

Análisis tomográfico de la superficie acetabular en la displasia del desarrollo de la cadera en niños

Benjamín Araujo-Monsalvo¹
Luis Manuel Hernández-Simón¹
Víctor Manuel Domínguez-Hernández^{2,3}
Víctor Manuel Araujo-Monsalvo²
Ramiro Cuevas-Olivo⁴
Alejandro Trujillo-Satow⁴
Elisa Martínez-Coria⁵
Martín Luna-Méndez⁵

¹Instituto Politécnico Nacional
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
MÉXICO.

Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra

²Laboratorio de Biomecánica

⁴Servicio de Ortopedia Pediátrica

⁵Servicio de Tomografía Computada

Calz. México-Xochimilco No. 289, Col. Arenal de Guadalupe,
Delegación Tlalpan, Ciudad de México, CP 14389.
MÉXICO.

³Tecnológico de Monterrey
Campus Ciudad de México.
MÉXICO.

correos electrónicos (emails): araumonb@yahoo.com.mx
lmhernan10@hotmail.com
vdominguez@inr.gob.mx
vicaraujom@yahoo.com.mx
ramirocuevas@yahoo.com.mx
drtrujillosatow@yahoo.com
emartinez@inr.gob.mx
martyn.luna@hotmail.com

Recibido 13-12-2016, aceptado 28-04-2017.

Resumen

La displasia del desarrollo de la cadera es una patología de etiología multifactorial, donde debemos comprender la anatomía, las anomalías del acetábulo, así como su reconstrucción y el análisis de las superficies acetabulares por medio de

técnicas de imagen. Por lo que se requiere realizar un estudio tomográfico en estos pacientes, con el objetivo de analizar la superficie del acetábulo y la posible recuperación de la cavidad acetabular operada. Se analizaron tomografías de 10 pacientes por medio de un software de diseño. Se obtuvo diferencia significativa (operado vs sano), en pacientes de tres años de edad, 15.1 +/- 8.4 mm más de superficie acetabular. Con dos años de postquirúrgico, la superficie acetabular media del lado operado fue 14.3 +/- 10.7 mm mayor respecto al sano. A los cuatro años de postquirúrgico, el lado operado tuvo 16.0 +/- 13.1 mm más respecto al sano. Al aumentar la edad de cirugía, la diferencia de la superficie acetabular fue disminuyendo significativamente. Es claro que la técnica de medición propuesta es capaz de identificar diferencias entre superficies acetabulares (operado y sano). El seguimiento clínico de estos pacientes podrá validar los resultados obtenidos y servirá para poder estimar la eficacia de la técnica quirúrgica aplicada.

Palabras clave: displasia de la cadera, tomografía, reconstrucción tridimensional, volumen acetabular.

Abstract

(Tomographic Analysis of the Acetabular Surface in Developmental Dysplasia of the Hip in Children)

Developmental Dysplasia of the Hip is pathology of multifactorial etiology, where we must understand the anatomy, acetabular abnormalities, as well as its reconstruction and the analysis of the acetabular surfaces by means of imaging techniques. Therefore, a tomographic study is required in these patients, in order to analyze the surface of the acetabulum and the possible recovery of the operated acetabular cavity. CT scans of 10 patients were analyzed using design software. Significant difference (operated vs healthy) was obtained in patients of three years of age, 15.1 +/- 8.4 mm over acetabular surface. At two years postoperative, the mean acetabular surface of the operated side was 14.3 +/- 10.7 mm greater than the healthy one. At four years postoperative, the operated side had 16.0 +/- 13.1 mm more than the healthy one. As the age of surgery increased, the difference in acetabular surface area decreased significantly. It is clear that the proposed measurement technique is able to identify differences between acetabular surfaces (operated and healthy). The clinical follow-up of these patients will be able to validate the results obtained and will serve to estimate the efficacy of the surgical technique applied.

Index terms: hip dysplasia, tomography, three-dimensional reconstruction, acetabular volume.

