



Trabajo original

Factores asociados a la remodelación ósea en pacientes con deslizamiento epifisario de la cabeza femoral

Factors related with bone remodeling of slipped capital femoral epiphysis

Dr. Juan Carlos Bustamante Salgado,* Dr. Silvestre Fuentes Figueroa†

Hospital Shriners para Niños México.

* Médico Residente de Alta Especialidad en Ortopedia Pediátrica. Hospital Shriners para Niños México.

† Médico adscrito. Hospital Shriners para Niños México.

RESUMEN

Introducción: el deslizamiento epifisario de la cabeza femoral (DECF) es una afección común en pacientes pediátricos que puede llevar a complicaciones graves si no se trata adecuadamente. La remodelación ósea es crucial para la recuperación exitosa, pero los factores que contribuyen a la remodelación completa (ej., ángulo alfa por radiografía) no están completamente claros. **Objetivos:** investigar los factores que contribuyen a la remodelación fallida en pacientes con DECF y describir la capacidad diagnóstica del ángulo alfa para predecir remodelación completa. **Material y métodos:** se incluyeron 83 pacientes con DECF. Se evaluaron parámetros como la edad, la lateralidad, el estado nutricional, la clasificación de Lodder y el ángulo de Southwick. Se realizaron comparaciones entre grupos para identificar factores asociados con la remodelación completa. **Resultados:** se encontró una remodelación completa en 43 pacientes (51.8%). La presencia de cartilago trirradiado abierto y un menor ángulo alfa prequirúrgico se asociaron significativamente con la remodelación completa ($p < 0.05$). Un valor de corte del ángulo alfa de 87° mostró una AUC de 0.712 (IC 95% 0.6-0.82), sensibilidad de 72.5% y especificidad de 62.8% para predecir una remodelación completa. **Conclusión:** este estudio identifica la presencia de cartilago trirradiado abierto y un menor ángulo alfa como factores importantes en la remodelación completa en pacientes con DECF. Estos hallazgos pueden guiar la toma de decisiones clínicas y enfatizan la necesidad de una evaluación cuidadosa en el tratamiento de DECF.

Palabras clave: deslizamiento epifisario de la cabeza femoral, fijación *in situ*, remodelación ósea.

Nivel de evidencia: III

ABSTRACT

Introduction: slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is a common condition in pediatric patients that can lead to severe complications if not properly treated. Bone remodeling is crucial for successful recovery, but the factors contributing to complete remodeling (e.g., alpha angle on radiography) are not fully understood. **Objectives:** to investigate the factors contributing to failed remodeling in patients with SCFE and to describe the diagnostic capability of the alpha angle to predict complete remodeling. **Material and methods:** 83 patients with SCFE were included. Parameters such as age, laterality, nutritional status, Lodder's classification, and the Southwick angle were evaluated. Comparisons between groups were made to identify factors associated with complete remodeling. **Results:** complete remodeling was found in 43 patients (51.8%). The presence of an open triradiate cartilage and a lower pre-surgical alpha angle were significantly associated with complete remodeling ($p < 0.05$). A cut-off value of the alpha angle of 87° showed an AUC of 0.712 (95% CI 0.6-0.82), a sensitivity of 72.5%, and a specificity of 62.8% for predicting complete remodeling. **Conclusion:** this study identifies the presence of an open triradiate cartilage and a lower alpha angle as important factors in complete remodeling in patients with SCFE. These findings can guide clinical decision-making and emphasize the need for careful evaluation in the treatment of SCFE.

Keywords: slipped capital femoral epiphysis, *in situ* pinning, bone remodeling.

Evidence level: III

Recibido: 18/02/2022. Aceptado: 23/09/2023.

Correspondencia: Dr. Silvestre Fuentes Figueroa

E-mail: fuentessilvestre@gmail.com

Citar como: Bustamante SJC, Fuentes FS. Factores asociados a la remodelación ósea en pacientes con deslizamiento epifisario de la cabeza femoral. Rev Mex Ortop Pediat. 2023; 25(1-3); 11-16. <https://dx.doi.org/10.35366/113214>



INTRODUCCIÓN

El deslizamiento epifisario de la cabeza femoral (DECF) es un trastorno relevante de la cadera en adolescentes, donde la epífisis de la cabeza femoral se desliza sobre el cuello y la metáfisis al superar las fuerzas de resistencia de la fisis de crecimiento. Esta patología, común entre los nueve y 16 años, puede llevar a complicaciones graves si no se aborda correctamente, y muestra diferencias en incidencia entre grupos étnicos y géneros.¹⁻⁵

