

Influencia de la posición de la cabeza femoral en el desarrollo acetabular

Influence of femoral head positioning upon acetabular development

Moraleda L, Bravo C, Albiñana J, Forriol F

¹ Unidad de Ortopedia y Traumatología Infantil. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario La Paz. Madrid, España. ² Universidad San Pablo-CEU, Facultad de Medicina, Campus de Montepríncipe. Madrid, España.

Esta investigación ha sido financiada por FUNDACIÓN MAPFRE

Resumen

Objetivo: Analizar las alteraciones que las diferentes osteotomías femorales proximales provocan sobre la morfología acetabular.

Material y método: Se intervinieron 30 corderos, de tres meses de edad, divididos en cinco grupos: grupo 1, se efectuó una osteotomía varizante de fémur sin modificar la versión femoral; grupo 2, una osteotomía valguzante de fémur sin modificar la versión femoral; grupo 3, una osteotomía derrotatoria de fémur, disminuyendo la anteversión femoral sin modificar el ángulo cervico-diafisario; grupo 4, una osteotomía derrotatoria de fémur, aumentando la anteversión femoral sin modificar el ángulo cervico-diafisario; y grupo 5 o control. El sacrificio se realizó a los tres meses de la intervención y se midió la morfología acetabulo-femoral.

Resultados: La versión femoral del lado intervenido no se correlacionó ni con la diferencia entre el diámetro acetabular antero-posterior derecho e izquierdo, ni con la diferencia entre el diámetro acetabular infero-superior derecho e izquierdo, ni con la diferencia entre el volumen acetabular derecho e izquierdo. El ángulo cervico-diafisario intervenido se correlacionó con la diferencia entre el volumen acetabular derecho e izquierdo ($p=0,023$), siendo menor la diferencia entre el volumen acetabular derecho e izquierdo cuanto mayor era el ángulo cervico-diafisario.

Conclusión: Un ángulo cervico-diafisario disminuido provoca un aumento del volumen acetabular. Por lo tanto, la osteotomía varizante de fémur podría utilizarse para mejorar el volumen acetabular.

Palabras clave:

Crecimiento, cadera, displasia, acetábulo, cartílago trirradiado.

Abstract

Objective: To analyze the alterations produced by the different proximal femoral osteotomies upon acetabular morphology.

Material and methods: Thirty 3-month-old lambs were divided into 5 groups: group 1 (varus osteotomy of the femur without modifying femoral version), group 2 (valgus osteotomy of the femur without modifying femoral version), group 3 (derotation osteotomy of the femur, reducing femoral anteversion without modifying the neck-diaphyseal angle), group 4 (derotation osteotomy of the femur, increasing femoral anteversion without modifying the neck-diaphyseal angle), and group 5 (control). The animals were sacrificed three months after the operation and the acetabular and femoral morphology was measured.

Results: Femoral version on the operated side was not correlated to the difference between the right and left anteroposterior acetabular diameter, the difference between the right and left inferosuperior acetabular diameter, or the difference between the right and left acetabular volume. The operated neck-diaphyseal angle was correlated to the difference between the right and left acetabular volume ($p = 0.023$) – the difference in volume decreasing with increasing neck-diaphyseal angle.

Conclusion: A diminished neck-diaphyseal angle results in an increased acetabular volume. Therefore, varus osteotomy of the femur could be used to improve the acetabular volume.

Key-words:

Growth, hip, dysplasia, acetabulum, triradiate cartilage.