1. Introducción

El ser humano es una entidad compleja, como tal tiene un conjunto de características que lo hace diferente en comparación con los otros seres humanos. La concepción biopsico-social del ser humano forma parte del pensamiento sistémico: una totalidad organizada por diversas entidades interrelacionadas e interdependientes entre sí [15].

Las enfermedades o padecimientos médicos afectan la salud de las personas, para su solución se han desarrollado técnicas y herramientas que al utilizarlas se disminuye el tiempo de respuesta. Estas han evolucionado hacia una transición, dirigida tanto a prolongar los años de vida, o sobrevida de un paciente, como al bienestar o calidad de vida relacionada con la salud [20].

Dentro de la gama de enfermedades músculo-esqueléticas del tronco (pelvis), se encuentra la *displasia del desarrollo de la cadera* (DDC) [2]. La displasia del desarrollo de la cadera, es una patología de etiología multifactorial, tanto por predisposición genética como por factores mecánicos intrínsecos y extrínsecos. En el cual el acetábulo, la cápsula articular y el fémur proximal, junto con sus músculos y ligamentos, se encuentran alterados [19].

La incidencia de la DDC a nivel mundial es de 1.5 por mil recién nacidos. En México, la incidencia de DDC es de 2 a 6 por mil nacidos vivos y es la primera causa de hospitalización en los departamentos de ortopedia pediátrica a nivel nacional [1].

Para su diagnóstico se tiene la exploración física intencionada mediante la prueba de Ortolani [2] y la maniobra de Barlow, que se realiza en los primeros meses de vida [1], [18].

La ecografía dinámica surge como una técnica de imagen para corroborar o descartar el diagnóstico observado en las maniobras. El ultrasonido ayuda al diagnóstico en los niños menores de cinco meses, pero la radiografía de la pelvis es más útil en lactantes y niños. La Artrografía, la Tomografía Computada y la Resonancia Magnética también pueden ser útiles [4], [15], [16].

El manejo quirúrgico de la displasia del desarrollo de la cadera luxada es técnicamente demandante y existen varias opciones quirúrgicas que han demostrado buenos resultados: la reducción cerrada (fallo del arnés de Pavlik), reducción abierta y osteotomía de iliaco (osteotomía de Salter) [5], [17], acetabuloplastia de Pemberton o Chiari, osteotomías cotilo (acetabuloplastias); Shelf, Degas, Ganz, Klisic [3], [7], [12], [22].

Además de la DDC temprana, se tiene la DDC Inveterada, que se presenta en pacientes mayores de tres años de edad, quienes no

han recibido ningún tipo de tratamiento previo (conservador o quirúrgico) [6].

En los pacientes que presentan DDC inveterada, las dificultades y objetivos del tratamiento a los que se enfrenta el cirujano no son los mismos que en la DDC temprana, ya que existen cambios morfológicos y biomecánicos específicos [23].

En los niños mayores los músculos, tendones y cápsula articular de la cadera se tensan durante y después del tratamiento, lo cual puede inducir isquemia y necrosis avascular (NA) de la cabeza femoral [13].

Los pacientes con DDC inveterada son pacientes que presentan dolor y una disminución importante de la capacidad para desarrollar sus actividades cotidianas. Destinados a presentar una artrosis temprana de la cadera, lo cual terminará por disminuir su capacidad de llevar a cabo una vida adulta normal [14], [19].

Debido a la edad del paciente y su morfología, la tomografía axial computada surge como una opción para la visualización de manera tridimensional de la cadera [11], [19].

En la cual podemos observar y realizar una reconstrucción de esta. La ecografía o radiografía en este tipo de pacientes, solo permiten una visualización en dos dimensiones, en donde solamente se visualiza y se realizan mediciones referentes a los ángulos de la cavidad acetabular de la cadera [11], [19].

