



Descripción del crecimiento del fémur proximal en pacientes pediátricos sin patología de cadera

Autores:

Antonio José Solano Noguera

Residente Ortopedia y Traumatología

Helmuth Ricardo Rashid Forero

Ortopedista y Traumatólogo

Maria Fernanda Garcia Rueda

Ortopedista Infantil

Rodrigo Huertas Tafur

Ortopedista Infantil

Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Ortopedista y Traumatólogo

Bogotá D.C. - Colombia

2022

Descripción del crecimiento del fémur proximal en pacientes pediátricos sin patología de cadera

Autores

Antonio José Solano Noguera

Helmuth Ricardo Rashid Forero

Maria Fernanda Garcia Rueda

Rodrigo Huertas Tafur

Tutores

Maria Fernanda Garcia

Rodrigo Huertas Tafur

Universidad del Rosario

Facultad de Medicina

Escuela de Post grados

Bogotá D.C. - Colombia

2022

Identificación del proyecto

Institución académica: Universidad del Rosario

Dependencia: Facultad de medicina, escuela de post grados

Título de la investigación: Descripción del crecimiento del fémur proximal en pacientes pediátricos sin patología de cadera

Instituciones participantes: Instituto de Ortopedia Infantil Roosevelt

Tipo de investigación: Estudio de tipo transversal, observacional, descriptivo, retrospectivo.

Investigador principal: Antonio Jose Solano Noguera

Investigadores asociados: Helmuth Ricardo Rashid Forero

Asesor clínico o temático: Dr. Rodrigo Huertas Tafur, Ortopedista infantil, profesor Universidad del Rosario, Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana

Asesor metodológico: Dra. Maria Fernanda Garcia Rueda, Ortopedista Infantil, Epidemióloga, Instituto Roosevelt

Salvedad institucional

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

1 Contenido

<i>Hoja de identificación</i>	3
<i>Salvedad institucional</i>	3
1. Introducción	7
1.1 <i>Planteamiento del problema</i>	7
1.2 <i>Justificación</i>	7
2. Marco Teórico	8
3. Pregunta de investigación	9
4. Objetivos	9
4.1 <i>Objetivo general</i>	9
4.2 <i>Objetivos específicos</i>	10
5. Formulación de hipótesis	10
6. Metodología	10
6.1 <i>Tipo y diseño de estudio</i>	10
6.2 <i>Población y muestra</i>	10
6.3 <i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	10
6.3.1 <i>Criterios de inclusión:</i>	10
6.3.2 <i>Criterios de exclusión</i>	10
6.4 <i>Tamaño de muestra</i>	11
6.5 <i>Muestreo</i>	11
6.6 <i>Definición y operacionalización de variables</i>	11
6.6.1 <i>Definiciones:</i>	11
6.6.2 <i>Operacionalización de variables</i>	12
6.7 <i>Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos</i>	13
6.8 <i>Plan de procesamiento de muestras biológicas</i>	13
6.9 <i>Plan análisis de datos</i>	13
6.10 <i>Alcances y límites de la investigación</i>	13
7. Aspectos éticos	14
7.1 <i>Equipo de investigación</i>	14
7.2 <i>Categoría de la investigación</i>	14
7.3 <i>Población sujeta de investigación</i>	15
7.4 <i>Proceso de obtención de consentimiento informado</i>	15
7.5 <i>Uso de datos personales</i>	15

7.6	<i>Riesgos y Beneficios</i>	15
7.7	<i>Titularidad de la información</i>	15
7.8	<i>Criterios que se tendrá en cuenta para definir la autoría de los productos de investigación</i>	15
8.	Administración del proyecto	16
8.1	<i>Presupuesto</i>	16
8.2	<i>Cronograma</i>	16
9.	Resultados esperados	17
10.	Transferencia de resultados	17
11.	Resultados	17
12.	Discusión	20
13.	Referencias	22
14.	Anexos	24
	<i>Anexo 1. Listado de tablas</i>	24
	<i>Anexo 2. Listado de gráficos</i>	24

Resumen

Introducción: La mecánica de la cadera depende en buena parte de la preservación de las proporciones en fémur proximal, las cuales deben ser restituidas en procedimientos como la cirugía de preservación articular de la cadera para asegurar una marcha sin cojera y una adecuada tensión de los tejidos blandos sin pinzamiento ni restricción en los arcos de movimiento. No obstante, esas relaciones no están descritas en fémures no maduros esqueléticamente. Por tanto, no existe un patrón de referencia ajustado a la edad del paciente pediátrico.

Objetivo: Caracterizar el crecimiento del fémur proximal evaluado en tomografía axial computarizada de cadera en pacientes entre los 4 meses y 18 años sin patología en la cadera.

Diseño: Estudio de tipo transversal, observacional, descriptivo, retrospectivo en el que se incluyeron pacientes pediátricos a quienes se les realizó una tomografía de cadera dentro del estudio de otra patología, incluyendo solo en el estudio las caderas sanas entre el 2014 y 2021. Se realizó un gráfico de dispersión con la tendencia según la edad para las variables de interés y suavizamiento para regularizar la curva en el caso del ángulo cervicodiafisario.

Resultados: Se encontraron 40 pacientes con tomografía de cadera sin patología neuromuscular asociada, con rangos de edades entre 6 meses y 17 años. El offset femoral mostró un crecimiento lineal en el tiempo con una tendencia a aumentar hasta los 12.5 años

y un posterior aplanamiento de la curva hasta los 16 años. La longitud del cuello femoral mostró una tendencia de crecimiento constante. El ángulo cervico diafisiario disminuyó progresivamente con un aplanamiento de la curva entre los 12 y 16 años de vida y el diámetro de la cabeza femoral aumentó más en los primeros 13 años de vida.