Correspondencia

L Moraleda
Servicio de Ortopedia Infantil Hospital Universitario La Paz. Madrid, España.
e-mail: l.moraleda@yahoo.es

Introducción

La displasia persistente del desarrollo de la cadera no tratada y la enfermedad de Legg-Calve-Perthes conllevan alteraciones anatómicas que modifican la biomecánica articular y conducen a una coxartrosis temprana [1-3]. Además, los problemas en la cadera afectan a entre el 1% y el 55% de los pacientes con parálisis cerebral [4], causándoles dolor, dificultad para la higiene perineal y empeoramiento de su capacidad para permanecer sentado [5]. La osteotomía varizante y derrotatoria del fémur está indicada en el tratamiento de la displasia del desarrollo de la cadera (DDC), en la enfermedad de Perthes y en la cadera a riesgo del paciente con parálisis cerebral (Figura 1), y tiene como objetivo devolver la congruencia y la biomecánica articular normal. Además, en el caso de la DDC serviría para corregir una anteversión femoral aumentada y una coxa valga, aunque la existencia de estas deformidades no siempre se ha puesto de manifiesto [8][7]. Este tipo de osteotomía en el tratamiento de la enfermedad de Perthes se basa en la teoría de la contención, según la cual el acetábulo sirve de molde para que la cabeza femoral mantenga su forma esférica durante la fase de remodelación. Aunque se ha demostrado geométricamente que el acetábulo no puede contener toda la cabeza femoral, las osteotomías femorales consiguen mejorar el pronóstico de esta enfermedad [8]. Por otro lado, varizar la extremidad proximal del fémur mejora la forma del techo acetabular [9], existiendo una relación del pronóstico de la enfermedad de Perthes con la forma del techo acetabular.

Nuestra hipótesis es que el resultado de la osteotomía varizante de fémur, tanto en la displasia del desarrollo de la cadera como en la enfermedad de Perthes, se debe al efecto que tiene la nueva posición de la cabeza femoral afectando al crecimiento del cartílago trirradiado del acetábulo. El objetivo de este estudio es analizar las alteraciones que las diferentes osteotomías femorales proximales provocan sobre la geometría acetabular.

Material y método

Se intervinieron 30 corderos, de tres meses de edad, siguiendo la normativa vigente sobre protección de los animales para investigación (RD 1201/2005).

Los grupos constaron de seis animales cada uno. El lado intervenido fue siempre el derecho, manteniéndose el lado izquierdo como lado control intragrupo.

Tras una semana de aclimatación, se asignó cada uno de los animales a uno de los siguientes grupos experimentales: grupo 1, donde se realizó una osteotomía varizante de fémur sin modificar la versión femoral; grupo 2, en el que se realizó una osteotomía valguizante de fémur sin modificar



Fig. 1. Osteotomía varizante de fémur realizada en un paciente con una displasia de cadera derecha (A) que consigue normalizar el índice acetabular (B).

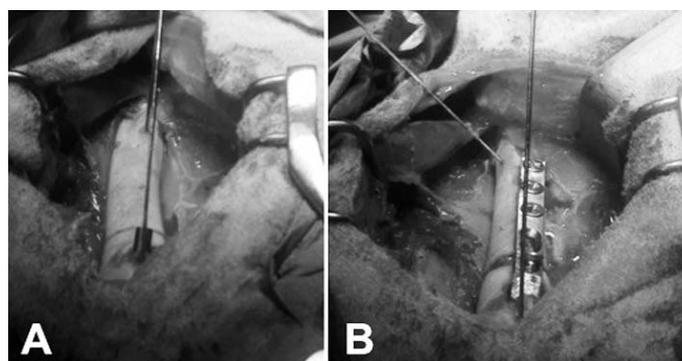


Fig. 2. Control intraoperatorio de la cadera donde se realizó un osteotomía derrotatoria con un aumento de la versión femoral: se colocan dos agujas Kirschner paralelas proximal y distal al nivel de la osteotomía (A); un vez realizada la osteotomía, se rota el fémur controlando la versión femoral con el ángulo formado por las agujas (B).

la versión femoral; grupo 3, donde se realizó una osteotomía varizante y derrotatoria de fémur, provocando una retroversión femoral; grupo 4, en el que se efectuó una osteotomía varizante y derrotatoria de fémur, aumentando la anteversión femoral; y grupo 5 o grupo control, donde no se realizó ninguna osteotomía femoral.

