

## Anatomía articular y parámetros radiográficos de la cadera como factor de riesgo de fractura: una mirada actualizada

### Joint Anatomy and Radiographic Parameters of the Hip as Risk Factor for Fracture: An Updated Look

Sandra Bahr Ulloa<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4472-3716>

Regla Ponce de León Narváez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2602-1443>

Katia Guisado Zamora<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8938-065X>

José Alfonso Melis Santana<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7514-3618>

<sup>1</sup>Universidad de Matanzas. Cuba.

Autor para la correspondencia: [sandrab.mtz@infomed.sld.cu](mailto:sandrab.mtz@infomed.sld.cu)

#### RESUMEN

**Introducción:** Existe un aumento de la evidencia de que la estructura geométrica de la anatomía de la cadera juega un importante papel en la etiología de la fractura.

**Objetivo:** Sistematizar los conocimientos más actuales referentes a las características anatómicas de los parámetros radiográficos de la articulación de la cadera, y su relación con la fractura.

**Métodos:** Se realizó una investigación documental, con los artículos científicos publicados en las bases de datos médicas informáticas como PubMed, Ebsco y SciELO en los últimos 5 años.

**Resultados:** La mayoría de las publicaciones analizan el ángulo cervicodiafisario y el eje de la cadera. Otras medidas analizadas son el eje femoral, la longitud y el ancho del cuello femoral, así como medidas acetabulares. No existe un consenso en la medida del largo del cuello femoral o del eje femoral, a pesar de ser un componente importante de la estructura. El conocimiento de las

particularidades de la anatomía y de las características biomecánicas de la cadera permite establecer una base para la comprensión de los factores que afectan esta articulación.

**Conclusiones:** Los estudios que se han realizado sobre las características de los componentes estructurales, demuestran que existe una asociación entre sus dimensiones y la ocurrencia de fractura de cadera, en algunos casos independientes de la densidad mineral ósea.

**Palabras clave:** parámetros radiográficos; anatomía de la cadera; fractura de cadera.

## ABSTRACT

**Introduction:** There is increasing evidence that the geometric structure of the hip anatomy plays an important role in the etiology of the fracture.

**Objective:** To systematize the most current knowledge regarding the anatomical characteristics of the radiographic parameters of the hip joint, and their relationship with the fracture.

**Methods:** A documentary research was carried out, with the scientific articles published, in the last 5 years, in medical computer databases such as PubMed, Ebsco and SciELO.

**Results:** Most of the publications analyze the cervicodiaphyseal angle and the axis of the hip. Other measurements analyzed are the femoral axis, the length and width of the femoral neck, as well as acetabular measurements. There is no consensus on the length of the femoral neck or the femoral shaft, despite being an important component of the structure. Knowledge of the particularities of the anatomy and biomechanical characteristics of the hip allows to establish basis for understanding the factors that affect this joint.

**Conclusions:** The studies that have been carried out on the characteristics of the structural components show that there is association between their dimensions and the occurrence of hip fracture, in some cases independent of bone mineral density.

**Keywords:** radiographic parameters; hip anatomy; hip fracture.

Recibido: 23/9/2020

Aprobado: 7/10/2020

## Introducción

Los procesos propios del envejecimiento traen como consecuencia la disminución de la fortaleza ósea y de las capacidades del organismo de responder de forma rápida, por lo que aumenta el riesgo de caídas y la aparición de fracturas. Estas afectan alrededor de 90 % de la población, fundamentalmente mayor de 65 años de edad y la mayoría de los pacientes son del sexo femenino.<sup>(1,2)</sup>

Se postula que la tasa promedio anual de caídas va de 15 a 28 % en adultos mayores sanos entre 60 y 75 años y esta cifra aumenta a 35 % sobre los 75 años. Las caídas son una de las causas principales de fractura de cadera. Estudios recientes en Cuba plantean que más de dos tercios de las fracturas de cadera tienen como causa principal las caídas accidentales, predominante en la vivienda, por lo que constituyen un importante problema de salud en la tercera edad.<sup>(3)</sup>

La incidencia mundial de fractura de cadera se proyecta en un incremento a 2,6 millones en 2025 y llegará a los 4,5 millones en 2050.<sup>(2)</sup> En Latinoamérica la incidencia varía de 40 a 360 pacientes por cada 100 000 habitantes en los diferentes países. En Cuba, más de 1 millón de habitantes pertenecen a la tercera edad y la incidencia de fractura de cadera está en ascenso debido al envejecimiento poblacional. Se estima que en el país anualmente ocurren 12 000 fracturas de cadera.<sup>(4)</sup> En los últimos años se han estructurado grupos investigativos que dedican sus esfuerzos a la descripción de las características clínicoepidemiológicas en la atención secundaria y al trabajo de prevención e intervención comunitaria con relación a esta enfermedad.

Entre los factores de riesgo conocidos podemos citar como más influyentes la edad avanzada y el sexo femenino. La presencia de osteoporosis es otro de los factores que más relación establece entre el valor de la densidad ósea y la presencia de esta afección. Sin embargo, la estructura geométrica de la anatomía de la cadera es uno de los más recientes factores que influye en la biomecánica de la cadera y desempeña un rol importante en su fortaleza o debilidad, siendo esta característica poco conocida entre los especialistas, aunque su estudio y

caracterización no son tan recientes.<sup>(5)</sup> Las dimensiones del ángulo cervicodiafisario, el diámetro de la cabeza del fémur, la longitud del cuello femoral, el eje de la cadera, el ancho de la diáfisis, así como el grosor de la cortical tanto medial como lateral, el ángulo acetabular y el ancho del acetábulo, entre otros, son los parámetros anatómicos que se han evaluado con respecto a la presencia o no de fractura de cadera.<sup>(6,7)</sup>

Los autores consideran que han sido pocas las publicaciones sobre estudios de anatomía, comparado con el gran volumen de investigaciones que anualmente se publican en el mundo con respecto a esta patología. Desde los años 90 han sido estables las publicaciones que suman la geometría de esta articulación a los factores predisponentes de la ocurrencia de fractura. Algunas investigaciones han demostrado a través del análisis de parámetros radiográficos, la independencia de estas medidas articulares de los valores de la densidad mineral ósea y las escalas clínicas de riesgo.<sup>(7,8,9)</sup>

La utilización de estos parámetros para el análisis de las imágenes digitales obtenidas de los pacientes que acuden a la asistencia hospitalaria, ofrece un valor agregado al uso que la radiografía tiene como examen complementario. El trabajo con las herramientas digitales permite un mejor uso de los recursos materiales que han sido dispuestos para el trabajo hospitalario. El objetivo de este trabajo es sistematizar los conocimientos más actuales referentes a las características anatómicas de los parámetros radiográficos de la articulación de la cadera y su relación con la fractura.

## Métodos

Se realizó una investigación documental cuyo objeto de estudio fueron los artículos científicos publicados en las bases de datos SciELO, Ebsco y PubMed, hasta junio de 2019, en español e inglés, que abordaron aspectos referentes a los estudios basados en mediciones de parámetros radiográficos de la anatomía de la cadera y su relación con la fractura de esta, en las diferentes aristas que componen el tema como son la radiológica, la ortopédica y en particular, la anatómica.