Conclusión: Las medidas evaluadas en este estudio son importantes para el diagnóstico, seguimiento o toma de conductas en múltiples patologías de la cadera durante el crecimiento. Conocer la tendencia de crecimiento del fémur proximal es el primer paso para estudios con un tamaño de población mayor que puedan establecer rangos de normalidad. Estos rangos serán el patrón de referencia para la restauración de la anatomía en cirugía de preservación articular de la cadera.

Abstract:

Introduction: The mechanics of the hip depends largely on the preservation of the normal proportions in the proximal femur, which must be restored in procedures such as joint replacements to ensure a gait without a limp and adequate tension of the soft tissues without impingement or restriction in the arcs of motion. However, these relationships are not described yet in skeletally immature femurs. Therefore, there is no reference pattern adjusted to the age of the pediatric patient.

Objective: To characterize the growth of the proximal femur evaluated in computed tomography of the hip in patients between 4 months and 18 years of age without hip pathology.

Design: Cross-sectional, observational, descriptive, retrospective study that included pediatric patients who underwent a hip tomography within the study of another pathology, including only healthy hips between 2014 and 2021. It was made a scatter graph with the trend according to age for the variables of interest and smoothing to regularize the curve in the case of the neck-diaphyseal angle.

Results: 40 patients with hip tomography without associated neuromuscular pathology were found, with age ranges between 6 months and 17 years. Femoral offset showed linear growth over time with a tendency to increase up until the 12.5 years of age and a subsequent flattening of the curve up to 16 years of age. The femoral neck length showed a constant growth trend. The cervical shaft angle progressively decreased with a flattening of the curve between 12 and 16 years of life, and the diameter of the femoral head increased more in the first 13 years of life.

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

La mecánica de la cadera depende en buena parte de la preservación de las proporciones en fémur proximal, las cuales deben ser restituidas en procedimientos como la cirugía de preservación articular de la cadera para asegurar una marcha sin cojera y una adecuada tensión de los tejidos blandos sin pinzamiento ni restricción en los arcos de movimiento. La cirugía de preservación articular se basa en la restitución de una cadera congruente con una reducción concéntrica y con restauración de las proporciones del fémur proximal. No obstante, esas relaciones no están descritas en fémures no maduros esqueléticamente. Por tanto, no existe un patrón de referencia ajustado a la edad del paciente pediátrico. Este estudio busca describir la tendencia que siguen las relaciones del fémur proximal durante su crecimiento.

1.2 Justificación

La morfología del fémur proximal es de vital importancia al momento de planear diferentes intervenciones quirúrgicas en la población pediátrica. Existe poca literatura universal acerca del análisis de la morfología de las caderas en los niños sin patología en la cadera; por otro lado, no existen estudios locales que describen la morfología de las caderas en niños sin patología de cadera, los pocos estudios son datos extranjeros.

En el Instituto Roosevelt contamos con población pediátrica a la cual se le han realizado tomografías de caderas y se encuentran en nuestra base de datos las cuales permiten una aproximación descriptiva de esa morfología proximal femoral en dicha población. Se pretende con este estudio hacer un análisis descriptivo de nuestra población local y analizar la tendencia de algunas medidas del fémur proximal durante el crecimiento en población sana mediante la tomografía axial computarizada.

2. Marco Teórico

La articulación de la cadera inicia su desarrollo aproximadamente a la séptima semana de gestación e inicia su proceso de diferenciación celular hasta la semana once donde se forma una cabeza femoral y acetábulo cartilagosos. La anatomía normal de estas estructuras durante la madurez esquelética se verá afectada directamente por varios procesos presentes durante su desarrollo y será hasta los 8 años de edad cuando se determine el desarrollo de esta articulación. El desarrollo del fémur está dado por crecimiento aposicional y epifisiario en el fémur proximal y la unión entre este y la diáfisis femoral respectivamente. En un fémur normal, hacia los 4-7 meses de vida aparece el centro de osificación de la cabeza femoral y este crece hasta su cierre fisiario en la adolescencia tardía. (*Texas Scottish Rite Hospital for Children., John A. Herring, and Mihran O. Tachdjian. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. Fourth edition. Philadelphia: Saunders/Elsevier, (425-427), 2008.*)

En lo concerniente a la biomecánica de la cadera, en un escenario normal, existe un equilibrio entre la carga ejercida sobre la cabeza del fémur y las fuerzas que la contrarrestan. Las cargas fisiológicas en el fémur proximal están determinadas por la posición del centro de gravedad del peso corporal, el peso corporal y la fuerza de la musculatura abductora. El brazo de palanca del peso corporal es hasta tres veces el de la musculatura abductora por lo que la fuerza ejercida por esta debe ser el triple del peso corporal. (*Pauwels, F. Biomechanics of the normal and diseased hip. Springer, Berlin. (8-21), 1976.*) Cuando nos encontramos en apoyo unilateral, la pelvis se encuentra en equilibrio mediado principalmente por los músculos abductores del lado apoyado funcionando como una palanca de primer género, cuyo apoyo será la cadera que carga, la resistencia será el peso del cuerpo y la potencia la fuerza del músculo glúteo medio el cual, junto al glúteo menor y el tensor de la fascia lata, son indispensables para una marcha normal. (*Kapandji AI, Tubiana R, Saillant G, Judet T. Fisiología articular. esquemas comentados de mecánica humana. 6a. Ed. Médica Panamericana; 2007*)