A pesar del consenso en tratar el DECF quirúrgicamente, existen discrepancias sobre las técnicas más adecuadas, especialmente en deslizamientos inestables. Para los deslizamientos crónicos y estables, la fijación *in situ* con un solo tornillo canulado se considera la norma, presentando una baja tasa de complicaciones.^{3,4,6-9}

Sin embargo, el DECF tratado quirúrgicamente aún puede evolucionar a condiciones más graves como el pinzamiento femoroacetabular y la osteoartritis temprana de cadera.^{2,10,11} A pesar de los buenos resultados con la fijación *in situ*, algunos pacientes no logran remodelación completa; los factores que influyen en este resultado no están claros. La clasificación de Jones (A y B son remodelados completos) y la medición del ángulo alfa (*Figura 1*) son herramientas útiles en este contexto, pero sus valores normales y aplicaciones son objeto de debate.¹²⁻¹⁵

En este complejo panorama, nuestro estudio propone determinar los factores asociados a una remodelación completa del cuello y la cabeza femoral tras la fijación *in situ* con un solo tornillo canulado en pacientes con DECF.

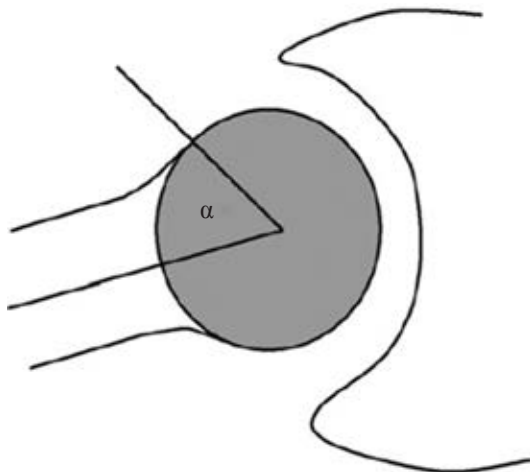


Figura 1: Representación de la medición del ángulo de Notzli o ángulo alfa. En una proyección de Lauenstein, se mide el ángulo formado entre la línea del eje del cuello femoral y el punto donde la unión del cuello y la cabeza femoral deja de tener una forma circular, característica de la cabeza femoral.¹⁴

Además, evaluaremos la capacidad del ángulo alfa para predecir remodelamiento completo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Generalidades del estudio. Se llevó a cabo una investigación descriptiva y retrospectiva de tipo casos y controles, abarcando un periodo desde enero de 2010 hasta diciembre de 2020. La muestra, seleccionada de manera no probabilística, consistió en pacientes pediátricos diagnosticados con DECF, tratados mediante un entornillamiento *in situ* de la cadera con un solo tornillo canulado. Se procedió a la recolección de antecedentes, seguimiento clínico y evaluación radiográfica hasta la última consulta.

Criterios de selección. Se incluyeron pacientes pediátricos con diagnóstico de DECF que fueron tratados con entornillamiento *in situ* de la cadera con un solo tornillo canulado. Se excluyeron los casos de epifisiolisis femoral proximal bilateral, pacientes que necesitaron una segunda intervención, aquellos a quienes se les aplicó una fijación *in situ* profiláctica en la cadera contralateral, y los que experimentaron complicaciones como necrosis avascular y condrolisis de la cabeza femoral.

Estudios radiográficos y grupos de remodelación. Se efectuaron evaluaciones radiográficas en proyecciones anteroposterior y proyección radiográfica de Lauenstein en dos momentos distintos: en la fase prequirúrgica (*Figura 2*) y en una etapa en la que se evidenció el cierre fisiario femoral proximal con madurez esquelética (*Figura 3*), definiéndola según el grado IV de osificación de la cresta iliaca de acuerdo con Risser.¹⁶ Las radiografías prequirúrgicas se emplearon para medir el ángulo de Southwick y clasificar a los pacientes según las clasificaciones de Southwick, Lodder y temporal.¹⁷ También se registró la presencia del cartílago trirradiado del acetábulo y se midieron el ángulo cervicodifisario y el ángulo alfa en las radiografías al momento de la madurez esquelética.

Los pacientes se dividieron en dos grupos: 1) Remodelación completa (casos): pacientes clasificados como grados A o B de Jones en el momento del cierre fisiario femoral proximal y madurez esquelética, y sin dolor al caminar. 2) Falla en la remodelación (controles): pacientes clasificados como grado C de Jones o con marcha dolorosa en el mismo momento.