En SciELO Regional (<http://www.scielo.org/php/index.php?lang=es>), con el descriptor "fractura de cadera" se encontraron 255 referencias que, filtradas a partir de los últimos 5 años, determinaron 84 artículos. En Ebsco (<https://www.ebscohost.com>) con el descriptor en inglés "hip fracture" se encontraron 39 423 referencias que al ser filtradas en los últimos 5 años a texto completo se obtuvieron 12 843 artículos. Al combinar este resultado con el descriptor "hip geometry" utilizando el booleano "and" resultaron 60 artículos, de los cuales se encontraron 17 a texto completo. Con el descriptor "proximal femoral geometry" sin restricción de fecha, se obtuvieron 87 artículos, 28 de ellos publicados en los últimos 5 años y de ellos, 16 a texto completo. En la base de datos PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) con el descriptor "hip fracture" se encontraron 24 074 referencias que, al combinarlo con "proximal femoral geometry" or "neck shaft angle" resultaron 147 artículos.

Se recogieron los artículos y se combinaron en el gestor bibliográfico End Note, se descartaron los duplicados y se completaron 132 artículos. Se dividieron entre los investigadores y fueron seleccionados un total de 44 artículos referenciados en este trabajo.

Para ello se emplearon métodos teóricos: histórico-lógico, análisis-síntesis e inducción-deducción para los referentes teóricos del tema, la interpretación de la revisión documental y la progresión de la información en los artículos, de modo que se pudieran extraer las regularidades halladas en la información para conformar el criterio de los autores acerca del estudio realizado por diferentes investigadores sobre el tema. Dentro de los métodos empíricos se realizó el análisis de artículos científicos afines al tema, de varios autores tanto cubanos como internacionales.

## Desarrollo

### Anatomía de la cadera

La articulación de la cadera es una unión sinovial entre la porción libre del miembro inferior al cinturón pelviano, entre los huesos fémur y el coxal.<sup>(10)</sup> Las superficies articulares se mantienen en contacto por medios de unión que garantizan la estabilidad articular. Estos están representados por la cápsula articular, la membrana sinovial y los ligamentos que las refuerzan.

La cabeza del fémur, al estar separada de la diáfisis por un cuello largo de hasta 4 y 5 cm, presenta una mayor movilidad a la cabeza rodeada por el acetábulo. El cuello no está en el eje de la diáfisis y, por lo tanto, presenta con esta un ángulo de inclinación o cervicodiafisario de 128 a 130° como promedio.<sup>(10)</sup> La mayor libertad de movimientos ganada por el hombre en la bipedestación se consigue al coste de una mayor vulnerabilidad frente a las fracturas, que suelen ocurrir en esta región anatómica. En un fémur proximal normal, la transferencia de cargas se realiza de la cabeza femoral al calcar, que soporta fuerzas compresivas más importantes en el propio cuello que las zonas más diafisarias del fémur.<sup>(11)</sup> Además, cuando se consideran los efectos de la acción muscular sobre la articulación deben tenerse en cuenta la gran longitud del cuello del fémur y la angulación de este con respecto a la diáfisis.

El papel mecánico del cuello del fémur, ha sido comparado con el de una grúa.<sup>(10)</sup> La organización del tejido óseo en la extremidad superior del fémur refleja la forma en que se transmiten las cargas a través del hueso y pone de manifiesto las zonas con menor resistencia y, por tanto, las más susceptibles de sufrir fracturas.<sup>(10,11)</sup>

Por su parte, el acetábulo es casi hemisférico y presenta dos partes distintas: una articular en forma de media luna y otra no articular denominada fosa acetabular. El revestimiento cartilaginoso recubre solo la cara articular del acetábulo. Del mismo modo que en la cabeza del fémur, el cartílago es más grueso superior que inferiormente, y contrariamente al de dicha cabeza, su espesor es mayor en la periferia que en el centro.<sup>(10)</sup>

El acetábulo, agrandado por la altura del labro, abarca poco más de una hemiesfera. La cabeza del fémur quedaría retenida mecánicamente dentro de esta cavidad, si el labro no se dejara distender fácilmente debido a su flexibilidad y elasticidad. Por consiguiente, la acción del labro acetabular estriba en aumentar la profundidad y extensión del acetábulo al mismo tiempo que uniformiza el borde irregular de esta cavidad.

En la articulación, el ligamento de la cabeza del fémur y el cojinete adiposo están rodeados por una vaina sinovial independiente de la membrana sinovial articular propiamente dicha, lo que lo hace intraarticular y extracapsular. Por su parte, la cápsula articular se halla engrosada anterior, medial y posteriormente por tres

ligamentos o fascículos de refuerzo, conocidos como ligamentos iliofemoral, pubofemoral e isquiofemoral.<sup>(12)</sup>

AKI La cabeza femoral, engastada en el acetábulo, se mantiene en posición gracias al rodete acetabular y a la presión atmosférica, que asegura la adaptación de las superficies articulares. Sin embargo, la congruencia de las superficies articulares no es absolutamente perfecta, lo cual entraña variaciones de la presión intraarticular en el curso de los movimientos. Estas variaciones de presión facilitan una buena circulación de los líquidos intra y extraarticulares, indispensables para la biomecánica normal.<sup>(12)</sup>

La estabilidad de la articulación constituye la resistencia de la articulación para evitar que se disloquen sus superficies articulares. Hay tres factores responsables de la estabilidad de la articulación de la cadera: la gran congruencia de los extremos óseos articulares, el desarrollo de la cápsula fibrosa y de los ligamentos, y la acción de los músculos periarticulares.<sup>(10,12)</sup>

### **Investigaciones sobre la anatomía radiográfica de la cadera**

Son factores de riesgo conocidos para la ocurrencia de fractura de cadera no solo la edad avanzada y el sexo femenino, sino también la presencia de osteoporosis. La ciencia ha demostrado que la pérdida de la densidad mineral ósea (BMD por sus siglas en inglés “Bone Mineral Density”) es el mejor predictor de la ocurrencia de la fractura de cadera, el riesgo de esta patología se duplica 2,6 veces con cada una desviación estándar que disminuya la BMD en el cuello femoral.<sup>(13)</sup>

Sin embargo, varios estudios han demostrado que el valor de la densidad ósea no es suficiente para predecir por sí misma la ocurrencia de una fractura de cadera. La combinación de la geometría proximal del fémur con la BMD ha resultado ser la mejor combinación para la predicción de la fractura de cadera.<sup>(11,14)</sup>

Desde la década del 90 del siglo pasado el densitómetro (DXA por sus siglas en inglés “Dual-energy X-ray Absorptiometry”) se introdujo en la práctica clínica para la medición de la densidad mineral ósea.<sup>(15)</sup> A esta técnica se le anexa una herramienta informática que realiza mediciones automáticas a la anatomía de la articulación en las imágenes resultantes, denominada Análisis Estructural de la Cadera (HSA por sus siglas en inglés), que permite medir numerosos parámetros de la geometría articular.

El conocimiento de la anatomía de la articulación de la cadera es, por tanto, una necesidad en el estudio de las afecciones ortopédicas y los autores se suman a esta afirmación. A través de las mediciones de los parámetros radiográficos de la misma se pueden determinar las particularidades de cada paciente que permite entender los mecanismos de producción de las lesiones articulares y predecir el riesgo de padecimiento de una afección o fractura de cadera.

Entre las aplicaciones del conocimiento de la anatomía de la región proximal del fémur, están las evaluaciones de los resultados quirúrgicos de las reducciones de las fracturas intertrocantericas, así como, la identificación de las dimensiones de la articulación de la cadera en las operaciones de las enfermedades que demandan reemplazo total o parcial de esta, como la osteoartritis severa y la fractura de cadera intracapsular, así como en la osteoarterosis y el pinzamiento femoroacetabular.<sup>(16,17)</sup>

### **Parámetros radiográficos y su relación con la fractura de cadera**

Una fractura se produce cuando la fuerza externa aplicada supera la capacidad de absorción de la energía por parte del hueso según sea la elasticidad y la plasticidad de su forma.<sup>(18)</sup> Con el término genérico fractura de cadera se describen las fracturas que se producen en la extremidad proximal del fémur.