Existen diversas mediciones imagenológicas que nos permiten evaluar algunos de estos parámetros biomecánicos mencionados como lo son el offset femoral, ángulo cerviceo diafisiario, longitud del cuello femoral y diámetro de la cabeza o núcleo de osificación de la cabeza femoral. El ángulo cervicodiafisiario también conocido como ángulo de Muller, corresponde a el punto donde se encuentran los ejes del cuello y la diáfisis femoral respectivamente. Este ángulo aumenta desde el nacimiento hasta los 2 años de edad aproximadamente y luego disminuye paulatinamente hasta aproximadamente 125 entre los 15 y 20 años. (*Muñoz J. Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y*

traumatología. 2da Ed. McGrawHill; 2011). El offset femoral se conoce como la distancia entre el centro de la cabeza femoral y el eje diafisario femoral; esta medida representa el brazo de palanca de la musculatura abductora la cual es indispensable para una marcha normal. Algunas de estas medidas, principalmente cuando se tiene en cuenta el centro de giro de la cabeza, no son fáciles de realizar en niños menores de 3 años debido a la morfología y dosificación insuficiente de la cabeza femoral a esta edad. (*Amador et.al/ Center of the Femoral Head in Children: Anatomic-Radiologic Correlation. J pediatr Orthop (2003) No. 6 Nov/Dec 2003*)

Los parámetros medidos en la cadera en nuestro estudio fueron evaluados así: El offset femoral en los pacientes mayores de 4 años se midió la distancia entre el centro de la cabeza femoral y una proyección ortogonal de este punto hasta el eje diafisario femoral proximal. El ángulo cervicodiafisario se midió como el ángulo entre el eje del cuello femoral y el eje diafisario femoral proximal (*Szuper K, et. Al/ Three-dimensional quantitative analysis of the proximal femur and the pelvis in children and adolescents using an upright biplanar slot-scanning X-ray system. Pediatric Radiology. 2015*)

En el caso de los pacientes menores de 4 años, para el offset femoral, se utilizó el método descrito por Amador para ubicar el centro de la cabeza femoral en este grupo etario de la siguiente manera: se dibuja una línea por el eje del cuello femoral en dirección a la cabeza y una secante que conecte los puntos más distales de las curvaturas medial y lateral metafisiarias, el centro de la cabeza femoral se calculó a una distancia medida desde esta secante según el método de Amador (3.7mm en menores de 3 meses, 2.3mm en 3 a 6 meses, 1.4mm en 7 a 18 meses y 0.2mm en población entre 19 y 33 meses de edad). (*Amador et.al/ Center of the Femoral Head in Children: Anatomic-Radiologic Correlation. J pediatr Orthop (2003) No. 6 Nov/Dec 2003*)

3. Pregunta de investigación

En pacientes pediátricos sin patología en la cadera evaluada ¿cómo es el desarrollo del fémur proximal medido a través del offset femoral, ángulo cervicodiafisario, longitud del cuello femoral, núcleo de osificación de la cabeza/diámetro de la cabeza femoral y ancho de la metafisis; evaluados en tomografía axial computarizada de cadera en pacientes entre los 4 meses y 18 años sin patología de cadera?

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Caracterizar el crecimiento del fémur proximal medido a través del offset femoral, ángulo cervicodiafisario, longitud del cuello femoral, núcleo de osificación de la cabeza/diámetro de la cabeza femoral y ancho de la metafisis; evaluados en tomografía axial computarizada de cadera en pacientes entre los 4 meses y 18 años sin patología en la cadera.

4.2 Objetivos específicos

1. Describir las características demográficas y clínicas de la población.
2. Establecer el método para medir las relaciones del fémur proximal en fémures que no han completado la osificación.
3. Determinar la progresión del crecimiento del offset femoral, ángulo cérico diafisario, longitud del cuello femoral, núcleo de osificación de la cabeza/diámetro y el ancho de la metáfisis.

5. Formulación de hipótesis

La progresión del crecimiento del fémur proximal en población pediátrica, medido en offset femoral, ángulo cérico diafisario, longitud del cuello femoral, núcleo de osificación de la cabeza/diámetro y el ancho de la metáfisis, están relacionadas directamente con la edad del paciente

6. Metodología

6.1 Tipo y diseño de estudio

Estudio de tipo transversal, observacional, descriptivo, retrospectivo.

6.2 Población y muestra

Pacientes pediátricos a quienes se les realizó una tomografía de cadera dentro del estudio de otra patología en el Instituto Roosevelt, pero en quienes solo se incluirá en el estudio las caderas sin patología y con tomografía de cadera realizada entre el 2014 y 2021

6.3 Criterios de inclusión y exclusión

6.3.1 Criterios de inclusión:

- Pacientes menores de 18 años.
- Pacientes con tomografía de caderas tomada entre el 2014 y 2021
- Pacientes sin patología de la cadera evaluada

6.3.2 Criterios de exclusión:

- Antecedente de cirugía femoral proximal en las caderas evaluadas.
- Condiciones clínicas como enfermedades neuromusculares o displasias esqueléticas y pacientes que cursen con afectación del fémur proximal (ej. deficiencias femorales, osteomielitis, artritis séptica, deslizamiento epifisiario capital, perthes, fractura).