La visualización de la superficie acetabular de la cadera, mediante tomografía axial computada 3D, en pacientes mayores de tres años con displasia inveterada evidencia de manera más exacta la anatomía de esta, permitiendo así la reconstrucción tridimensional, provee información más detallada de la anatomía con displasia, pudiendo así ayudar a comprender mejor las anomalías en los niños [10], [11], [18], [21].

Por lo anterior, surge la necesidad de realizar tomografías axiales computadas (TAC 3D) de la cadera de pacientes con displasia del desarrollo de la cadera que ingresan al Instituto Nacional de Rehabilitación, con el objetivo de medir, analizar la totalidad de la superficie del acetábulo, así como contar con elementos propios del paciente para la mejora en el diagnóstico y tratamiento quirúrgico de este padecimiento.

2. Desarrollo

Se realizó un estudio piloto, el cual se basó en criterios internos del instituto para la selección de los pacientes. Los cuales fueron: pacientes de cualquier sexo mayor de tres años,

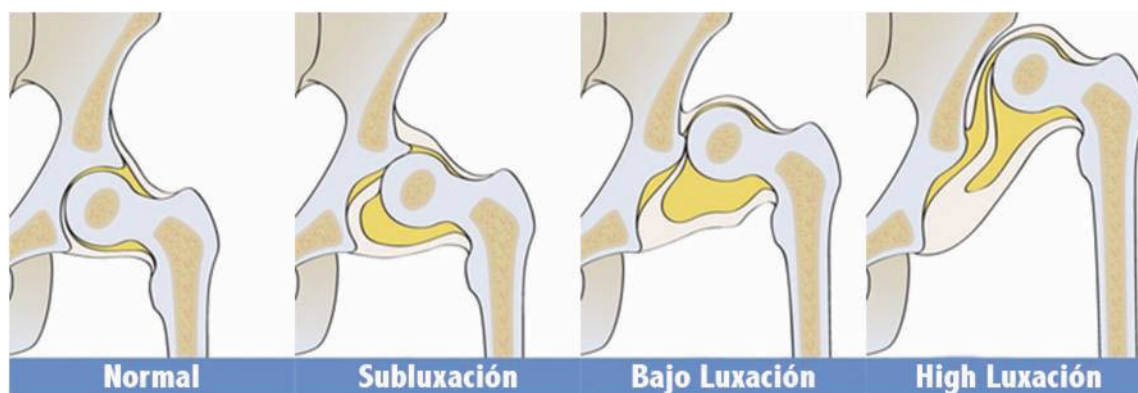


Fig. 1. Displasia del desarrollo de la Cadera [8].

con cadera luxada no traumática y displasia acetabular, sin tratamiento médico ni quirúrgico previo, e ingreso al protocolo de tratamiento con consentimiento informado firmado por sus tutores (véase Fig. 1).

Se seleccionaron diez pacientes mayores de tres años con displasia del desarrollo de la cadera, operados con técnica Dega modificada en el periodo de 2003-2006; en el Servicio de Ortopedia Pediátrica del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Se revisaron las historias clínicas y los estudios tomográficos tridimensionales de la totalidad de los pacientes incluidos en el estudio. Este estudio se realizó utilizando imágenes obtenidas del sistema de información médica y telemedicina PACS-INR (*Picture and Communication System* del Instituto Nacional de Rehabilitación, Luis Guillermo Ibarra Ibarra).

El procedimiento quirúrgico consistió en miotomía del primer aductor, tenotomía de psoas por abordaje inguinal tipo Ludloff, diafisectomía varizante y desrotadora, reducción abierta por abordaje anterior de Smith-Petersen y acetabuloplastia tipo Dega, con seguimiento postoperatorio de dos años (véase Fig. 2).

Se realizaron tomografías computarizadas, con un equipo Multicorte GE Light Speed de 64 cortes (*General Electric Company*, Fairfield, CT, EEUU), área azul con estación de trabajo y visualizadores de imagen (véase Fig. 3).