La descripción de los parámetros imagenológicos de la anatomía de la cadera y su relación con la fractura de cadera ha sido motivo de investigación desde hace más de 20 años. El inicio de los estudios estuvo precedido del interés de encontrar como diagnosticar de manera objetiva los pacientes con osteoporosis y, por tanto, la posibilidad de identificar la población con mayor riesgo de padecer fractura de cadera.<sup>(8,13,19)</sup>

El valor predictivo de parámetros radiográficos con respecto a la ocurrencia de fractura de cadera fue documentado por primera vez por Faulkner y otros, en 1993. También Cummings y su equipo han trabajado la anatomía radiográfica de la cadera por más de 20 años por lo que se convierten en referencia obligada. Otros investigadores como Peacock y Gnudi también han trabajado desde esa época sobre la asociación de variables de la BMD y las características geométricas del fémur y plantean que estas predicen o incrementan el riesgo de padecer fractura de cadera.<sup>(8,13,19)</sup>



Los parámetros radiográficos más utilizados se muestran en la tabla 1. La medida más frecuente en la descripción de la anatomía proximal del fémur, presente en casi todas las investigaciones revisadas, es el ángulo cervicodiafisario. La distancia entre el cuello junto a la cabeza femoral– denominada eje femoral –y la longitud del eje de la cadera son también parámetros frecuentemente estudiados. Este último incluye medidas de la región acetabular. La mayoría de los trabajos que analizan la anatomía articular utilizan además otras medidas del cuello femoral, como son su longitud y su ancho. Las medidas acetabulares como el ancho y la profundidad también son objetivos del estudio de la estructura de esta articulación.<sup>(6,20)</sup>

El estudio de las características del ángulo cervicodiafisario (NSA por sus siglas en inglés “neck-shaft angle”) acompaña las primeras publicaciones sobre el tema. Este ángulo se forma en la intersección de una línea trazada a través del eje medio de la diáfisis del fémur y otra línea a lo largo del eje medio de la cabeza y el cuello femoral.

Los valores normales oscilan entre 115° y 140° para el adulto normal, aunque algunos sitúan el valor mínimo en 120°, con una media de 127°.<sup>(10,21,22)</sup> Un estudio publicado recientemente, en 2020, analizó el valor del NSA en imágenes de Resonancia Magnética Nuclear en 6 452 voluntarios de la población de Pomeranian, en Alemania. Como resultado obtuvieron una media de 127°, con un rango de 114° a 140°.<sup>(21)</sup>

No obstante, los valores obtenidos en diferentes investigaciones a lo largo del mundo arrojan resultados diferentes. Algunos estudios presentan la media de la amplitud del NSA entre 121° y 124°,<sup>(11,23,24,25)</sup> mientras otros trabajos publicados muestran valores de 130° y más.<sup>(26,27,28,29)</sup> Los autores consideran que las diferencias deben estar relacionadas con características propias del grupo seleccionado indicando una variabilidad regional, criterio defendido también por otros investigadores.<sup>(29,30)</sup>

**Tabla 1** - Comparación del ángulo cervicodiafisario (NSA) en diferentes estudios

Autores	Año	Región	Método	Pacientes sin fractura	Pacientes con fractura	Referencia.

				Media (°)	DE	Media (°)	DE	
Rouviere	Clásico	Francia	Disecc	127	±12,5	-	-	10
Gnudi y otros	1999	Italia	DXA	122,64	±4,90	125,53	±6,07	23
Kim y otros	2011	Corea del Sur	TAC	131,64	±4,69	-	-	11
Maeda y otros	2011	Japón	DXA	-	-	129,1	±3,7	19
Gnudi y otros	2012	Italia	DXA	123,6	±5,5	-	-	25
Fearon y otros	2012	Australia	Rx	137,2	±2,4	-	-	30
Ripamonti y otros	2014	Italia	DXA	125,3	±4,9	127,2	±6,2	33
Boese C y otros	2016	Alemania	TAC	130	±6,3	-	-	26
Soares de Fariás y otros	2016	Brasil	Rx	130,47	±9,37	-	-	27
Kazemi y otros	2016	Irán	TAC	-	-	123,2	±7,1	18
Han y otros	2016	Corea del Sur	DXA	125,37	±3,33	126,0	±4,33	14
Nayak y otros	2017	India	DXA	128,76	±3,6	132,76	±3,15	32
Lima y otros	2017	Brasil	Rx	-	-	131,8	±1,33	42
Yang y otros	2018	China	Disecc	124,5	±6,8	-	-	11
Sultan y otros	2018	India	Rx	131,97	±6,83	-	-	31
Hu y otros	2018	China	Rx	-	-	134,85	±5,17	34
Gebre y otros	2019	Finlandia	TAC	124,6	±5,6	-	-	24

Ha y otros	2019	Corea del Sur	DXA	128,8	±5,81	131,1	±5,29	15
Chalupa y otros	2019	Estados Unidos	RMN	-	-	131,5	±0,7	22
Li y otros	2019	China	DXA	-	-	129,30	±8,5	13
Janjua y otros	2020	Pakistán	Rx	130,49	±4,7	-	-	29
Fischer y otros	2020	Alemania	RMN	126,9	±6,7	-	-	21

Es una conclusión de biomecánica teórica que a mayor angulación de una palanca (lo que se traduce en una disminución en grados entre sus componentes), disminuye su resistencia, lo que trae como resultado una zona de debilidad en la angulación. Sin embargo, a pesar de esta lógica, la evidencia proporcionada por las investigaciones que asocian de manera directa las dimensiones de este ángulo con la presencia de fractura de cadera, han demostrado lo contrario.

Estos detalles de debilidad los resuelve la naturaleza propia del hueso. La estructura interna de la porción proximal del fémur realiza una distribución de cargas a través de las trabéculas óseas que forman el entramado de sustancia esponjosa ósea particular de esta región. Las líneas de fuerzas y de tensión y su disposición desde el coxal al fémur evaluando la cadera como articulación, así como el grosor de la cortical y el calcar del fémur, en su asociación con la fractura de cadera, ha sido objeto de numerosas investigaciones.

Los autores ratifican que es este conocimiento básico el que determina la comprensión de esta enfermedad. Por consiguiente, al ser la densidad ósea y los componentes anatómicos geométricos del hueso, tanto a nivel macroscópico como microscópico, los que determinan la fortaleza del hueso son, por tanto, los más analizados para predecir la sensibilidad a la ocurrencia de fracturas.<sup>(8,11,13,19)</sup>

Con respecto al género la mayoría de los autores concuerdan en que el mayor riesgo de fractura de cadera lo presenta el sexo femenino. Autores plantean que el incremento de una desviación estándar del NSA está asociado al aumento del

riesgo de fractura, relacionado a un odds ratio de fractura de cadera de 2,45 en los hombres y 3,48 en las mujeres.<sup>(13)</sup>

En un análisis realizado por Sultan y otros en 2018 sobre los resultados de las medidas anatómicas del fémur en radiografías simples presentadas en una amplia revisión bibliográfica de este tema, reporta que, en comparación con respecto al género, el NSA en las mujeres es de menor valor. En el resultado de su propia investigación la media del NSA fue de  $133,3^\circ \pm 6,83^\circ$  en los hombres y  $129,5^\circ \pm 7,38^\circ$  en las mujeres para un valor de  $p=0,0079$ .<sup>(31)</sup> Janjua y otros describen en su estudio de Pakistán,  $130,90^\circ \pm 5,05^\circ$  para los hombres y en las mujeres  $129,94^\circ \pm 4,31^\circ$  con un valor de  $p$  no significativo.<sup>(29)</sup>

De acuerdo con estos resultados recogidos en la revisión actualizada en el tema los autores consideran necesario abordar la contradicción interesante que se plantea entre la teoría y la medicina basada en la evidencia.