Los animales permanecieron en corrales durante el postoperatorio inmediato con comida y agua *ad libitum* desde el primer día después de la intervención. Tras una semana de postoperatorio, volvieron al centro de estabulación hasta el momento del sacrificio.

La versión femoral fue controlada durante la cirugía mediante dos agujas Kirschner colocadas paralelas en el fémur proximal y distal antes de realizar la osteotomía (Figura 2). La agujas sirvieron, una vez realizada la osteotomía, para controlar el grado de anteversión o retroversión del fémur proximal. Se diseñó un tornillo-placa para fijar la osteotomía femoral proximal. El implante diseñado consistió en un tornillo cefálico de rosca distal junto con una placa con un

ángulo variable y cuatro orificios para fijar la placa a la diáfisis femoral (Figura 3).

Se estudió la morfometría previa en seis fémures de corderos de tres meses de vida y se determinó que el ánima del tornillo cefálico fuera de 4 mm, que se dispusiera de tornillos para sujetar la placa a la diáfisis del fémur de una longitud entre 20 y 25 mm, y que el ángulo de la placa para mantener un ángulo cervico-diafisario normal fuera de 130°. Además, se estableció que el ángulo de la placa para el grupo «osteotomía varizante» fuera de 110° y para el grupo «osteotomía valguizante» de 150° (Figura 3).

Tres corderos, cada uno perteneciente a grupos diferentes, fueron sacrificados por presentar una infección quirúrgica que afectaba al crecimiento y al bienestar de los animales. Otro cordero falleció sin causa aparente. 26 corderos completaron el estudio: grupo control 5, grupo varo 5, grupo valgo 4, grupo anteversión femoral 7 y grupo retroversión femoral 5.

El sacrificio se realizó a los tres meses de la intervención quirúrgica bajo anestesia general profunda mediante inyección intravenosa de 10 ml de KCl. Tras el sacrificio, se extrajeron la pelvis y ambos fémures, y se realizó el estudio morfológico, geométrico y fotográfico.

También se constató la consolidación de la osteotomía y se anotó la presencia de una deformidad de la cabeza femoral o una alteración del cartílago articular de la cabeza femoral o del acetábulo, del labrum, del ligamento teres, de la cápsula o del pulvinar.

Respecto al estudio morfométrico, se midió la profundidad acetabular, los diámetros anteroposterior e ínfero-superior del acetábulo, los diámetros anteroposterior e ínfero-su-



Fig. 3. Placas con los tres tipos diferentes de ángulo cervico-diafisario: 110°, 130° y 150°.

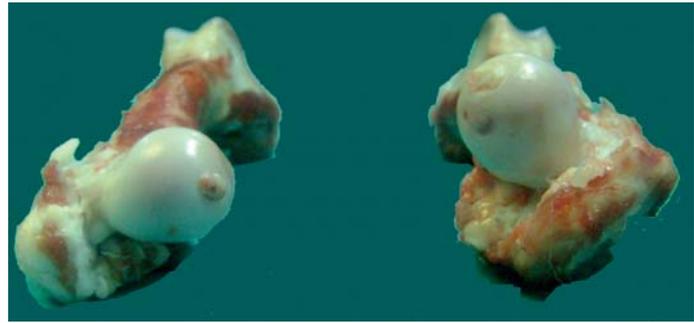


Fig. 4. Medición de la anteversión femoral utilizando una fotografía cenital de ambos fémures con las superficie posteriores de ambos cóndilos femorales apoyados en una mesa.