6.4 Tamaño de muestra

No se realizará cálculo de tamaño de muestra porque se incluirán en el estudio todos los pacientes que cumplan los criterios de admisión.

6.5 Muestreo

Se realizará un censo de todos los pacientes con tomografía computarizada de cadera en el Instituto Roosevelt entre el 2014 y 2021.

6.6 Definición y operacionalización de variables

6.6.1 Definiciones:

- Sexo: Sexo del paciente
- Edad: Edad del paciente
- Peso: Peso para la edad
- Talla: Talla para la edad
- Offset femoral: Distancia del centro de giro de la cabeza femoral hasta el centro del eje diafisiario femoral ipsilateral
- Ángulo cérico diafisiario: Grados entre el eje diafisiario femoral y el eje central del cuello femoral
- Longitud cuello femoral: Distancia entre el centro de giro capital femoral hasta el eje femoral en su cortical lateral siguiendo el trayecto del cuello femoral
- Núcleo de osificación de la cabeza/diámetro de la cabeza femoral: Medición en centímetros de la cabeza femoral en niños mayores de 4 años, o medición del núcleo de osificación en menores de 4 años
- Ancho metáfisis: Medida en centímetros de distancia que hay a lo ancho de la metáfisis femoral proximal en el aspecto mas cercano a la fisis

6.6.2 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Nombre de la variable	Definición	Naturaleza	Escala	Unidades o categorías
Sexo	Sexo del paciente	Cualitativa	Continua	Femenino- Masculino
Edad	Edad del paciente	Cuantitativa	Discreta	0-28 días 1 mes- 12 meses >1 año- 5 años >5 años-11 años >11 años-18 años.
Peso	Peso para la edad	Cuantitativa	Continua	Kilogramos
Talla	Talla para la edad	Cuantitativa	Continua	Metros
Offset femoral	Centro de giro cabeza femoral hasta el centro del eje diafisario femoral ipsilateral	Cuantitativa	Continua	Milímetros
Ángulo cervico diafisario	Grados entre el eje diafisario femoral y el eje central del cuello femoral.	Cuantitativa	Continua	Grados
longitud femoral cuello	Distancia entre el centro de giro capital femoral hasta el eje femoral en su cortical lateral siguiendo el trayecto del cuello femoral.	Cuantitativa	Continua	Milímetros

Núcleo de osificación de la cabeza/diámetro de la cabeza femoral	Medición en centímetros del diámetro de la cabeza femoral en niños mayores de 4 años, o medición del núcleo de osificación en menores de 4 años	Cuantitativa	Continua	Milímetros
Ancho metáfisis	Medida en centímetros de distancia que hay a lo ancho de la metáfisis femoral proximal en el aspecto más cercano a la fisis.	Cuantitativa	Continua	Milímetros

6.7 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos

La recolección de los datos de las variables serán obtenidas desde fuentes de información confiables. Para limitar el sesgo de información las mediciones de las variables radiológicas serán realizadas por una misma persona con experiencia en la adquisición de dichas mediciones. Dado que a ningún paciente sin patología de cadera o pelvis se le indica la toma de una tomografía computarizada de caderas, se procurará elegir la cadera que no presente compromiso para incluirla en las mediciones como cadera sana.

6.8 Plan de procesamiento de muestras biológicas

No se cuenta con muestras biológicas en el estudio

6.9 Plan análisis de datos

Para las variables sociodemográficas se calcularon frecuencias absolutas y relativas, para las cuantitativas se calculó la mediana y el rango intercuartílico. Para las variables de interés se realizó un gráfico de dispersión con la tendencia según la edad. Se realizó suavizamiento para regularizar la curva.

6.10 Alcances y límites de la investigación

Las medidas evaluadas en este artículo son importantes para el diagnóstico, seguimiento o toma de conductas en múltiples patologías articulares de la cadera durante el crecimiento. Conocer la tendencia que cada una de ellas sigue es el primer paso para estudios con un tamaño de población mayor que establezcan rangos de normalidad.

Estos rangos serán el patrón de referencia para la restauración de la anatomía en cirugía de preservación articular de cadera.

La principal limitante de nuestro estudio es el tamaño de la muestra poblacional que permite mostrar una tendencia pero es insuficiente para la determinación de la media y los intervalos de confianza 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 col.(6), se hace evidente una diferencia de los valores en las edades evaluadas, lo cual también es una limitante, al no ser comparables los datos con otras poblaciones dada la diferencia en la morfología y carga genética de cada una de estas. Sin embargo, aunque el tamaño del fémur proximal no es comparable a estas edades, la tendencia de crecimiento si lo es, llegando a los valores de referencia cuando se ha completado la maduración esquelética.

7. Aspectos éticos

7.1 Equipo de investigación

Antonio Jose Solano Noguera: residente de ortopedia Universidad del Rosario, trabajó en elaboración de marco teórico y pregunta de investigación, análisis de datos, bibliografía, ajustes frente a comité de ética y elaboración de manuscrito.

Helmuth Ricardo Rashid Forero: Ortopedista Universidad del Rosario, trabajo en desarrollo de propuesta de investigación, recolección de datos, desarrollo de marco teórico y presentación frente a comité de ética.

Rodrigo Huertas Tafur: Ortopedista infantil Instituto Roosevelt, coordinador de servicio de ortopedia infantil, coordinador del estudio, revisión del protocolo, análisis de datos, redacción del manuscrito, tutor temático.