Como concepto, las dimensiones del NSA claramente por debajo de los valores normales determinan la estructura de una coxa vara, y se conoce que este rasgo es propio del sexo femenino, dada las características antropológicas de la pelvis, relacionada con una forma predominantemente ginoide por la disposición y la amplitud en función de la gestación y el parto.

Con respecto a la morfología del fémur, existe una diferencia notable entre los valores del NSA según el género, siendo los valores del sexo femenino menores que los del sexo masculino en la mayoría de los trabajos publicados. Esta característica confirma la estructura con tendencia al varismo en las caderas de las mujeres.

En cuanto a la fractura de cadera, en el análisis de la incidencia según el sexo los estudios que trabajan con muestras aleatorias refieren que las pacientes femeninas representan las dos terceras partes de los pacientes afectados por fractura de cadera, resultando la razón de mujeres/hombres aproximadamente de 2,5.<sup>(4)</sup>

Por otro lado, la tendencia al aumento en grados del NSA es lo que se relaciona con el aumento del riesgo de fractura de la porción proximal del fémur o fractura de cadera.<sup>(4,14,18,19,32,33,34)</sup> Por tanto, los autores consideran que, en la fundamentación de la mayor frecuencia de fractura de cadera reportada en el sexo femenino, no debe incluirse la característica anatómica de la disposición en

varo de la cadera de la mujer como factor de riesgo de padecer fractura de cadera.

Por su parte, un menor valor del NSA pudiera estar relacionado con la fractura de pelvis. *Gebre y otros* en su estudio sugieren que esta condición produciría una transferencia mayor de la carga del impacto del trauma, desde la cabeza femoral hasta el acetábulo, lo que provocaría una fractura acetabular.<sup>(24)</sup>

Con respecto a la lateralidad, las investigaciones que enfocan esta variable coinciden en su mayoría que el NSA tiene mayores valores en el fémur derecho que en el izquierdo, sin diferencias notables. Sultán y otros plantean una media del NSA en  $132,4^\circ \pm 7,48^\circ$  en el fémur derecho y  $131,5^\circ \pm 6,99^\circ$  para el fémur izquierdo.<sup>(31)</sup> Fischer y otros describen la media del NSA en el fémur derecho fue de  $127,7^\circ \pm 7,1^\circ$  y en el izquierdo de  $126,0^\circ \pm 7,4^\circ$ .<sup>21</sup> Sin embargo, contrariamente, en el estudio llevado a cabo por *Janjua y otros* plantean en los hombres  $130,90^\circ \pm 5,05^\circ$  en el fémur derecho y  $131,01^\circ \pm 4,87^\circ$  en el izquierdo.<sup>29</sup> Los diferentes investigadores sugieren que esta característica se deba a la lateralidad propia del organismo, y la particularidad del predominio de las personas diestras en las diferentes poblaciones.

Por otra parte, de manera general hay un consenso en que el NSA varía con la edad. En el momento del nacimiento se poseen ángulos de  $135^\circ$  y más, y a medida que avanza el tiempo comienza a producirse una disminución progresiva hasta medir en el adulto mayor alrededor de  $125^\circ$ .<sup>(10)</sup>

Algunas investigaciones demuestran estos hechos. En una investigación conducida por Beutel y col, fueron medidos los parámetros anatómicos de los fémures de los esqueletos inmaduros de la colección osteológica Hamann-Todd pertenecientes a los restos no reclamados de la morgue de Ohio, que datan de los primeros años de 1900. Los investigadores reportan una media de edad de 11,2 años y como media neutral del NSA  $130,7^\circ \pm 6,9^\circ$ .<sup>(35)</sup> En el otro extremo, Fischer, en su estudio, muestra una asociación inversa no lineal entre estas variables donde se estimó un decrecimiento de  $1,4^\circ$  por década,<sup>(21)</sup> lo que apoya el planteamiento de que a lo largo de toda la vida sigue la disminución este ángulo.

Es un hecho que la deformación dinámica de huesos humanos continúa bajo las tensiones propias de la actividad, incluso después de la madurez de esqueleto. Este tipo de cambio en la morfología del hueso que se produce durante toda la

vida y tiene una cierta regularidad, se nombra ley de Zhang o ley de deformación dinámica de los huesos, según los estudios dirigidos por el equipo de Zhang de forma mantenida y creciente en los últimos 5 años.<sup>(36)</sup>

Según la ley de Zhang, la morfología del hueso en un cuerpo viviente, es decir, la forma, diámetro, longitud, curva y alineación del hueso, se adaptan a largo plazo a la carga soportada, tanto antes como después de la madurez de esqueleto. Según la magnitud de tensión, el modo de acción, la situación y la calidad de hueso, las deformaciones resultantes y las proporciones serán entonces diferentes.<sup>(36)</sup> Esta característica se aplicaría a las diferentes variables de la geometría de fémur.

La longitud del eje de la cadera (HAL por sus siglas en inglés “hip axis length”) es la distancia existente entre el extremo más interno del coxal en el trasfondo acetabular y la región más lateral de la base del trocánter mayor, medida junto al eje central del cuello femoral. Esta medida fue la que primero mostró una relación significativa con la presencia de fractura de cadera, los estudios de Faulkner y Cummings de 1993 y 1994 respectivamente dan fe de ello.

En el trabajo de Faulkner y otros en 1994, se reportó que una HAL mayor de 116 mm incrementa el riesgo de fractura de cadera, lo que motivó al año siguiente la publicación de una carta al editor de la revista *Bone* haciendo notar este como hallazgo relevante. Durante varios años siguientes trabajos en el resto del mundo han reportado igualmente, valores mayores en los pacientes fracturados que en el grupo control.<sup>(5,30)</sup> En una estudio publicado en 2019, Li y otros plantean que por cada centímetro que aumenta el H3AL, aumenta el riesgo de fractura de cadera entre un 50 y un 80% en mujeres blancas de la tercera edad.<sup>(13)</sup> Actualmente, además del ángulo cervicodiafisario, es la otra medición radiográfica que ha despertado más el interés entre los investigadores del tema. En la tabla 2 se muestra los diferentes estudios realizados y sus resultados.