perior de la cabeza femoral, el volumen acetabular, el ángulo cervico-diafisario y la anteversión femoral. Los diámetros y la profundidad acetabular se midieron con un pie de rey digital. Para la medición del ángulo cervico-diafisario se utilizó un goniómetro. La anteversión femoral se midió en una fotografía cenital de ambos fémures utilizando el programa informático AutoCad (AutoDesk, San Rafael, Ca, EE UU) (Figura 4). Para la medición del volumen acetabular, se rellenó el acetábulo con plastilina, que luego fue pesada en un peso digital (Scale LE 2066, Leica Scientific Instrument, Madrid, España) validado por el Organismo Verificador de Centros de Laboratorio de Madrid (número de identificación 016). Se calculó, para todos los valores morfométricos, la diferencia entre el valor del lado derecho (caso) y el valor del lado izquierdo (control).

Se utilizó el programa informático Statistical Package for Social Sciences (SPSS, Chicago, IL) para el análisis estadístico de los datos.

Resultados

El peso medio general en el momento de la cirugía fue de 18,3 (DE: 3) kg., mientras que en el momento del sacrificio fue de 26,2 (DE: 4,7) kg, con un incremento medio general de peso desde la cirugía hasta el sacrificio de 7,3 (DE: 3,6) kg. No encontramos diferencias entre los grupos con respecto al incremento de peso desde la cirugía hasta el sacrificio ($p=0,542$). El tiempo medio desde la cirugía hasta el sacrificio fue de 87 días (rango: 80 - 94).

El ángulo cervico-diafisario medio del lado control (izquierdo) fue de 129° (rango: 125° - 135°). El ángulo cervico-diafisario medio del lado intervenido (derecho) fue de 127,5° (rango: 110° - 150°). Diecisiete corderos pertenecientes a los grupos control, anteversión y retroversión presentaron un ángulo cervico-diafisario derecho medio de 129° (DE: 2,6°) y un ángulo cervico-diafisario izquierdo (control) medio de 129° (DE: 2,4°). Cinco corderos perte-

necientes al grupo varo presentaron un ángulo cérvico-diafisario derecho de 110° y un ángulo cérvico-diafisario izquierdo medio de 128° (DE: 2,7°), con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 18° (DE: 2,7°). Cuatro corderos pertenecientes al grupo valgo presentaron un ángulo cérvico-diafisario derecho medio de 149° (DE: 2,5°) y un ángulo cérvico-diafisario izquierdo medio de 129° (DE: 2,5°), con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 20° (DE: 0°).

La versión femoral media del lado control (izquierdo) fue de 18° (rango: 4° a 28°). La versión femoral media del lado intervenido (derecho) fue de 15° (rango: -23° a 65°). Catorce corderos pertenecientes a los grupos control, varo y valgo presentaron una versión femoral derecha media de 21° (DE: 7,8°) y una versión femoral izquierda (control) media de 19° (DE: 5,1°). Siete corderos pertenecientes al grupo anteversión femoral presentaron una versión femoral derecha media de 38° (DE: 19,7°), una versión femoral izquierda media de 16° (DE: 6°), con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 22° (DE: 17,3°). Cinco corderos pertenecientes al grupo retroversión femoral presentaron una versión femoral derecha media de -17° (DE: 5°), una versión femoral izquierda media de 16° (DE: 4°), con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 34° (DE: 3°).

El diámetro anteroposterior acetabular medio fue de 26,3 (DE: 1,4) mm en el lado derecho (caso) y de 25,8 (DE: 1,3) mm en el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho y el izquierdo de 0,5 (DE: 0,9) mm. Cinco corderos pertenecientes al grupo varo presentaron un diámetro anteroposterior acetabular de 26,4 (DE 2,1) mm para el lado derecho y de 25,7 (DE 1,1) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 0,7 (DE 1,2) mm. Cuatro corderos pertenecientes al grupo valgo presentaron un diámetro anteroposterior acetabular de 27,2 (DE: 1,4) mm para el lado derecho y de 26,6 (DE 1,4) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 0,6 (DE 0,8) mm. Siete corderos pertenecientes al grupo anteversión femoral presentaron un diámetro anteroposterior acetabular de 25,9 (DE: 1,1) mm para el lado derecho y de 25,2 (DE: 0,5) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 0,7 (DE: 1,1) mm. Cinco corderos pertenecientes al grupo retroversión femoral presentaron un diámetro antero-posterior acetabular de 26,7 (DE: 1,6) mm para el lado derecho y de 26,4 (DE: 1,8) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 0,4 (DE: 0,5) mm. Ni el ángulo cérvico-diafisario del lado derecho ($p=0,698$) ni la versión femo-