Maria Fernanda Garcia Rueda: Ortopedista infantil Instituto Roosevelt, análisis e interpretación de datos y elaboración de gráficos, revisión del protocolo, redacción del manuscrito, tutor metodológico.

7.2 Categoría de la investigación

Según el artículo 11 de la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, esta investigación se clasifica como un estudio **sin riesgo** en la cual no se realizará ninguna intervención física, farmacológica o psicológica sobre los participantes del estudio.

7.3 Población sujeta de investigación

Pacientes pediátricos sin patología de cadera, con tomografía axial computarizada de cadera tomada entre el 2014 y 2021 sin hallazgos patológicos de la cadera evaluada. No se considera población vulnerable, se realizara en Instituto Roosevelt, Bogotá D.C., Colombia con un numero de 40 pacientes incluidos.

7.4 Proceso de obtención de consentimiento informado

Este estudio no requiere de consentimiento informado

7.5 Uso de datos personales

Los datos recolectados se extraen de REDCap® para el análisis estadístico y se encuentran en sistema de historias clínicas y de imágenes diagnósticas de Instituto Roosevelt

7.6 Riesgos y Beneficios

No existen riesgos que puedan afectar a los sujetos de investigación o al equipo de investigadores ni beneficio directo a la población estudiada.

7.7 Titularidad de la información

No se requiere titularidad de la información

7.8 Criterios que se tendrá en cuenta para definir la autoría de los productos de investigación

Se consideraran autores del producto de investigación quienes realicen contribuciones sustanciales a la concepción o diseño del trabajo, adquisición o analisis e interpretación de los datos, redacción o revisión critica del contenido intelectual importante.

8. Administración del proyecto

8.1 Presupuesto

Este estudio no cuenta con financiación externa. Los recursos para la recolección de los datos serán dados en especie por los autores del estudio. El análisis estadístico y la traducción del estudio serán proporcionados por el Instituto Roosevelt.

8.2 Cronograma

Tabla 2. Cronograma

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Revisión de la literatura	■					
Establecimiento de variables	■					
Realización y presentación de protocolo de investigación	■	■				
Recolección de datos			■	■	■	
Análisis de resultados					■	■
Redacción de documento final						■

9. Resultados esperados

1.1 Fortalecimiento de la apropiación social del conocimiento: Tabla 3

Resultado	Indicador	Beneficiario
Descripción de las características sociodemográficas de los pacientes sin patología de la cadera	Valores de datos sociodemográficos de los pacientes en cuestión	Hospitales, clínicas, sistema de salud.
Evaluación radiológica de las caderas sin patología	Valores de variables medidas de los pacientes en cuestión en TAC	Pacientes, familiares, hospitales, clínicas, sistema de salud.

1.2 Fortalecimiento de la comunidad científica: Tabla 4

Resultado	Indicador	Beneficiario
Conocimiento de crecimiento del fémur proximal en población pediátrica	Restauración de parámetros en cirugía de preservación articular de la cadera	Residentes, Ortopedistas generales, Ortopedistas infantiles.
Creación de una línea de investigación con enfoque en evaluación de parámetros de desarrollo del fémur proximal en ortopedia infantil y futuros trabajos de investigación	Número de publicaciones científicas en ortopedia infantil	Residentes, Ortopedistas generales, Ortopedistas infantiles.

10. Transferencia de resultados

La transferencia de los datos se realizó en forma de publicación de dos formas. La presente, como trabajo de grado presentado a la Universidad del Rosario como requisito para optar por el título de Ortopedia y Traumatología. La segunda, que se encuentra pendiente de sometimiento y se realizará la publicación como artículo de investigación, en una revista indexada pendiente por elegir.