**Tabla 2 - Comparación de la longitud del eje de la cadera (HAL) en diferentes estudios**

Autores	Año	País	Método	Pacientes sin fractura	Pacientes con fractura	Referencia

				Media (mm)	DE	Media (mm)	DE	
Gnudi y otros	1999	Italia	DXA	106,7	±6,7	111,0	±7,2	23
Kim y otros	2011	Corea del sur	TAC	109,7	±7,1	-	-	28
Gnudi y otros	2012	Italia	DXA	106,0	±7,1	-	-	25
Leslie y otros	2016	Canadá	DXA	121,3	±7,4	123,0	±7,6	37
Lee y otros	2016	China	Rx	101,80	±4,9	105,72	± 4,8	38
Han y otros	2016	Corea del sur	DXA	102,06	±5,54	101,07	±5,78	14
Lima y otros	2017	Brasil	Rx	-	-	112,6	±3,08	42
Nayak y otros	2017	India	DXA	130,84	±4,74	130,5	±3,18	32
Hu y otros	2018	China	Rx	-	-	119,10	±9,56	34
Bahr y otros l	2018	Cuba	Rx	113,8	±9,9	119,4	±11,3	43
Katchy y otros	2019	Nigeria	Rx	120,1	±11,3	-	-	7
Ha y otros	2019	Korea	DXA	102,07	±14,1	107,31	±9,55	15
Li y otros	2019	China	DXA	-	-	103,17	±10,3	13

En el año 1995 Peacock y otros realizaron un modelo univariado de regresión logística y publicaron que la mejor variable discriminante de la fractura de cadera fue la HAL. También en Italia se desarrolló un equipo de trabajo que se ha dedicado a estudiar la osteoporosis y su relación con la anatomía de la cadera por más de 25 años. Se han publicado estudios donde plantean la capacidad de la

geometría del fémur de predecir la fractura de cadera independientemente de la densidad ósea del individuo.<sup>(23,25,33)</sup>

En un estudio realizado en 2016 por *Leslie* y otros encontraron valores mayores de HAL en los hombres con fractura  $123,0 \pm 7,6$  mm que en los no fracturados  $121,3 \pm 7,4$  mm.<sup>(37)</sup> Otro valor estadísticamente significativo lo encontraron *Lee* y otros, en ese mismo año que describen como media de la HAL en pacientes con fractura  $105,72 \pm 4,8$  mm de DE contra  $101,80 \pm 4,9$  mm en el grupo control, para una  $p=0,02$ .<sup>(38)</sup>

En 2018 *Fajar* y otros publicaron un meta-análisis de los estudios publicados en las bases de datos de PubMed y Embase hasta mayo de 2017 para determinar la fortaleza de la asociación entre la geometría femoral y la fractura de cadera del cuello femoral. Fueron identificados un total de 773 casos y 3871 controles y se encontró asociación del HAL con el riesgo de fractura de cuello femoral.<sup>(30)</sup> Por su parte este equipo en 2016 concluyeron que existe una fuerte evidencia que el elevado valor del HAL, junto al NSA y el ancho del cuello femoral son factores de riesgo para la fractura de cuello femoral.<sup>(39)</sup>

Es notable la gran cantidad de datos aportados por las investigaciones y los autores de este trabajo consideran necesario aportar la base física teórica en este sentido. La asociación entre la mayor longitud del eje de la cadera y el riesgo de fractura tiene su fundamento en particularidades anatómicas y funcionales. Desde el punto de vista biomecánico, un NSA más amplio y una mayor HAL hacen que la fuerza absorbida por la región proximal del fémur sea mayor, como resultado del momento angular sobre un brazo largo al producirse un impacto lateral por una caída, y por tanto se produzca una fractura en esta estructura.<sup>(5,25)</sup>

Por su parte, el eje femoral (FNAL por sus siglas en inglés “femoral neck axis length”) es la distancia existente entre el extremo de la cabeza femoral y la región más lateral de la base del trocánter mayor, medida junto al eje central del cuello femoral. Algunos autores también usan como origen de esta medida el centro de la cabeza femoral, por lo que el resultado en la comparación de los estudios realizados no es factible.

Sin embargo, los autores coinciden con el criterio de la mayoría de los investigadores en que la importancia de esta medida radica en el componente de



longitud del cuello que afecta el eje femoral, y por esta razón es precisamente el cuello femoral el otro parámetro anatómico de la articulación más estudiada. *Nayak* y otros en su investigación publicada en 2017 hallaron un valor del FNAL menor en el grupo de pacientes fracturados  $111,26 \pm 3,64$  frente a  $112,48 \pm 4,8$  en el grupo control.<sup>(32)</sup> Por su parte *Yang* y otros en 2018, describieron 16 fémures preparados y disecados donde el valor de la media del FNAL fue de  $101,9 \pm 8,8$  mm.<sup>(11)</sup>

*Fajar* y otros en su estudio de metaanálisis identificaron 850 mediciones del FNAL en pacientes fracturados y 7613 en controles. El resultado fue que no se encontraron relaciones estadísticamente significativas de correlación entre una mayor longitud del cuello femoral y el riesgo de fractura de cadera.<sup>(30)</sup>

En el caso de la longitud del cuello femoral (FNL por sus siglas en inglés “femoral neck length”), nuevamente ocurre que los valores que presentan los diferentes investigadores en sus publicaciones no son similares porque la variable en sí no tiene la misma concepción. Algunos estudios miden la distancia entre las líneas perpendiculares que cortan al eje de la cadera a nivel del trocánter y de la base de la cabeza femoral<sup>(40)</sup> mientras otras investigaciones definen como longitud del cuello femoral la distancia existente entre el eje de la diáfisis femoral y el centro de la cabeza del fémur, medida junto al eje central del cuello femoral.<sup>(14)</sup> En 2014 Bouma y un grupo de investigadores presentaron un estudio muy detallado denominado “¿Where is the neck?”.

Con respecto al ancho del cuello femoral (FNW por sus siglas en inglés “femoral neck width”) es otra medida que ha despertado el interés recientemente. El ancho del cuello femoral se mide en la porción más estrecha del cuello femoral, trazando una línea recta desde el margen superior hasta el margen inferior que sea perpendicular al eje de la cadera.<sup>(41)</sup> Con esta misma estructura algunos autores la denominan diámetro del cuello femoral (FND por sus siglas en inglés “femoral neck diameter”).

El análisis del ancho del cuello femoral ha mantenido un interés constante en las investigaciones porque son varios los autores que reportan una asociación entre el aumento de su valor y la presencia de esta enfermedad.<sup>(9,30)</sup> Se mide en la sección más estrecha del cuello femoral.<sup>(7)</sup> La media del FNW en varios trabajos se considera alrededor de los 32 a 35 mm de DE según sea el autor.<sup>(27, 28)</sup> Con

respecto a la relación de sus dimensiones y la presencia de fractura de cadera, la mayoría de los investigadores encuentra un aumento de su valor en los pacientes fracturados con respecto a los controles, sin embargo, no se describen relaciones estadísticamente significativas.

En la tabla 3 se muestra los diferentes estudios realizados y sus resultados.

**Tabla 3** - Comparación del ancho del cuello femoral (FNW) o diámetro del cuello femoral (FND) en diferentes estudios

Autores	Año	Región	Método	Pacientes sin fractura		Pacientes con fractura		Referencia
				Media (mm)	DE	Media (mm)	DE	
Gnudi y otros*	1999	Italia	DXA	31,8	±2,2	33,4	± 2,5	23
Kim y otros*	2011	Corea del Sur	TAC	28,8	±3,1	-	-	28
Han y otros*	2016	Corea del Sur	DXA	31,03	±1,96	31,8	± 2,15	14
Lima y otros*	2017	Brasil	Rx	-	-	33,2	± 0,65	42
Soares de Faría y otros*	2017	Brasil	Rx	38,0	±4,81	-	-	27
Sultan y otros*	2018	India	Rx	34,04	±3,37	-	-	31
Gnudi y otros**	2012	Italia	DXA	33,0	±2,0	-	-	25
Kazemi y otros**	2016	Irán	Rx	-	-	32,0	± 2,9	18
Yang y otros	2018	China	Disecc	31,9	±3,2	-	-	11
Hu y otros**	2018	China	Rx	-	-	34,65	± 3,58	34

Caiaffo y otros**	y	2019	Brasil	Disecc	33,21	±0,3	-	-	41
Katchy y otros**	y	2019	Nigeria	Rx	36,0	±3,9	-	-	7

\*Femoral neck width    \*\*Femoral neck diameter

Una relación interesante es descrita por varios autores en sus trabajos como directa y proporcional entre el aumento de su dimensión y la edad.<sup>(42)</sup> En un estudio en Corea del Sur, la media en el grupo de 45 a 50 años fue de 27,0 mm, en el grupo de 56 a 60 años presentó  $28,6 \pm 3,1$  mm, entre 66 y 70 años fue de 29,6 y en el grupo de 76 a 80 mostró 30,2 mm de media. En el análisis de asociación del FNW y la edad, los pacientes de mayor edad presentaron un promedio 11,58 % mayor que el valor de referencia.<sup>(34)</sup>

Los cambios propios del envejecimiento determinan un depósito óseo anormal y favorece las calcificaciones de las inserciones ligamentosas y tendinosas. Es posible que el aumento del ancho del cuello femoral identificado por imágenes radiográficas, sea resultado de este proceso.