ral ($p=0,6$) se correlacionaron con la diferencia entre el diámetro anteroposterior derecho e izquierdo.

El diámetro ínfero-superior acetabular medio fue de 26,6 (DE: 1,7) mm en el lado derecho (caso) y de 26,1 (DE: 1,7) mm en el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho y el izquierdo de 0,5 (DE: 1) mm. Cinco corderos pertenecientes al grupo varo presentaron un diámetro ínfero-superior acetabular de 26,8 (DE: 2,1) mm para el lado derecho y de 25,8 (DE: 1,8) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 1 (DE: 0,9) mm. Cuatro corderos pertenecientes al grupo valgo presentaron un diámetro ínfero-superior acetabular de 26,7 (DE: 0,5) mm para el lado derecho y de 26,9 (DE: 0,9) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de -0,3 (DE: 0,6) mm. Siete corderos pertenecientes al grupo anteversión femoral presentaron un diámetro ínfero-superior acetabular de 26,7 (DE: 2,4) mm para el lado derecho y de 25,6 (DE: 1,7) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 1 (DE: 1,2) mm. Cinco corderos pertenecientes al grupo retroversión femoral presentaron un diámetro ínfero-superior acetabular de 26,9 (DE: 1,7) mm para el lado derecho y de 26,7 (DE: 1,8) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 0,2 (DE 0,6) mm. Ni el ángulo cérvico-diafisario del lado derecho ($p=0,083$) ni la versión femoral ($p=0,451$) se correlacionaron con la diferencia entre el diámetro ínfero-superior derecho e izquierdo.

La profundidad acetabular media fue de 21,2 (DE 2) mm en el lado derecho (caso) y de 21 (DE: 2) mm en el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho y el izquierdo de 0,3 (DE 1,2) mm. Cinco corderos pertenecientes al grupo varo presentaron una profundidad acetabular media de 22,1 (DE: 1) mm para el lado derecho y de 21,8 (DE: 1) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 0,2 (DE: 1) mm. Cuatro corderos pertenecientes al grupo valgo presentaron una profundidad acetabular media de 21,6 (DE: 1,8) mm para el lado derecho y de 22,7 (DE: 2,2) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de -1 (DE 1,4) mm. Siete corderos pertenecientes al grupo anteversión femoral presentaron una profundidad acetabular media de 20,5 (DE: 2,5) mm para el lado derecho y de 19,6 (DE: 1,7) mm para el lado izquierdo, con una diferencia media entre el lado derecho e izquierdo de 0,9 (DE: 1,4) mm. Cinco corderos pertenecientes al grupo retroversión femoral presentaron una profundidad acetabular media de 20,5 (DE: 2,5) mm para el lado derecho y de 20,1 (DE: 2,5) mm para el

Además, existen dudas de que la cabeza femoral pueda remodelar su forma. Sankar *et al.* [13], en un intento por estudiar la esfericidad de la cabeza femoral en niños con luxación de la cadera, encontraron que no hay un incremento de la deformidad de la cabeza con la edad, lo cual parece indicar una capacidad baja de remodelación de la cabeza femoral. Estos hallazgos también han sido descritos en estudios experimentales sobre la displasia de cadera [14].