Análisis estadístico. Realizamos prueba de Shapiro-Wilk para explorar la distribución de las variables continuas. Usamos media (desviación estándar) para describir las variables continuas normales. Empleamos frecuencia y porcentaje para describir las variables categóricas.

Se realizó una comparación entre los dos grupos mediante χ^2 (variables categóricas) y t de Student en el caso de variables numéricas normales. También calculamos OR e intervalos de confianza de 95% (IC 95%) entre múl-



Figura 2: Proyecciones radiográficas anteroposterior y de Lauenstein prequirúrgicas, empleadas para las mediciones de los pacientes en estudio. Fuente: Archivo radiográfico del Hospital Shriners para Niños, México.

tiples factores y la presencia de remodelación completa. Adicionalmente, creamos una curva ROC entre el puntaje alfa y la presencia de remodelación completa. Usamos el índice de Youden para calcular el valor de corte de ángulo alfa con mayor sensibilidad y especificidad para detectar remodelación completa, para determinar un punto de corte en la medición del ángulo alfa prequirúrgico, desde el cual un paciente podría presentar un alto riesgo de falla en la remodelación al alcanzar la madurez esquelética.

Se consideró un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo. Todos los datos fueron registrados y analizados en la base de datos del programa IBM SPSS Statistics® versión 23.

Consideraciones éticas. Por ser un estudio de naturaleza retrospectiva, el comité de ética local dio su aprobación para realizar el estudio sin previa aplicación de consentimiento informado.

RESULTADOS

Incluimos un total de 83 pacientes, de los cuales 43 (51.8%) tuvieron remodelación completa. La proporción

de hombres, lateralidad, estado nutricional, clasificación de Lodder, y proporción de crónica fue similar entre el grupo que logró remodelación completa y el que falló en hacerlo ($p > 0.05$) (Tabla 1). La media de edad fue menor (12.4 vs 13.3 años), al igual que el ángulo de Southwick (54.5° vs 67.7°), su clasificación en severidad (severa 53.5 vs 85%), y ángulo alfa prequirúrgico (79.9° vs 93.8°) y al momento de la madurez esquelética (61.4° vs 89.2°) ($p < 0.05$) (Tabla 1). Por otro lado, no encontramos diferencias significativas entre el ángulo cervicodiafisario prequirúrgico y al momento de la madurez esquelética ($p > 0.05$). Los pacientes con remodelación completa tuvieron una proporción de dolor mayor respecto al grupo que no logró la remodelación ($p = 0.004$). También, los pacientes con remodelación completa tuvieron mayor proporción de cartílago trirrariado (44.2 vs 15%, $p = 0.004$) (Tabla 1).

En el análisis de asociaciones, sexo masculino, presencia de obesidad, enfermedad de tipo crónica, ángulo cervical diafisario prequirúrgico, en ángulo alfa quirúrgico y el ángulo alfa postquirúrgico no se asociaron a remodelación completa ($p > 0.05$) (Tabla 2). Por otro lado, la presencia de cartílago trirrariado (OR = 4.5), el aumento en el ángulo de Klein (OR = 3.7), así como presencia de dolor (OR = 0.09), disminución del ángulo de Southwick (OR = 0.21), menor ángulo alfa



Figura 3: Proyecciones radiográficas anteroposterior y de Lauenstein tomadas al alcanzar la madurez esquelética. En estas imágenes se observa el cierre de la fisis proximal del fémur, la fusión del cartílago trirrariado del acetábulo, así como una osificación de grado IV de la cresta iliaca, de acuerdo con la clasificación de Risser. Fuente: Archivo radiográfico del Hospital Shriners para Niños, México.

Tabla 1: Comparación entre el grupo con remodelación completa y el grupo de falla en la remodelación.