Los criterios del estudio tomográfico consistieron en un estudio transversal, de estratificación interna (operado vs contralateral), descriptivo y de simulación diacrónica; de pacientes con cadera luxada no traumática y displasia acetabular unilateral operados con osteotomía Dega modificada (INR),

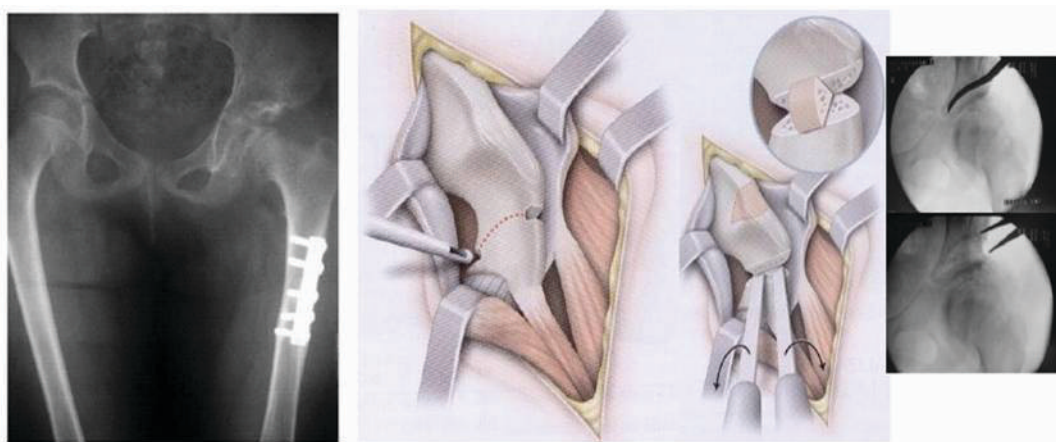


Fig. 2. Procedimiento quirúrgico realizado a los pacientes del Instituto Nacional de Rehabilitación [9].

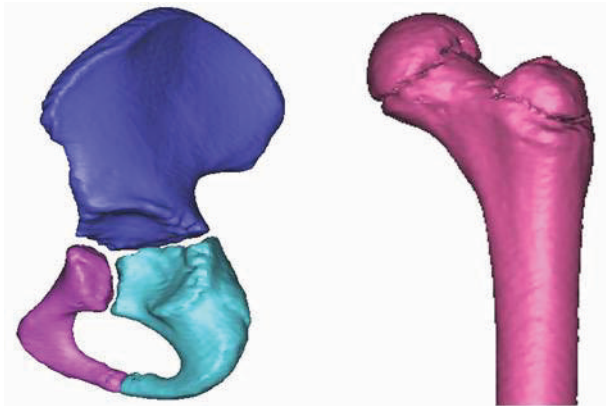


Fig. 3. Tomografía y reconstrucción tridimensional, Software Mimic's Innovation Suite (Materialise Inc. Leuven, Bélgica), versión 17.

edad mayor a tres años; con seguimiento postquirúrgico de dos años.

Se obtuvieron imágenes en formato DICOM a partir de un estudio tomográfico y se procesaron en el software *Mimic's Innovation Suite* (Materialise Inc. Leuven, Bélgica), versión 17. Se seleccionó y generó una máscara para el ilion, isquion y pubis; así como la cabeza femoral. Se realizó una reconstrucción tridimensional para seleccionar la zona de trabajo.

Por medio del software, se realizó la selección y edición de cada zona tridimensional (ilion, isquion y pubis; cabeza

femoral), para su limpieza y obtención de la superficie acetabular. Los parámetros de limpieza fueron seleccionados en conjunto con el médico especialista. Los límites y la zona de medición fue dada por el contacto de la cabeza femoral en cada parte de la pelvis.

Posteriormente, se delimitó la zona de contacto, y por medio del software se crearon líneas de medición para cada parte de la pelvis, las cuales se vaciaron en una base de datos (véase Fig. 4).

Las mediciones realizadas al acetábulo fueron recopiladas, y se desarrollaron pruebas estadísticas con el software *Statgraphics Centurion* (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, Virginia, EEUU) versión 16.1.11, la prueba de Kolmogorov-Smirnov fue aplicada para determinar la distribución de los datos.