Kim y Wenger [15] señalaron, tras estudiar reconstrucciones tridimensionales de TC de caderas con enfermedad de Perthes, que existe una coxa vara y una retroversión funcional de la cabeza femoral en la enfermedad de Perthes. En el caso de la displasia de cadera, la utilización de la osteotomía femoral en el tratamiento se basa en la supuesta existencia de una anteversión femoral aumentada y una coxa valga, lo cual está en discusión [6][7]. Por lo tanto, la osteotomía varizante y derrotatoria no se justifica por la presencia de una deformidad contraria en el fémur proximal.

El desarrollo adecuado de la cadera precisa que la cabeza femoral se encuentre correctamente centrada en el acetábulo y que exista un equilibrio entre el crecimiento de los cartílagos trirradiado y acetabular. Cualquier alteración en este equilibrio, ya sea en el periodo intrauterino o en el postnatal, conducirá a un desarrollo alterado de la cadera [16]. El cartílago trirradiado es el responsable del crecimiento semiesférico del acetábulo y del hueso innominado, manteniendo la relación con el crecimiento de la cabeza femoral. Este crecimiento fisario está influido por fuerzas externas [17]. De esa manera, sabemos que una fuerza ejercida sobre la fisis en una dirección paralela a la dirección del crecimiento provoca la inhibición del mismo (ley de Delpech). Esta inhibición del crecimiento será asimétrica si la presión es mayor en una parte que en otra de la placa de crecimiento. Por otro lado, una fuerza aplicada sobre la fisis en una dirección no paralela a la dirección del crecimiento provocará un cambio en la dirección del crecimiento óseo, de forma que éste se alejará de la fuerza. En resumen, la presión puede modificar tanto la velocidad como la dirección del crecimiento fisario [17]. La cabeza femoral ejerce sobre el cartílago trirradiado y el cartílago acetabular una presión necesaria para el normal desarrollo del acetábulo. Nuestra hipótesis es que las osteotomías femorales proximales provocan cambios en la presión que la cabeza femoral ejerce sobre el cartílago trirradiado y el cartílago acetabular, modificando su crecimiento y alterando el desarrollo acetabular. Esta alteración del desarrollo acetabular sería responsable del resultado clínico de las osteotomías femorales proximales. Nuestro estudio demuestra cómo un

menor ángulo cérvico-diafisario se asocia con un mayor volumen acetabular. Por lo tanto, deducimos que la mejoría que las osteotomías varizantes obtienen en el tratamiento de la enfermedad de Perthes o de la displasia del desarrollo de la cadera se deben, al menos en parte, al efecto que la nueva posición de la cabeza femoral ejerce sobre el crecimiento acetabular. No hemos observado ningún efecto de la versión femoral sobre la configuración acetabular. Sin embargo, algunos autores han demostrado que la reducción concéntrica de la cadera seguida de una osteotomía derrotatoria consigue estimular el desarrollo del techo acetabular sin necesidad de varizar el fémur proximal o realizar una acetabuloplastia [18]. La anteversión femoral aumentada es la causa más frecuente de recurrencia de la subluxación en una displasia del desarrollo de la cadera y, por lo tanto, la osteotomía femoral derrotatoria es necesaria en algunos casos para conseguir una reducción estable de la cadera. La mejoría que Blockey *et al.* [18] observaron tras una osteotomía derrotatoria del fémur puede deberse al efecto que la osteotomía tiene sobre la estabilización de la cadera y no directamente sobre el desarrollo acetabular.

La oveja ha sido utilizada como modelo experimental en estudios previos sobre la cadera o sobre el crecimiento fisario, y su patrón de madurez esquelética ha sido establecido [10][11]. Además, el tamaño del fémur permite la colocación de una placa para la osteosíntesis de la osteotomía femoral.