Por otro lado, un estudio experimental publicado en 2020 por *Villete* y otros sobre la influencia de la morfología externa femoral, la arquitectura interna y el riesgo de fractura de cadera, plantea que un menor NSA, un cuello delgado y un eje femoral largo son la peor combinación y aumentan el riesgo de fractura. De hecho, las formas modeladas muestran variaciones donde dadas uno o dos rasgos desventajosos (por ejemplo, un eje femoral delgado y largo), hay una o dos compensaciones (por ejemplo, el NSA amplio). Globalmente, los resultados de este estudio ayudan a explicar la observación modelada de la forma para la variación natural de formas del fémur en una población real. Estas formas tienden a ser mecánicamente estables para la carga longitudinal con respecto a la marcha.<sup>(5)</sup>

Las dimensiones del cuerpo o diáfisis también han sido estudiadas a profundidad. Una de las más importantes es el diámetro de la diáfisis femoral, con buenos resultados en la asociación con la presencia de osteoporosis. Otra variable es el grosor de la cortical femoral, medido en el extremo superior del cuerpo, el cual igualmente se asocia con los estudios de densitometría ósea.<sup>(9,28,32)</sup>

Entre las variables menos estudiadas están las que se relacionan con las dimensiones trocantéricas. Las mismas solo se hallan referenciadas en algunos casos a pesar de estratificar los grupos de estudio, en algunos trabajos, por la relación del trazo de fractura con los macizos trocantéricos o con el cuello.<sup>(6)</sup> A consideración de los autores en este tema hay todavía campo para estudiar. La ortopedia basa sobre estos detalles anatómicos sus clasificaciones y estos deben tener más respaldo en evidencia científica entre sus dimensiones y la presencia de fractura de cadera.<sup>(19,28)</sup>

Las dimensiones acetabulares no han sido tan estudiadas. En algunos casos se miden parámetros como el ancho y profundidad acetabular, así como el nivel de cobertura de este a la cabeza femoral, con el interés de determinar asociaciones entre dimensiones propiamente articulares y la fractura de cadera. Más recientemente se han incorporado medidas como la distancia de la lágrima acetabular, el grado de versión acetabular, el ángulo centro- borde del acetábulo y el espacio articular acetabular.<sup>(7,32)</sup>

En la figura se muestran todos los parámetros que se miden en una radiografía estándar.



ADJ: Ángulo cervicodiafisario; CD: Largo del cuello femoral; HI: Ancho del cuello femoral; BE: Longitud del eje femoral; AE: Longitud del eje de la cadera; FG: Ancho acetabular; AC: Profundidad acetabular.

**Fig.** - Algunos parámetros radiográficos de la articulación de la cadera.

En el congreso internacional Cuba Salud 2018, se presentó una ponencia con la caracterización de dimensiones acetabulares en un estudio cubano de la relación de los parámetros anatómicos radiográficos y la fractura de cadera. El ancho acetabular, medido como la distancia entre el borde acetabular inferior y el punto más superior del borde lateral del acetábulo, presentó una diferencia de media entre los grupos analizados. En los pacientes no fracturados los valores fueron  $63,9 \pm 5,7$  mm de DE y en los que presentaron fractura de cadera fue de  $60,2 \pm 4,4$  mm. En el análisis de asociación con el test de t de Student para una  $p=0,05$ .<sup>(43)</sup> Existen características anatómicas que explican estos fenómenos. El acetábulo, agrandado por el grosor del labro, abarca poco más de una hemiesfera. La cabeza femoral, engastada en este, se mantiene en posición gracias al labro y a la presión atmosférica que asegura la adaptación de las superficies articulares, como ya se ha descrito. Una cobertura acetabular amplia garantiza la estabilidad de la articulación y su resistencia a perder la relación anatómica.

El análisis de las características anatómicas es un tema para debate, con muchas aristas y aplicaciones que se desarrollan progresivamente hoy en el mundo y al cual se incorpora Cuba, que a consideración de los autores, tiene potencial para generar resultados en este campo. En Vietnam se comienza a utilizar la ingeniería inversa, que busca primero las necesidades del país de diseñar prótesis para caderas adecuadas a las dimensiones de la población, para luego producirlas y autoabastecer la industria médica.<sup>(44)</sup>

En el país también se dirigen esfuerzos en este sentido. En 2014 se publicó el resultado de un estudio experimental dirigido por ingenieros de la Universidad de Holguín y publicado por la Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología, que tuvo como objetivo determinar el comportamiento biomecánico de los conjuntos placa Dinámico Hip Screw-hueso y fijador externo monolateral-hueso y la influencia de estos en la distribución del estado tensional, antes, durante y después de retirado el implante. Ellos evaluaron los implantes aplicando el método de los elementos finitos, y se tuvo en cuenta la acción de los músculos como son la tracción del músculo abductor en el trocánter mayor, la tracción-torsión del músculo psoas ilíaco en el trocánter menor y la tracción del músculo tibial ilíaco, la correspondiente al peso del cuerpo sin tener en cuenta el peso del miembro

inferior que se encuentra en el instante monopodal de la marcha, concluyendo que al retirar los mismos aumenta la tensión en las zonas del implante.<sup>(45)</sup>

En la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” también se impulsa la cooperación con la Universidad de Ciencias Médicas de esta provincia y se hacen investigaciones con diversos materiales para producir prótesis parciales de cadera, los que están en fase de proyecto investigativo. Es una fortaleza para el sistema de salud del país la producción de resultados investigativos que impulsen el desarrollo.

Esta considerable diversidad en los resultados de las diferentes variables de la morfología de la cadera demuestra que hay una necesidad fuerte por el estudio poblacional basado en la caracterización de estas variables importantes de la geometría proximal del fémur. Los resultados ayudarían a mejorar el planeamiento preoperativo escogiendo las prótesis consecuentemente con la anatomía de la población local.

La radiografía simple se mantiene como el principal complementario que determina el diagnóstico de un gran número de enfermedades óseas y articulares. Permite extraer más detalles de las características de la anatomía de la representación radiográfica de la enfermedad y mejorar la calidad de los servicios de salud que se brindan a la población. En opinión de los autores es precisamente esta el eje de la sistematización del tema, las bases científicas que sustentan la necesidad del estudio más detallado de la radiografía de pelvis y sus aportes.

La anatomía proximal del fémur y la del acetábulo, todavía no ha sido estudiada con todo detalle en la literatura, especialmente en el país, por lo que el trabajo en esta área se hace necesario para la contribución al conocimiento y el uso óptimo de la tecnología digital que hoy se pone en las manos de los especialistas. En opinión de los autores el mismo debe motivar el diseño de acciones de identificación de grupos de riesgo, promoción y prevención de ocurrencia de la fractura de cadera.