Se aplicó el modelo general lineal univariante para contrastar las medias de las diferencias entre lado operado vs sano (véase Tabla 1), a través de una ANOVA de dos factores ya que se tomó en cuenta simultáneamente el grupo de edad al momento de la cirugía y el grupo del tiempo de seguimiento a 2 y 4 años.

3. Resultados

Se obtuvieron las mediciones de superficie acetabular operado vs sano. (véase Tabla 2) Se observó diferencia significativa entre el acetábulo operado y el sano (edad de la cirugía) con valor $p=0.03$, en los pacientes con edad de tres años, se obtuvo una superficie postquirúrgica mayor en el acetábulo operado

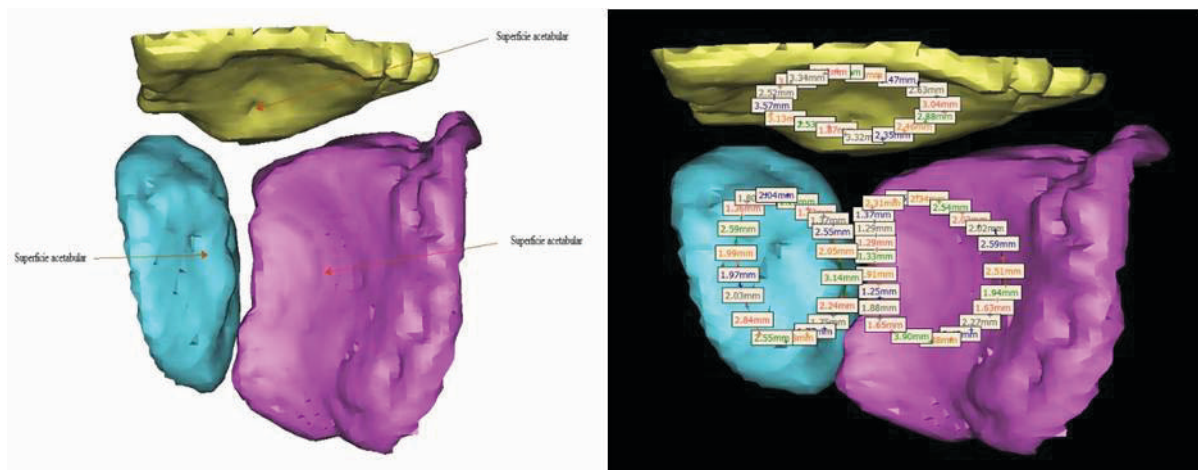


Fig. 4. Limpieza de la tomografía, para la medición de la superficie acetabular por medio del software. Creación de Puntos y Líneas. Medición de la superficie acetabular.

Tabla 1. Variables de estudios.

Variables	Tipo	Medición	Operación
VI. Edad	Cuantitativa Discreta	años cumplidos	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
VI. Género	Cualitativa Nominal	masculino - femenino	M - F
VI. Lado	Cualitativa Nominal	izquierdo - derecho	I - D
VD. TAC 3D PO	Cuantitativa Discreta	superficie acetabular	mm
2, 4, 6 años			

VI: Variable Independiente, VD: Variable Dependiente.

Tabla 2. Mediciones de superficie acetabular, operado vs sano (en mm²).

Cirugía	PS			PO			PS			PO		
	2 años			2 años			4 años			4 años		
	S1	S2	S3	O1	O2	O3	S1	S2	S3	O1	O2	O3
3 años	70	72	68	113	70	70	79	60	70	110	73	73
4 años	76	75	74	79	80	79	84	63	57	90	70	65
5 años	112	99	100	82	80	90	119	70	78	85	65	70
6 años	154			103			147			99		

S: Sano, O: Operado, Seguimiento: 2 años y 4 años, PS: Paciente sano, PO: Paciente operado.

respecto al acetábulo sano, con valor de 15.1 +/- 8.4 mm. A mayor edad del paciente, la superficie acetabular (operado vs sano) disminuye (véase Fig. 5).