	Remodelación completa N = 43 (51.8%) n (%)	Falla en la remodelación N = 40 (48.2%) n (%)	p
Edad (años)*	12.41 ± 1.69	13.26 ± 1.38	0.015
Sexo			0.8
Masculino	29 (67.4)	26 (65.0)	
Femenino	14 (32.6)	14 (35.0)	
Lado intervenido			0.24
Derecho	17 (39.5)	11 (27.5)	
Izquierdo	26 (60.6)	29 (72.5)	
Estado nutricional			0.41
Bajo peso	2 (4.7)	2 (4.7)	
Peso normal	15 (34.9)	9 (22.5)	
Sobrepeso	16 (37.2)	22 (55.0)	
Obesidad	10 (23.3)	7 (17.5)	
Clasificación de Lodder			0.48
Estable	35 (81.4)	30 (75.0)	
Inestable	8 (18.6)	10 (25.0)	
Clasificación temporal			0.43
Aguda	0	1 (2.5)	
Crónica	36 (83.7)	30 (75.0)	
Crónica agudizada	7 (16.3)	9 (22.5)	
Ángulo Southwick*	54.53 ± 17.22	67.73 ± 15.51	0.001
Clasificación de Southwick			0.002
Moderada 30°-50°	20 (46.5)	6 (15.0)	
Severa > 50°	23 (53.5)	34 (85.0)	
Dolor	8 (20.0)	1 (2.3)	0.01
Presencia de cartílago trirradiado	19 (44.2)	6 (15.0)	0.004
Ángulo cervicodifisario prequirúrgico*	137.41 ± 10.80	134.9 ± 8.68	0.24
Ángulo cervicodifisario a la madurez esquelética*	133.74 ± 9.41	132.38 ± 9.07	0.5
Ángulo alfa prequirúrgico*	79.86 ± 18.35	93.83 ± 18.02	0.001
Ángulo alfa a la madurez esquelética*	61.4 ± 11.05	89.18 ± 17.42	0.0001

* Valores expresados en media ± desviación estándar.

final (OR=0.31), y ángulo alfa mayor a 87° (OR = 0.22) se asociaron a la presencia de remodelación completa (p < 0.05) (Tabla 2).

En el análisis de curva ROC, un valor de corte del ángulo alfa de 87° presentó el mayor índice de Youden de la muestra. Con ese valor de corte, el ángulo alfa tiene una ABC de 0.712 (IC 95% 0.6-0.82), sensibilidad de 72.5% y especificidad de 62.8 % (Figura 4).

DISCUSIÓN

El estudio revela la importancia de la medición precisa del ángulo alfa en el DECF, utilizando un punto de corte prequirúrgico de 87 grados o menos como indicador para una remodelación ósea adecuada en la madurez esquelética. La aplicación de este criterio, con sensibilidad de 72.5% y especificidad de 62.8%, contribuye a una mejor comprensión y manejo del DECF, optimizando el tratamiento quirúrgico mediante entornillamiento *in situ* y un

solo tornillo canulado, y permitiendo anticipar posibles complicaciones y el potencial de recuperación completa en pacientes pediátricos.

Entre los factores críticos que contribuyeron a una remodelación completa en pacientes con DECF, se identificaron aquellos relacionados con la edad del paciente y la madurez esquelética; en particular, la presencia del cartílago trirradiado abierto al momento de la cirugía. Este hallazgo, que sugiere una mayor probabilidad de remodelación en pacientes con cartílago trirradiado abierto, coincide con lo reportado por Akiyama.¹² En cambio, contrasta con el estudio realizado por Jones, que no encontró diferencias significativas en la edad, aunque sí identificó el cartílago trirradiado abierto como un factor positivo para la remodelación.^{1,12}

La utilidad del ángulo alfa en la evaluación de la remodelación ósea también se evidenció en este estudio. El grupo con remodelación completa mostró una mejora significativa en el ángulo alfa mientras que el grupo con

falla en la remodelación presentó una mejora mínima. Este resultado se alinea con lo encontrado por Dawes y colaboradores, que reportaron una reducción significativa del ángulo alfa en el postoperatorio,¹⁴ así como con el estudio de Akiyama, donde el ángulo alfa mejoró significativamente hasta la madurez esquelética.¹²

Lo que es notable en este estudio es cómo los resultados resaltan la importancia de ciertos parámetros clínicos y radiográficos, incluyendo la madurez esquelética y el ángulo alfa, que parecen tener un impacto en la remodelación completa. Estos hallazgos, junto con los de otros estudios similares, pueden tener implicancias clínicas en la elección de tratamientos y en la monitorización de los resultados en pacientes con DECF.