## Conclusiones

El conocimiento de las particularidades de la anatomía y de las características biomecánicas de la cadera permite establecer una base para el entendimiento de los factores que afectan esta articulación. La diferencia entre sus componentes

predispone a la ocurrencia de afecciones de cadera, datos recogidos por evidencias científicas en investigaciones que así lo han reflejado.

El ángulo cervicodiafisario es el más estudiado entre las estructuras, seguido del eje de la cadera. Existe relación entre las dimensiones de algunos de estos parámetros anatómicos radiográficos de la articulación de la cadera y la predisposición a padecer de fractura de cadera.

## Referencias bibliográficas

1. Gómez Sarduy A, Morales Piñeiro S, López Gonzáles M, Mata Cuevas R. Acciones educativas para prevenir fracturas de cadera por caídas. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2018;31(2). Disponible en: <http://www.revortopedia.sld.cu/index.php/revortopedia/article/view/98>
2. Yang QH, Chen YX, Gao YS. Geographic Variations in Intertrochanteric Femoral Fractures in China. Biomed Res Int. 2019;8396723 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6854944>
3. Rego JJ, Hernández CA, Andreu AM, Lima ML, Torres ML, Vázquez M. Factores asociados a la fractura de cadera en el hospital clínicoquirúrgico "Dr. Salvador Allende". Rev Cubana Salud Pública. 2017 Jun;43(2):149-65. Disponible en: [http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662017000200003&lng=es](http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000200003&lng=es)
4. Bahr Ulloa S, Pérez Triana E, Jordán Padrón M, Pelayo Vázquez S. Comportamiento de la fractura de cadera en Cuba y su relación con la anatomía articular como factor de riesgo. Correo Cientif Med. 2020;24(1). Disponible en: <http://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3382>
5. Villette CC, Zhang J, Phillips ATM. Influence of femoral external shape on internal architecture and fracture risk. Biomechanics and Modeling in Mechanobiology. 2020;19:1251-61. DOI: <http://10.1007/s10237-019-01233-2>
6. Grygorieva NV, Povoroznyuk VV, Povoroznjuk VV, Zubach OB. Proximal Femoral Geometry and the Risk of Fractures: Literature Review. Pain Joints Spine. 2018;7(4):152-65. DOI: <http://10.22141/2224-1507.7.4.2017.121226>

7. Katchy AU, Njeze NR, Ezeofor S, Nnamani K. Geometrical Analysis of the Proximal Femur and the Clinical Application in Total Hip Replacement: A Study of the Igbo Population of South East Nigeria. *Niger J Clin Pract.* 2019;22(12):1728-36. DOI: [http://10.4103/njcp.njcp\\_634\\_18](http://10.4103/njcp.njcp_634_18)
8. Leslie W, Lix L, Morin S, Kanis J. Hip Axis Length is a FRAX and Bone Density Independent Risk Factor for Hip Fracture in Women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* 2015 March;100(5):jc20144390. Disponible en: [https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content\\_public/Journal/jcem/100/5/10.1210\\_jc.2014-4390/4/jcem2063.pdf?](https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content_public/Journal/jcem/100/5/10.1210_jc.2014-4390/4/jcem2063.pdf?)
9. Imren Y, Sofu H, Dedeoğlu SS, Desteli EE. Predictive value of different radiographic parameters evaluating the proximal femoral geometry for hip fracture in the elderly: what is the role of the true moment arm? *Archives of Medical Science-Civilization Diseases.* 2016 June 1;(1):58-62. DOI: <http://10.5114/amscd.2016.60904>
10. Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana, descriptiva, topográfica y funcional. 11na. ed. París, Francia: Editorial Masson; 2005.
11. Yang X-J, Sang H-X, Bai B, Ma X-Y, Xu C, Lei W, *et al.* Ex Vivo Evaluation of Hip Fracture Risk by Proximal Femur Geometry and Bone Mineral Density in Elderly Chinese Women. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research [Internet].* 2018 Oct 18 [cited 2020 Sep 15];24:7438-43. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=30334549&lang=es&site=ehost-live>
12. Geoffrey KC, Jeffers JR, Beaulé PE. Hip Joint Capsular Anatomy, Mechanics, and Surgical Management. *J Bone Joint Surg Am.* 2019 Dec 4;101(23):2141-51. DOI: <http://10.2106/JBJS.19.00346> PMID: PMC7406151 PMID: 31800428
13. Li M, Lv HC, Liu JH, Cui X, Sun GF, Hu JW, *et al.* Differences in Bone Mineral Density and Hip Geometry in Trochanteric and Cervical Hip Fractures in Elderly Chinese Patients. *Orthopaedic Surgery* 2019;11(2):263-9. DOI: <http://10.1111/os.12456>
14. Han J, Hahn MH. Proximal Femoral Geometry as Fracture Risk Factor in Female Patients with Osteoporotic Hip Fracture. *J Bone Metab* 2016;23:175-82. Disponible



en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5018611/pdf/jbm-23-175.pdf>

15. Ha YC, Yoo JI, Yoo J, Park KS. Effects of Hip Structure Analysis Variables on Hip Fracture: A Propensity Score Matching Study. *J. Clin. Med.* 2019;8:1507; DOI: <http://10.3390/jcm8101507> Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6833009/pdf/jcm-08-01507.pdf>

16. Gardner SS, Dong D, Peterson LE, Park KJ, Harris JD. Is there a relationship between femoral neck-shaft angle and ischiofemoral impingement in patients with hip pain? *Journal of Hip Preservation Surgery* 2020;7(1):43-8. DOI: <http://10.1093/jhps/hnaa006> Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7195935/pdf/hnaa006.pdf>

17. Shapira J, Chen JW, Bheem R, Lall AC, Rosinsky PJ, Maldonado DR, *et al.* Radiographic factors associated with hip osteoarthritis: a systematic review. *Journal of Hip Preservation Surgery* 2020;7(1):4-13. DOI: <http://10.1093/jhps/hnz073> Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7195936/pdf/hnz073.pdf>

18. Kazemi SM, Qoreishy M, Keipourfard A, Minator Sajjadi M, Shokraneh S. Effects of Hip Geometry on Fracture Patterns of Proximal Femur. *Arch Bone Jt Surg.* 2016 Jun;4(3):248-52. PMID: 27517071. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4969372/>

19. Maeda Y, Sugano N, Saito M, Yonenobu K. Comparison of Femoral Morphology and Bone Mineral Density between Femoral Neck Fractures and Trochanteric Fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 2011;469(3):884-9. DOI: <http://10.1007/s11999-010-1529-8>. Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3032853/pdf/11999\\_2010\\_Article\\_1529.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3032853/pdf/11999_2010_Article_1529.pdf)

20. Pérez Triana E, Bahr Ulloa S, Jordán Padrón M, Martí Coruña MC, Reguera Rodríguez R. Bases anatomofuncionales de la articulación de la cadera y su relación con la fractura. *Rev Méd Electrón [Internet].* 2018 May-Jun;40(3). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rme/v40n3/rme170318.pdf>

21. Fischer CS, Kühn JP, Völzke H, Ittermann T, Gumbel D, Kasch R, *et al.* The neck-shaft angle: an update on reference values and associated factors. *Acta*