Al tomar en cuenta el tiempo de seguimiento postquirúrgico y, simultáneamente, la edad de la cirugía (véase Tabla 3); en los niños que han cumplido 2 años de postquirúrgico y que

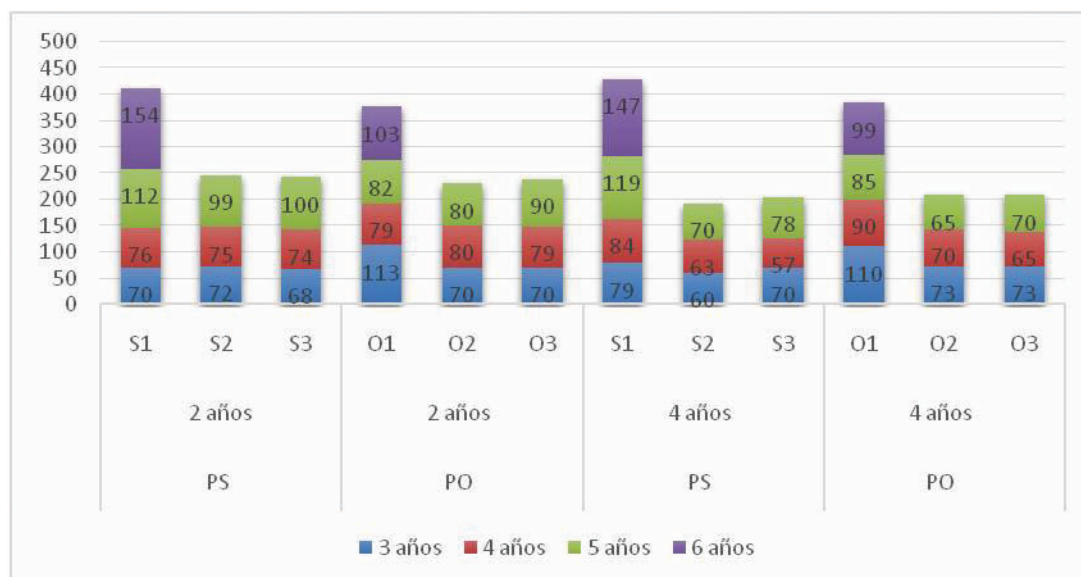


Fig. 5. Comparación de superficie acetabular (sano vs operado) (en mm²).

Tabla 3. Comparación de superficie acetabular (sano vs operado) (en mm²).

Cirugía (años)	Media	Error típico	IC 95% LS - LI	Sig. ^a	Diferencia de medias
3	15.167	8.487	-4.901 - 35.234	(1.000) (.148) (.066)	1. (19.333) (39.000) (70.167 ^b)
2	14.333 ^d	10.735 ^d	-11.051 - 39.717		
4	16.000 ^d	13.148 ^d	-15.089 - 47.089		

a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

b. Una estimación de la media marginal poblacional modificada (J).

c. Una estimación de la media marginal poblacional modificada (I).

Diferencia de medias: 1. 3 (4) (5) (6), 2. 4 (3) (5) (6), 3. 5 (3) (4) (6), 4. 6 (3) (4) (5).

d. Seguimiento postquirúrgico vs Edad de la cirugía. 2 (3) y 4 (3).

Solo se tomaron en cuenta valores positivos.

fueron operados a los 3 años de edad, la superficie acetabular media del lado operado fue 14.3 +/- 10.7 mm mayor respecto al sano, repitiéndose el patrón anterior: a mayor edad al momento de la cirugía, el volumen acetabular del lado operado va disminuyendo respecto al sano.

Es claro que en los paciente de hasta 4 años de edad, el patrón fue muy similar a lo antes dicho, pero con una tendencia a un mejor resultado en los niños que fueron operados a los 3 años de edad ya que a los 4 años de postquirúrgico, el lado operado tuvo 16.0 +/- 13.1 mm más respecto al sano.