Los hallazgos sobre el ángulo alfa en particular parecen resonar con los estudios de Boyle y colaboradores y de Chan y asociados, que también enfatizaron el papel del ángulo alfa en el diagnóstico y tratamiento del DECF.¹⁸⁻²⁰

Limitaciones y estudios futuros. Nuestro estudio presenta varias limitaciones que deben ser reconocidas. Primero, las mediciones fueron realizadas por un solo investigador, lo cual puede generar un sesgo en los resultados y afectar la consistencia y precisión de las mediciones. La inclusión de múltiples observadores podría haber aumentado la validez y confiabilidad de las mediciones. Además, la muestra de pacientes se limitó a casos con evolución crónica y crónica agudizada, así como desplazamientos mayormente leves a moderados. Esta selección puede limitar la aplicabilidad de los resultados a una población más amplia y diversa, y podría tener repercusiones en la extrapolación de los hallazgos a diferentes contextos clínicos y demográficos. Además, el dolor y la limitación en la rotación externa de la cadera pueden dificultar la obtención de una proyección adecuada, alterando la

Tabla 2: Factores asociados a remodelación.

Factor	OR	IC 95%
Género (hombre)	0.9	0.36-2.2
Cartilago trirradiado (presencia)	4.5	1.6-12.9
Presencia de dolor	0.09	0.01-0.8
Obesidad	0.58	0.23-1.5
Cronicidad	2.1	1.7-2.6
Southwick* (°)	0.21	0.07-0.68
Ángulo cervical diafisario prequirúrgico* (°)	2.1	0.65-6.8
Ángulo de Klein* (°)	3.7	1.2-11.6
Ángulo alfa quirúrgico* (°)	0.33	0.11-0.99
Ángulo alfa postquirúrgico* (°)	0.79	0.28-2.2
Ángulo alfa final* (°)	0.31	0.22-0.45
Ángulo alfa > 87°	0.22	0.08-0.56

* Todos los ángulos se dicotomizaron con base en el percentil 75.

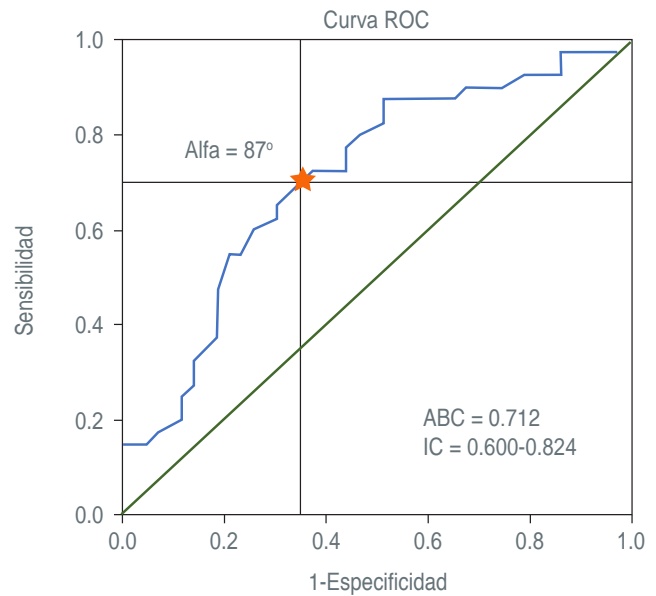


Figura 4: Análisis de la curva ROC (Receiver Operating Characteristic). Se estableció el punto de corte del ángulo alfa prequirúrgico en 87 grados o menos, como criterio para que el paciente presente una adecuada remodelación ósea al alcanzar la madurez esquelética. Este punto de corte proporciona sensibilidad de 72.5% y especificidad de 62.8%.

alineación y orientación de las estructuras anatómicas en la imagen.

CONCLUSIÓN

Nuestra investigación revela una asociación significativa entre la edad al momento de la cirugía y la capacidad de remodelación ósea en pacientes con DECF. Los hallazgos sugieren que una menor edad en el momento de la intervención, junto con la presencia de cartilago trirradiado del acetábulo, aumenta la probabilidad de una remodelación exitosa de la cabeza y el cuello femoral. Además, hemos identificado que el ángulo alfa prequirúrgico es una medición radiográfica valiosa para prever el riesgo de fallo en la remodelación en aquellos pacientes a los que se les realiza una fijación *in situ* de la cadera. Proponemos un punto de corte para el ángulo alfa de 87 grados, que demostró tener una sensibilidad de 72.5% y una especificidad de 62.8%. Esta métrica puede servir como una herramienta útil para la evaluación prequirúrgica y la toma de decisiones clínicas en el manejo de esta patología.