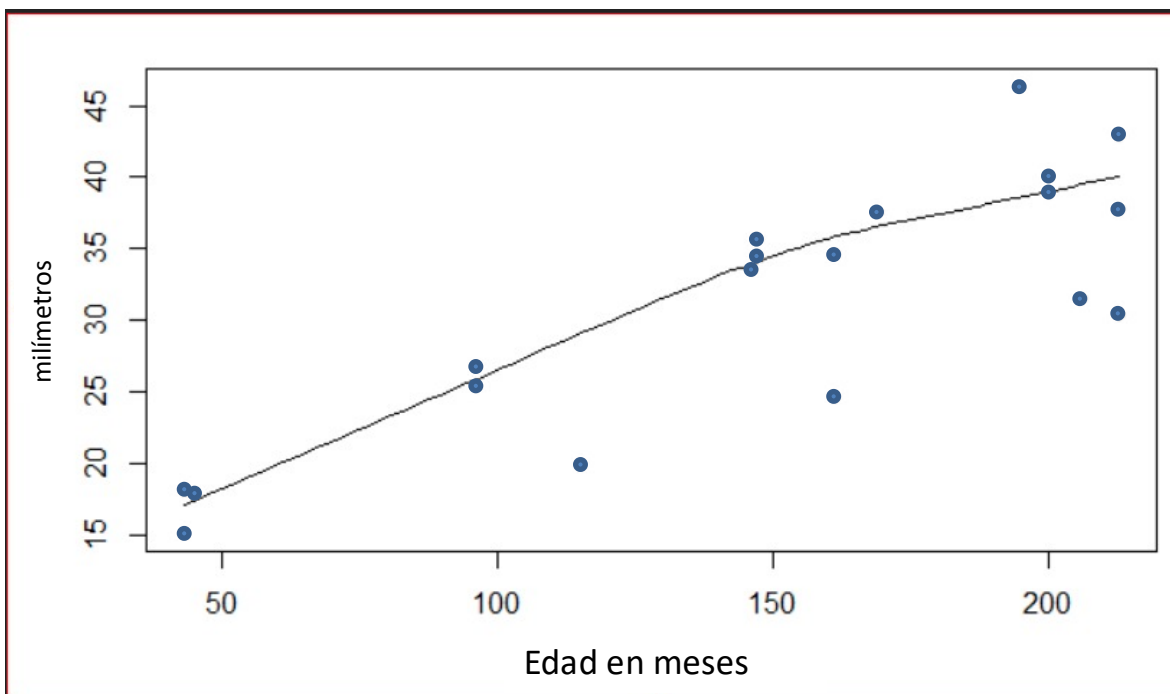
11. Resultados

Se encontraron 40 pacientes con tomografía de cadera sin patología neuromuscular asociada, con rango de edades entre 6 meses y 17 años, promedio 9 años. Los resultados de offset femoral, longitud del cuello femoral, diámetro de la cabeza femoral y el ángulo cérico diafisario se representan en los gráficos 1 a 4.

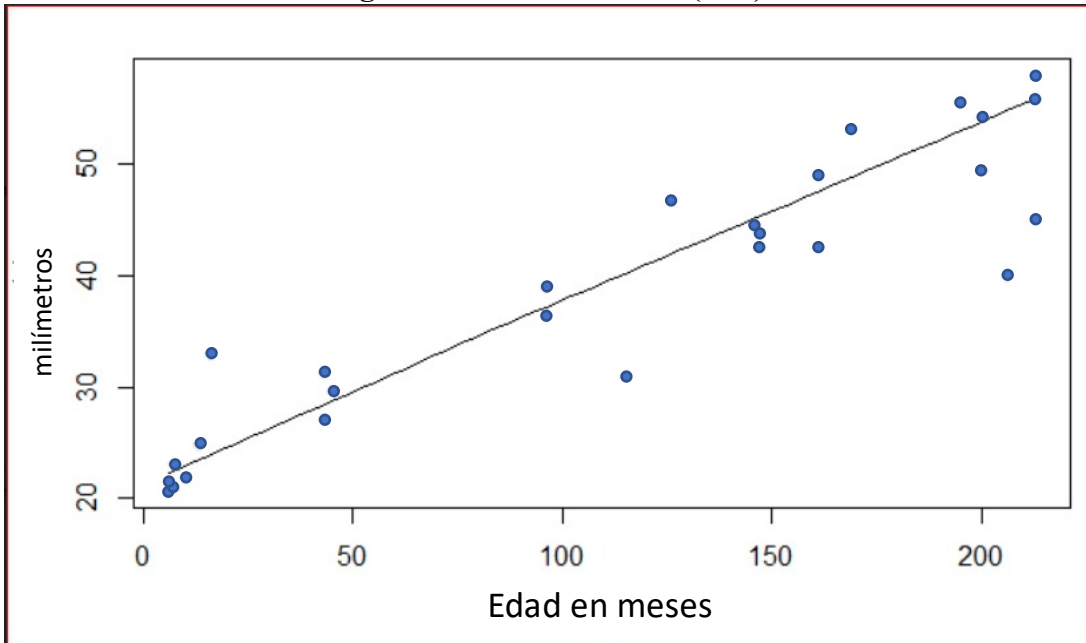
El offset femoral muestra un crecimiento lineal en el tiempo con una tendencia a aumentar aproximadamente 1.96mm al año hasta los 12.5 años con un posterior aplanamiento de la curva y un aumento en el offset de 1.2mm entre los 12.5 y 16 años (gráfica 1). Respecto a la

longitud del cuello femoral, la tendencia de crecimiento es constante, a una velocidad de 1.95 mm/año (gráfica 2).