Por otra parte, nótese claramente que en los niños de tres años de edad la mayor diferencia del lado operado respecto al sano no se diferenció significativamente al compararla (2 vs 4 años de postquirúrgico) ($p = 0.92$); lo mismo sucedió en los de 4 años de edad, al comparar los 2 vs 4 años de postquirúrgico ($p = 0.98$); en cambio, en los que fueron operado a los 5 años de edad, los que tuvieron 4 años de seguimiento ya tenían una superficie acetabular menor que aquellos con 2 años postquirúrgicos aunque la diferencia no fue significativa ($p = 0.70$).

4. Conclusiones

Los procedimientos radiológicos han sido utilizados para evaluar la orientación del acetábulo y considerados como el estándar en imagen de la cadera, aunque no proporcionan información suficiente en los planos sagital y transversal. Debido a lo anterior, los modelos tomográficos computarizados 3D,

surgen como opción de diagnóstico para evaluar las partes óseas de la pelvis, incluyendo ángulos de anteversión del acetábulo, así como la evaluación de la geometría acetabular y el análisis biomecánico.

La capacidad de reconstrucción por medio de tomografía computarizada 3D ha permitido la evaluación precisa de la gravedad de la displasia acetabular. Esta puede contribuir a la evaluación radiográfica preoperatoria, mediante la cual es posible diagnosticar el tipo y grado de deficiencia acetabular. En pacientes con DDC, la cirugía es requerida para lograr una congruencia satisfactoria entre la cabeza femoral y el acetábulo, para lo cual se requiere de un total conocimiento de la patología ósea de la DDC, y de su estructura 3D, para la planificación y selección de procedimientos quirúrgicos adecuados.

Los resultados encontrados muestran un cambio significativo al comparar la cadera sana y operada. Incrementándose esta superficie en un 40%, contrario a lo encontrado en pacientes de cinco y seis años de edad con seguimiento postquirúrgico, en donde esta disminuye.

Una de las principales limitaciones de este estudio es el reducido número de pacientes, sería conveniente contar con una muestra mayor de pacientes para tener más sensibilidad y obtener resultados que sean estadísticamente significativos, así como poder identificar los factores determinantes para un diagnóstico y tratamiento más eficaz.