En conclusión, hemos observado cómo un ángulo cérvico-diafisario disminuido provoca un aumento del volumen del acetábulo. Por lo tanto, la osteotomía varizante de fémur puede utilizarse para mejorar el volumen acetabular. Se necesitan nuevos estudios antes de su aplicación en la práctica clínica. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Salter RB, Simmonds DF, Malcolm BW, Rumble EJ, MacMichael D, Clements ND. The biological effect of continuous passive motion on the healing of full-thickness defects in articular cartilage. An experimental investigation in the rabbit. *J Bone Joint Surg (Am)* 1980; 62-A:1232-51.
2. Hadley NA, Brown TD, Weinstein SL. The effects of contact pressure elevations and aseptic necrosis on the long-term outcome of congenital hip dislocation. *J Orthop Res* 1990; 8:504-13.
3. Stulberg SD, Cooperman DR, Wallensten R. The natural history of legg-calvé-perthes disease. *J Bone Joint Surg (Am)* 1981; 63-A:1095-108.

4. Laplaza FJ, Root L, Tassanawipas A, Glasser DB. Femoral torsion and neck-shaft angles in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1993; 13:192-9.
5. Renshaw TS, Deluca PA. Cerebral palsy. En: Morrissy RT, Weinstein SL (eds.). *Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. p. 551-603.
6. Sarban S, Ozturk A, Tabur H, Isikan UE. Anteversion of the acetabulum and femoral neck in early walking age patients with developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop Part-B* 2005; 14:410-4.
7. Sugano N, Noble PC, Kameric E, Salama JK, Ochi T, Tullos HS. The morphology of the femur in developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg (Br)* 1998; 80-B:711-9.
8. Herring JA, Kim HT, Browne R. Legg-Calve-Perthes disease. Part II: Prospective multicenter study of the effect of treatment on outcome. *J Bone Joint Surg (Am)* 2004; 86-A:2121-34.
9. Grzegorzewski A, Synder M, Koztowski P, Szymczak W, Bowen RJ. The role of the acetabulum in perthes disease. *J Pediatr Orthop* 2006; 26:316-21.
10. Arriola F, Forriol F, Cañadell J. Histomorphometric study of growth plate subjected to different mechanical conditions (compression, tension and neutralization): An experimental study in lambs. *Mechanical growth plate behavior. J Pediatr Orthop Part B* 2001; 10:334-8.
11. Nafei A, Danielsen CC, Linde F, Hvid I. Properties of growing trabecular ovine bone. Part I: Mechanical and physical properties. *J Bone Joint Surg (Br)* 2000; 82:910-20.
12. Rab GT. Containment of the hip: A theoretical comparison of osteotomies. *Clin Orthop Relat Res* 1981; 154:191-6.
13. Sankar WN, Neuburger CO, Moseley CF. Femoral head sphericity in untreated developmental dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop* 2010; 30:558-61.
14. Moraleda L, Esparza R, Forriol F, Albiñana J. Selective posterior epiphysiodesis of the trirradiate cartilage for treatment of residual acetabular dysplasia. *Annual Meeting of the Pediatric Orthopaedic Society of North America (POSNA)*. Montreal 2011, May 12.
15. Kim HT, Wenger DR. «Functional retroversion» of the femoral head in legg-calvé-perthes disease and epiphyseal dysplasia: Analysis of head-neck deformity and its effect on limb position using three-dimensional computed tomography. *J Pediatr Orthop* 1997; 17:240-6.
16. Harrison TJ. The influence of the femoral head on pelvic growth and acetabular form in the rat. *J Anat* 1961; 95:12-24.
17. Arkin AM, Katz JF. The effects of pressure on epiphyseal growth; the mechanism of plasticity of growing bone. *J Bone Joint Surg (Am)* 1956; 38-A:1056-76.
18. Blockley NJ. Derotation osteotomy in the management of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg (Br)* 1984; 66-B:485-90.

Conflicto de intereses

Los autores hemos recibido ayuda económica de FUNDACIÓN MAPFRE para la realización de este trabajo. No hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial o de FUNDACIÓN MAPFRE.