Gráfica 1: Crecimiento del offset femoral (mm) Vs. Edad en meses

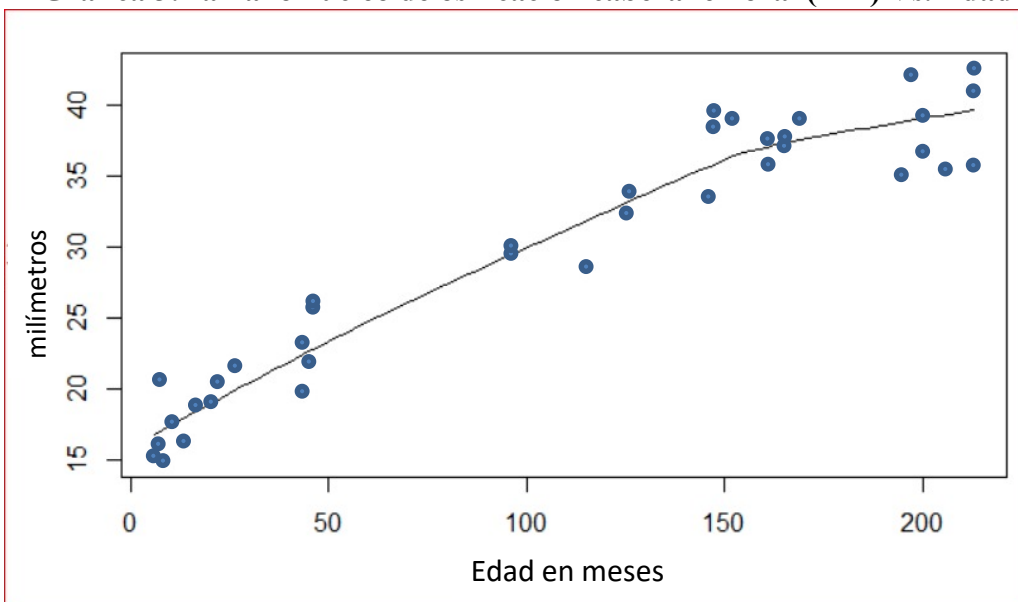


Gráfica 2: Longitud del cuello femoral (mm) Vs. Edad en meses

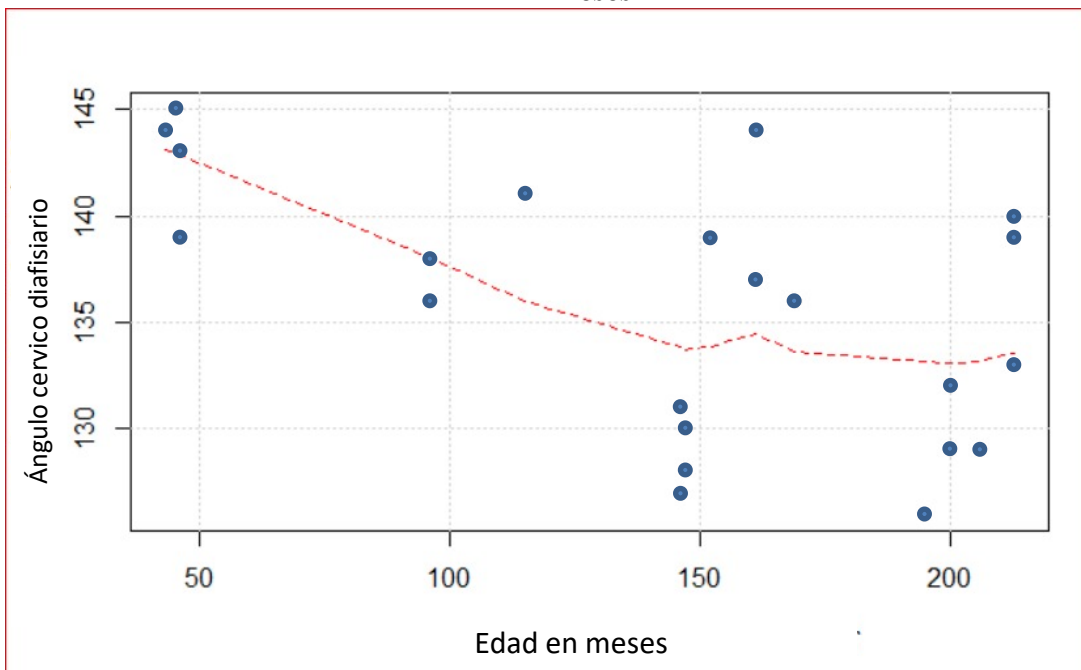


Para la medida del ángulo cervicodiafisario se aplicó un suavizamiento de 0.6. Se encontró una disminución progresiva desde el nacimiento hasta los 10 años de $1.16^\circ/\text{año}$. Posteriormente, continúa disminuyendo $0.88^\circ/\text{año}$ entre los 10 y 12 años de vida con un posterior aplanamiento de la curva entre los 12 y 16 años de vida (disminución $0.09^\circ/\text{año}$). El diámetro de la cabeza femoral tiene un aumento de $1.56\text{mm}/\text{año}$ durante los primeros 13 años de vida con un crecimiento más lento de $0.62\text{mm}/\text{año}$ de ahí en adelante.

Gráfica 3: Tamaño nucleo de osificación cabeza femoral (mm) Vs. Edad en meses



Gráfica 4: Ángulo cervicodiafisario (en grados, con suavizado de 0.6) Vs. Edad en meses



12. Discusión

El objetivo de este estudio fue caracterizar el crecimiento del fémur proximal en términos de parámetros anatómicos evaluados en tomografía axial computarizada de las caderas sanas de pacientes pediátricos. Hasta el momento el grueso de la literatura se ha enfocado en describir la relación femoroacetabular y establecer puntos de corte para ciertas edades que faciliten la toma de decisión, tomando como referencia el ángulo centro-borde (Wiberg) y el índice acetabular (ángulo de Hilgenreiner), entre otros (10-11). Esta aproximación no permite una evaluación directa del efecto de la anatomía femoral sobre el brazo de palanca de la cadera, ni tiene en cuenta que el crecimiento es un proceso dinámico hasta la madurez esquelética. Una excepción a esta afirmación es el trabajo publicado por Novais y cols. en el cual se presenta la mediana y dispersión del índice acetabular y el índice de profundidad acetabular desde el nacimiento hasta los 17 años (12). Para el caso del fémur está descrito el análisis del crecimiento femoral por medio del sistema EOS (6)

Tal como lo describió Pauwells, la biomecánica de la cadera se ve fuertemente influenciada por la longitud de los brazos de palanca de sus componentes (4). Este hallazgo es evidente en pacientes pediátricos con patologías que modifican estas relaciones tales como la enfermedad de perthes, displasia de cadera o las secuelas de artritis séptica.

