 2004;34(3):237-44. <https://doi.org/10.1007/s00247-003-1119-y>
13. Novais EN, Pan Z, Autruong PT, Meyers ML, Chang FM. Normal percentile reference curves and correlation of acetabular index and acetabular depth ratio in children. *J Pediatr Orthop* 2018;38(3):163-9. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000791>
14. Byrne DP, Mulhall KJ, Baker JF. Anatomy & biomechanics of the hip. *The Open Sports Medicine Journal* 2010;4:51-7. <https://doi.org/10.2174/1874387001004010051>
15. Monazzam S, Bomar JD, Cidambi K, Kruk P, Hosalkar H. Lateral center-edge angle on conventional radiography and computed tomography. *Clin Orthop Relat Res* 2012;471(7):2233-7. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2651-6>