Referencias

- [1] M. Aparicio, "¿A quién se le debe realizar un ultrasonido de cadera y por qué? Detección oportuna y algoritmos de tratamiento," *Rev Mex Ortop Ped*, vol. 15, núm. 1, pp. 9-13, 2013.
- [2] T. Bolaños, S. Cañón, J. Castaño, N. Duque, N. Franco, F. López, M. Pineda, & S. Ortega, "Caracterización de la población pediátrica con displasia del desarrollo de cadera en el Hospital Infantil," *Archivos de Medicina (Col)*, vol. 13, núm. 1, enero-junio 2013, pp. 31-40.
- [3] N. Ezirmik N., & K. Yildiz, "Salter innominate osteotomy or Pemberton pericapsular osteotomy in treatment of developmental dysplasia of hip," *Turk J Med Sci*, vol. 42, núm. 6, pp. 1058-1062, 2012.
- [4] A. Flores, & L. Castañeda, "Tratamiento de la displasia del desarrollo de la cadera tipo Graf III y IV con el arnés de Pavlik," *Rev Mex Ortop Ped*, vol. 12, núm. 1, pp. 19-23, 2010.
- [5] E. Forlin, L. Munhoz, & D. Figueredo, "Treatment of developmental dysplasia of hip after walking age with open reduction, femoral shortening and acetabular osteotomy," *Orthop Clin North Am.*, núm. 37, pp. 149-160, 2006.
- [6] V. Francione, E. García, M. Saffè, & E. Locaso, "Luxación congénita inveterada de cadera Tratamiento quirúrgico," *Rev Asoc Arg Ortop y Traumatol*, vol. 58, núm. 3, pp. 359-365, 2012.
- [7] J. Grudziak, & W. Ward, "Dega osteotomy for the treatment of congenital dysplasia of the hip," *J Bone Joint Surg Am.*; vol. 83, pp. 845-854, 2001.
- [8] Instituto Internacional de Displasia de Cadera, disponible en <http://displasiadecadera.org/>, 2015.
- [9] J. Jia, L. Li, L. Zhang, Q. Zhao, E. Wang, & Q. Li, "Can excessive lateral rotation of the ischium result in increased acetabular anteversion? A 3D-CT quantitative analysis of acetabular anteversion in children with unilateral developmental dysplasia of the hip," *J Pediatr Orthop*. vol. 31, núm. 8, pp. 864-9, 2011.
- [10] J. Jia, L. Li, L. Zhang, Q. Zhao, & X. Liu, "Three dimensional-CT evaluation of femoral neck anteversion, acetabular anteversion and combined anteversion in unilateral DDH in an early walking age group," *Int Orthop*. vol. 36, núm. 1, pp. 119-24, 2012.
- [11] J. Karlen, D. Skaggs, M. Ramachandran, & R. Kay, "The Dega osteotomy: a versatile osteotomy in the treatment of developmental and neuromuscular hip pathology," *J Ped Orthop*. vol. 29, núm. 7, pp. 676-682, 2009.
- [12] S. Kelley, C. Bradley, & J. Wedge, "El manejo quirúrgico de la displasia del desarrollo de la cadera luxada. Técnica quirúrgica, optimizando los resultados y resultados a largo plazo," *Rev Mex Ortop Ped*. vol. 15, núm. 1, pp. 32-39, 2013.
- [13] E. López, H. Carillo, M. Gutiérrez, "Dega versus salter osteotomy for the treatment of developmental dysplasia of the hip," *J Pediatr Orthop B*, vol. 17, pp. 213-221, 2008.
- [14] E. Morin, *Introducción al pensamiento complejo*, Barcelona: Gedisa, 1994.
- [15] F. Ortega, "Displasia del Desarrollo de la Cadera," *Rev. Med. Clin. Condes*, vol. 24, núm. 1, pp. 37-43, 2013.
- [16] R. Salter R., "Role of innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip in the older child," *J BoneJointSurg*, núm. 48-A, pp. 1413-1439, 1966.
- [17] P. Sánchez, & F. Helo, "Procedimiento tipo DEGA por doble abordaje," *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, vol. 18, núm. 3, pp. 77-89, 2004.
- [18] S. Shipman, M. Helfand et al., "Screening for developmental dysplasia of the hip: A systematic literature review for the U.S. Preventive Services Task Force," *Pediatrics*, núm. 117, pp. 557-576, 2006.
- [19] O. Silva, & D. Garzón, "Antecedentes, historia y pronóstico de la displasia del desarrollo de la cadera," *Rev Cubana Invest Bioméd.*, vol. 30, núm. 1, pp. 141-162, 2011.
- [20] K. Tallroth, & J. Lepistö, "Computed tomography measurement of acetabular dimensions," *Acta Orthopaedica*, vol. 77, núm. 4, pp. 598-602, 2006.
- [21] S. Thomas, J. Wedge, & R. Salter, "Outcome at forty-five years after open reduction and innominate osteotomy for late-presenting developmental dislocation of the hip," *J Bone Joint Surg Am.*, vol. 89, núm. 11, pp. 2341-2350, 2007.
- [22] S. Trujillo, *Análisis Tomográfico Volumétrico de las Condiciones Acetabulares en Pacientes con DDC Inveterada Unilateral Operados con Técnica Tipo DEGA*, Estudio Piloto, Facultad de Medicina, Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Rehabilitación, 2013.
- [23] J. Wedge, & S. Kelley, "Strategies to improve outcomes for operative childhood management of DDH," *Orthop Clin North Am.*, vol. 43, núm. 3, pp. : 291-299, 2012.