- Orthop. 2020;91(1):53-7. doi: <http://10.1080/17453674.2019.1690873> PMID: 31735107 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7006743>
22. Chalupa RL, Rivera JC, Tennent DJ, Johnson AE. Correlation Between Femoral Neck Shaft Angle and Surgical Management in Trainees With Femoral Neck Stress Fractures. US Army Medical Department Journal. 2016 Jan 1-5. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=113185423&lang=es&site=ehost-live>
23. Gnudi S, Ripamonti C, Gualtieri G, Malavolta N. Geometry of proximal femur in the prediction of hip fracture in osteoporotic woman. Br J Radiol. 1999; 72:729-33. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10624337>
24. Gebre RK, Hirvasniemi J, Lantto I, Saarakkala S, Leppilahti J, Jämsä T. Structural risk factors for low-energy acetabular fractures. Bone. 2019;127:334-42. DOI: <http://10.1016/j.bone.2019.07.004> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31283995>
25. Gnudi S, Sitta E, Pignotti E. Prediction of incident hip fracture by femoral neck bone mineral density and neck-shaft angle: a 5-year longitudinal study in post-menopausal females. British Journal of Radiology. 2012;85:467-73 DOI: <http://10.1259/bjr/57130600>. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3587077/>
26. Boese C, Jostmeier J, Oppermann J, Dargel J, Chang D, Boese C, *et al.* The neck shaft angle: CT reference values of 800 adult hips. Skeletal Radiology. 2016 Apr;45(4):455-63. DOI: <http://10.1007/s00256-015-2314-2> Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?sid=2d0f3659>
27. Soares de Farias TH, Quadros Borges V, Soares de Souza E, Miki N, Abdala F. Radiographic study on the anatomical characteristics of the proximal femur in Brazilian adults. Rev bras ortop. 2015 Jan-Feb;50(1). DOI: <http://10.1016/j.rboe.2015.02.001>
28. Kim K, Brown J, Kim K, Choi H, Kim H, Lim S, *et al.* Differences in femoral neck geometry associated with age and ethnicity. Osteoporosis International. 2011 July;22(7):2165-74. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=eb8be7eb-a469-4545-9bc7-9242e94ff53d%40sessionmgr107&vid=1&hid=116>

29. Janjua SN, Habib K, Kirn S, Fatima S, Nasir E. A Study of Femoral Neck Shaft Angle in Adults of Islamabad and its Clinical Implications. Pakistan Journal of Medical Research 2020 Jan;59(1):32-6. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=144607386&lang=es&site=ehost-live>
30. Fajar JK, Taufan T, Yarif M, Azharuddinc A. Hip geometry and femoral neck fractures: A meta-analysis. Journal of Orthopaedic Translation. 2018 April;13:(1-6). DOI: <http://10.1016/j.jot.2017.12.002> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214031X17300372>
31. Sultan SI, Joshi VS, Diwan CV. Proximal femoral geometry and its clinical relevance in Indians - A radiological study. Indian Journal of Clinical Anatomy and Physiology. 2018 Jan-Mar;5(1):107-11. DOI: <http://10.18231/2394-2126.2018.0024>
32. Nayak L, Senapati S, Panda SK, Chinara PK. Morphometric study of proximal femur in fractured and non-fractured post menopausal women. Asian J Pharm Clin Res. 2017 April;10(4):313-6. DOI: <http://10.22159/ajpcr.2017.v10i4.16761>
33. Ripamonti C, Lisi L, Avella M. Femoral neck shaft angle width is associated with hip-fracture risk in males but not independently of femoral neck bone density. British Journal Radiol 2014;87:20130358. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4075525/pdf/bjr.20130358.pdf>
34. Hu ZS, Liu XL, Zhang YZ. Comparison of Proximal Femoral Geometry and Risk Factors between Femoral Neck Fractures and Femoral Intertrochanteric Fractures in an Elderly Chinese Population. Chin Med J (Engl). 2018 November;131(21):2524-30. DOI: <http://10.4103/0366-6999.244118> PMID: PMC6213826 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6213826>
35. Beutel BG, Girdler SJ, Collins JA, Otsuka NY, Chu A. Characterization of proximal femoral anatomy in the skeletally-immature patient. J Child Orthop. 2018;12:167-72. DOI <http://10.1302/1863-2548.12.180011> Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5902751/pdf/jco-12-167.pdf>
36. Wang J, Chen W, Hou ZY, Lyu HZ, Zhu YB, Zhang YZ. Law of dynamic deformation of bone. Chinese Medical Journal. 2019;132(21). DOI: <http://10.1097/CM9.0000000000000483> Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6846251/pdf/cm9-132-2636.pdf>

37. Leslie WD, Lix LM, Morin SN, Johansson H, Odén A, McCloskey EV, *et al.* Adjusting Hip Fracture Probability in Men and Women Using Hip Axis Length: the Manitoba Bone Density Database. *J Clin Densitom.* 2016 Jul-Sep;19(3):326-31. PMID:26257267. DOI: <http://10.1016/j.jocd.2015.07.004>. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26257267>

38. Lee DH, Jung KY, Hong AR, Kim JH, Kim KM. Femoral geometry, bone mineral density, and the risk of hip fracture in premenopausal women: a case control study. *Bio Med Central Musculoskeletal Disorders.* 2016;17:42. DOI: <http://10.1186/s12891-016-0893-2>

39. Fajar JK, Rusydi R, Rahman S, Alam SIN, Azharuddin A. Hip geometry to predict femoral neck fracture: only neck width has significant association. *Apollo Med.* 2016;13(4):213-9. DOI: <http://10.1016/j.apme.2016.05.005> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0976001616300369>

40. Santos RE, Fontes E, Vilela A, Nascimento LE, Barbosa PR, Belloti JC. Radiographic anatomy of the proximal femur: correlation with the occurrence of fractures. *Acta Ortopedica Brasileira.* 2012;20(2):79-83. DOI: <http://10.1590/S1413-78522012000200004>. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3718425/pdf/aob-20-079.pdf>

41. Caiaffo V, Albuquerque PPF, Albuquerque PV, Oliveira BDR. Sexual diagnosis through morphometric evaluation of the proximal femur. *Int J Morphol.* 2019;37(2):391-6.

42. Lima ALCLA, Miranda SC, Vasconcelos HFO. Radiographic anatomy of the proximal femur: femoral neck fracture vs. transtrochanteric fracture. *Rev Bras Ortop.* 2017 Oct 18;52(6):651-7. DOI: <http://10.1016/j.rboe.2017.10.007>

43. Bahr Ulloa S, Pérez Triana E, Ponce de León Narvárez R. Asociación entre parámetros radiográficos de la geometría de la cadera y presencia de fractura. *Convención Internacional de Salud, Cuba Salud 2018.* Disponible en: <http://www.convencionsalud2018.sld.cu/index.php/convencionsalud/2018/paper/view/512/359>

44. Nguyen T. Measuring geometric parameters of proximal femur by using reverse engineering. MM Science Journal. 2019 March;(01):2761-6. DOI: [http://10.17973/MMSJ.2019\\_03\\_2018111](http://10.17973/MMSJ.2019_03_2018111)
45. Estrada Cingualbres RA, Ramos Botello YM, Bosch Cabrera JA. Estudio biomecánico hueso-implante DHS y fijador externo en la consolidación de la fractura de cadera. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2014;28(1). Disponible en: <http://www.revortopedia.sld.cu/index.php/revortopedia/article/view/30/14>

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses con personas o institución alguna.

### Contribución de los autores:

*Sandra Bahr Ulloa.* Diseño de la investigación, revisión de bases de datos, análisis de documentos, redacción del informe final.

*Regla Ponce de León y Narváez, Katia Guisado Zamora, José Alfonso Melis Santana.* Análisis de documentos, redacción del informe.