Existe dificultad para descubrir las medidas de crecimiento femoral en la población menor a 4 años. Para dar una solución, Amador y colaboradores describieron un método reproducible para encontrar el centro de la cabeza femoral y su circunferencia cuando la osificación es incompleta (7). Wientroub et al., en 1981 describieron el desarrollo de la cadera normal en población infantil en radiografías simples, sin embargo, en su publicación no hacen referencia al cálculo del centro de la cabeza femoral en los pacientes sin osificación de la misma (8). Szuper y col presentaron el desarrollo del fémur entre los 4 y 16 años. Este trabajo incluye pacientes desde los 6 meses de edad hasta los 17 años.(6)

Como se muestra en los gráficos 1 al 4, existe una tendencia en la relación de los parámetros evaluados y la edad de los pacientes. Se calcularon los promedios de las medidas a los 5 y 15 años de edad y se compararon con los resultados de Szuper y colaboradores que fue el único encontrado en la literatura que busque establecer valores de referencia en parámetros anatómicos de normalidad del fémur proximal (6).

El offset, aumentó con la edad hasta una medida promedio de 20mm a los 5 años y de 37mm a los 15 años (6mm y 3mm menos que la población comparada, respectivamente). La longitud del cuello femoral tuvo un promedio de 33mm a los 5 años y 49 mm a los 15 años (1 mm y 1.5mm, respectivamente, menor a la población de Szuper). El tamaño de la cabeza femoral también fue menor que en la población comparada, con promedios de 24.6mm a los 5 años y 38.2mm a los 15 años (4mm y 5.5mm de diferencia, respectivamente). Estos cambios se pueden relacionar a la diferencia anatómica de nuestra población más baja de estatura que muestra una velocidad de cambio más alta para el offset y tamaño de la cabeza femoral.

En nuestro estudio, el ángulo cervicodiafisario disminuyó con la edad con 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 (1, 6).

La principal limitante de nuestro estudio es el tamaño de la muestra poblacional que permite mostrar una tendencia pero es insuficiente para la determinación de la media y los intervalos de confianza 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 col.(6), se hace evidente una diferencia de los valores en las edades evaluadas, lo cual también es una limitante, al no ser comparables los datos con otras poblaciones dada la diferencia en la morfología y carga genética de cada una de estas. Sin embargo, aunque el tamaño del fémur proximal no es comparable a estas edades, la tendencia de crecimiento si lo es, llegando a los valores de referencia cuando se ha completado la maduración esquelética.

Las medidas evaluadas en este estudio son importantes para el diagnóstico, seguimiento o toma de conductas en múltiples patologías articulares de la cadera durante el crecimiento. Conocer la tendencia de cada una de ellas es el primer paso para estudios con un tamaño de población mayor que establezcan rangos de normalidad. Estos rangos serán el patrón de referencia para la restauración de la anatomía en cirugía de preservación articular de cadera.

13. Referencias

1. Birkenmaier C, Jorysz G, Jansson V et al (2010) Normal development of the hip: a geometrical analysis based on planimetric radiography. *J Pediatr Orthop B* 19:1–8
2. Lecerf G, Fessy M.H., Philippot P, et al (2009) Femoral offset: Anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 95: 210-219
3. Johnston JD, Noble PC, Hurwitz DE et al (1998) Biomechanics of the hip. In: Callaghan J, Rosenberg AG, Rubas HE (eds) *The adult hip*, 1st edn. LWW, Philadelphia, pp 81–90
4. Pauwels, F. *Biomechanics of the normal and diseased hip*. Springer, Berlin. (8-21), 1976
5. Muñoz Gutierrez J. *Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología* [Internet]. 2a ed. McGraw-Hill; 2011
6. Szuper K, et. Al/ Three-dimensional quantitative analysis of the proximal femur and the pelvis in children and adolescents using an upright biplanar slot-scanning X-ray system. *Pediatric Radiology*. 2015
7. Amador et.al/ Center of the Femoral Head in Children: Anatomic-Radiologic Correlation. *J pediatr Orthop* (2003) No. 6 Nov/Dec 2003
8. 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; 4:239–241
9. Byrne DP, Mulhall KJ, Baker JF. *Anatomy & Biomechanics of the Hip*. 2010 Jan 1
10. Kleinberg S. The Acetabular Index in Infants in Relation to Congenital Dislocation of the Hip. *Archives of Surgery* ; volume 32, issue 6, page 1049
11. Than P, Sillinger T, Kranicz J, Bellyei A. Radiographic parameters of the hip joint from birth to adolescence. *Pediatr Radiol* 2004; 34:237–244

12. Novais EN, Pan Z, Autruong PT, Meyers ML, Chang FM. Normal Percentile Reference Curves and Correlation of Acetabular Index and Acetabular Depth Ratio in Childre. *Journal of pediatric orthopaedics*. 2018 Jan 1.

14. Anexos

Anexo 1. Listado de tablas

<i>Tabla 1. Operacionalización de variables</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2. Cronograma</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3. Fortalecimiento de la apropiación social del conocimiento</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4. Fortalecimiento de la comunidad científica</i>	<i>17</i>

Anexo 2. Listado de gráficos

<i>Gráfica 1: Crecimiento del offset femoral (mm) Vs. Edad en meses</i>	<i>18</i>
<i>Gráfica 2: Longitud del cuello femoral (mm) Vs. Edad en meses</i>	<i>18</i>
<i>Gráfica 3: Tamaño nucleo de osificación cabeza femoral (mm) Vs. Edad en meses</i>	<i>19</i>
<i>Gráfica 4: Ángulo cervicodiafisario (en grados, con suavizamiento de 0.6) Vs. Edad en meses</i>	<i>19</i>