REFERENCIAS

1. Alshryda S, Howard JJ, Huntley JS, Schoenecker JG. The pediatric and adolescent hip: essentials and evidence. Berlin: Springer; 2019.
2. Mathew SE, Larson AN. Natural history of slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop.* 2019; 39(Issue 6, Supplement 1 Suppl 1): S23-S27.

3. Sucato DJ. Approach to the hip for SCFE: the North American perspective. *J Pediatr Orthop*. 2018; 38 Suppl 1: S5-S12.
4. Wright J, Ramachandran M. Slipped capital femoral epiphysis: the european perspective. *J Pediatr Orthop*. 2018; 38 Suppl 1: S1-S4.
5. Lehmann CL, Arons RR, Loder RT, Vitale MG. The epidemiology of slipped capital femoral epiphysis: an update. *J Pediatr Orthop*. 2006; 26(3): 286-290.
6. Alshryda S, Tsang K, Chytas A, Chaudhry M, Sacchi K, Ahmad M et al. Evidence based treatment for unstable slipped upper femoral epiphysis: Systematic review and exploratory patient level analysis. *Surgeon*. 2018; 16(1): 46-54.
7. Naseem H, Chatterji S, Tsang K, Hakimi M, Chytas A, Alshryda S. Treatment of stable slipped capital femoral epiphysis: systematic review and exploratory patient level analysis. *J Orthop Traumatol*. 2017; 18(4): 379-394.
8. Loder RT, Dietz FR. What is the best evidence for the treatment of slipped capital femoral epiphysis? *J Pediatr Orthop*. 2012; 32 Suppl 2: S158-S165.
9. Helgesson L, Johansson PK, Aurell Y, Tiderius CJ, Karrholm J, Riad J. Early osteoarthritis after slipped capital femoral epiphysis. *Acta Orthop*. 2018; 89(2): 222-228.
10. Samelis PV, Papagrigorakis E. Slipped capital femoral epiphysis: Surgical techniques, complications, special topics. *Acta Orthop Traumatol Hellen*. 2018; 69: 29-51.
11. Falciglia F, Aulisa AG, Giordano M, Guzzanti V. Fixation in slipped capital femoral epiphysis avoiding femoral-acetabular impingement. *J Orthop Surg Res*. 2017; 12(1): 163.
12. Akiyama M, Nakashima Y, Kitano T, Nakamura T, Takamura K, Kohno Y, et al. Remodelling of femoral head-neck junction in slipped capital femoral epiphysis: a multicentre study. *Int Orthop*. 2013; 37(12): 2331-2336.
13. Jones JR, Paterson DC, Hillier TM, Foster BK. Remodelling after pinning for slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1990; 72(4): 568-573.
14. Dawes B, Jaremko JL, Balakumar J. Radiographic assessment of bone remodelling in slipped upper femoral epiphyses using Klein's line and the α angle of femoral-acetabular impingement: a retrospective review. *J Pediatr Orthop*. 2011; 31(2): 153-158.
15. Ulici A, Carp M, Tevanov I, Nahoi CA, Sterian AG, Cosma D. Outcome of pinning in patients with slipped capital femoral epiphysis: risk factors associated with avascular necrosis, chondrolysis, and femoral impingement. *J Int Med Res*. 2018; 46(6): 2120-2127.
16. Hacquebord JH, Leopold SS. In brief: the Risser classification: a classic tool for the clinician treating adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 470(8): 2335-2338.
17. Jones CE, Cooper AP, Doucette J, Buchan LL, Wilson DR, Mulpuri K et al. Southwick angle measurements and SCFE slip severity classifications are affected by frog-lateral positioning. *Skeletal Radiol*. 2018; 47(1): 79-84.
18. Boyle MJ, Lirola JF, Hogue GD, Yen YM, Millis MB, Kim YJ. The alpha angle as a predictor of contralateral slipped capital femoral epiphysis. *J Child Orthop*. 2016; 10(3): 201-207. doi: 10.1007/s11832-016-0732-x.
19. Chan CX, Yang YO, Cheng GHM, Gera SK, Mohammad ABZ. Alpha angle as a predictor of impending contralateral slipped capital femoral epiphysis in an Asian population. *Clin Orthop Surg*. 2019; 11(4): 466-473. doi: 10.4055/cios.2019.11.4.466.
20. Samelis PV, Papagrigorakis E, Konstantinou AL, Lalos H, Koulouvaris P. Factors affecting outcomes of slipped capital femoral epiphysis. *Cureus*. 2020; 12(2): e6883. doi: 10.7759/cureus.6883.