

УДК: 611.061.1

HTTPS://DOI.ORG/10.37647/0132-2486-2022-113-2-68-73

Методика вивчення зони контакту головки стегнової кістки з кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща

Філіпчук В.В.¹, Суворов В.Л.¹✉, Мельник М.В.¹, Зябловський Є.В.²

Резюме. Актуальність. Певна патологія кульшового суглоба у дітей характеризується дефіцитом перекриття головки стегнової кістки (ГСК) кульшовою западиною, що зумовлює зменшення зони контакту між ними. Для достатнього коригування деформацій кульшової западини дитячий ортопед має визначити, в якому саме напрямку є дефіцит зони контакту між ГСК і кульшовою западиною, та вміти оцінювати його рівень. **Мета.** Створення алгоритму вивчення зони контакту ГСК із кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща. **Матеріали і методи.** Було відібрано КТ-дослідження кульшового суглоба дитини чоловічої статі віком 6 років без патології кульшових суглобів. На основі КТ-сканів було створено цифрову модель таза. За допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення було проведено оцінку зони контакту ГСК із кульшовою западиною непрямим методом. **Результати.** Було розроблено алгоритм вивчення зони контакту ГСК із кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща. За допомогою створеного алгоритму було визначено зону контакту між ГСК та кульшовою западиною з обох сторін у дитини чоловічої статі віком 6 років. **Висновки.** Вивчення зони контакту ГСК із кульшовою западиною в нормі та при різних патологічних станах допоможе дитячим ортопедом краще зрозуміти різну патологію кульшових суглобів у дітей та дозволить покращити передопераційне планування.

Ключові слова: кульшовий суглоб; зона контакту; кульшова западина; Y-подібний хрящ.

Вступ

Різна патологія кульшових суглобів (дисплазія кульшових суглобів, хвороба Лег – Кальве – Пертеса, ДЦП) характеризується патологічними змінами морфології кульшової западини [1-3]. Такі зміни за відсутності своєчасного лікування призводять до виникнення дефіциту перекриття головки стегнової кістки (ГСК) та надалі до появи раннього остеоартрозу кульшового суглоба [4]. Ефективним методом корекції дефіциту перекриття ГСК є проведення різних остеотомій таза (за Salter, Dega, Pemberton), які направлені на зміну форми та орієнтації кульшової западини [5]. Такі остеотомії таза є більш ефективними у пацієнтів молодшого віку, коли відбувається швидкий розвиток вертлюгової западини та є гарний потенціал до відновлення нормальної морфології западини [6-7].

Зона контакту між ГСК та кульшовою западиною відображає перекриття ГСК западиною. Розумін-

ня нормальної та патологічної зони контакту між ГСК та кульшовою западиною допоможе ортопеду коректно оцінити направлення та ступінь дефіциту перекриття ГСК і краще спланувати напрямок реорієнтації кульшової западини під час проведення остеотомії таза.

Існує багато досліджень, присвячених вивченню взаємодії ГСК та кульшової западини у дорослих [8-19], наймолодший пацієнт у цих дослідженнях був віком 8 років [13]. Однак досліджень щодо оцінки взаємодії ГСК та кульшової западини у дітей віком до 6 років немає. Проте саме в перші 6 років життя відбувається найбільш активний розвиток кульшової западини [20], що робить застосування остеотомії таза високоефективним.

Мета роботи – створення алгоритму вивчення зони контакту ГСК із кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща.

Матеріали і методи

Було відібрано КТ-дослідження таза пацієнта 6 років чоловічої статі без патології кульшового су-

✉ Суворов В.Л., vasil_suvorov@ukr.net

¹ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ²Центр радіології, відділення променевої та радіонуклідної діагностики, НДСЛ "Охматдит", м. Київ

глоба з бази даних Національної дитячої спеціалізованої лікарні "Охматдит". Сканування проводилося на апараті "Siemens SOMATOM Definition As, USA", товщина зрізу вибраних КТ-сканів становила 1,5 мм.

КТ-скани були оброблені за допомогою програмного забезпечення Mimics 20.0 (Materialize Inc., Левен, Бельгія), де було виконано автоматичну сегментацію кісток таза та крижової кістки. Цю модель таза було експортовано з програмного забезпечення Mimics у форматі STL (рис. 1).

Далі оцінка цієї моделі таза була проведена за допомогою програмного забезпечення, виготовленого на замовлення (3DPSM) та призначеного для визначення зони контакту між ГСК та кульшовою западиною.

У програмному забезпеченні (3DPSM) зона контакту між ГСК та кульшовою западиною оцінюється непрямим методом [13]. Для цього ГСК представляється у вигляді віртуальної сфери, ця сфера вписується в кульшову западину методом найменших квадратів. Потім виділяється пляма контакту між віртуальною сферою та межами западини. Після цього через центри обох сфер проводиться контрольна референтна лінія. Наприкінці вимірюється кут перетину між центром віртуальної сфери, контрольною лінією та краями кульшової западини. Крок вимірювання кута становить 1° , тому кожна віртуальна сфера має 360 точок контакту з межами кульшової западини (як із кістками таза, так і променями Y-подібного хряща).

Просторове вирівнювання таза за певними анатомічними орієнтирами (як описано іншими авторами [9-10]) не проводилося. Це не є необхідним,

оскільки кістки таза у дітей розділені променями Y-подібного хряща, що дозволяє ідентифікувати кожен тазову кістку в кульшовій западині без будь-яких орієнтирів. Процес оцінки зони контакту між ГСК та кульшовою западиною представлено на рис. 2.

Зона контакту між ГСК та кульшовою западиною оцінювалась у передньому, верхньому та задньому напрямку (П, В, З) відповідно до перекриття ГСК лобковою, клубовою та сідничною кістками. Для більш детальної оцінки зони контакту між ГСК та кульшовою западиною ми пропонуємо розділити верхню і задню ділянки перекриття на верхньопередню, верхньозадню, задньоверхню та задньонижню (В-П, В-З, З-В, З-Н).

Схематичне зображення визначення зони контакту між ГСК та кульшовою западиною у 5 напрямках представлено на рис. 3.

Результати

Створено та описано алгоритм оцінки зони контакту між ГСК та кульшовою западиною непрямим методом у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща.

Було визначено зони контакту між ГСК та кульшовою западиною у 5 ділянках у пацієнта чоловічої статі віком 6 років без патології кульшових суглобів. Графік цифрових величин зон контакту ГСК та кульшової западини показано на рис. 4. Середні значення зон контакту між ГСК та кульшовою западиною у 5 ділянках у цього пацієнта представлено у табл. 1.

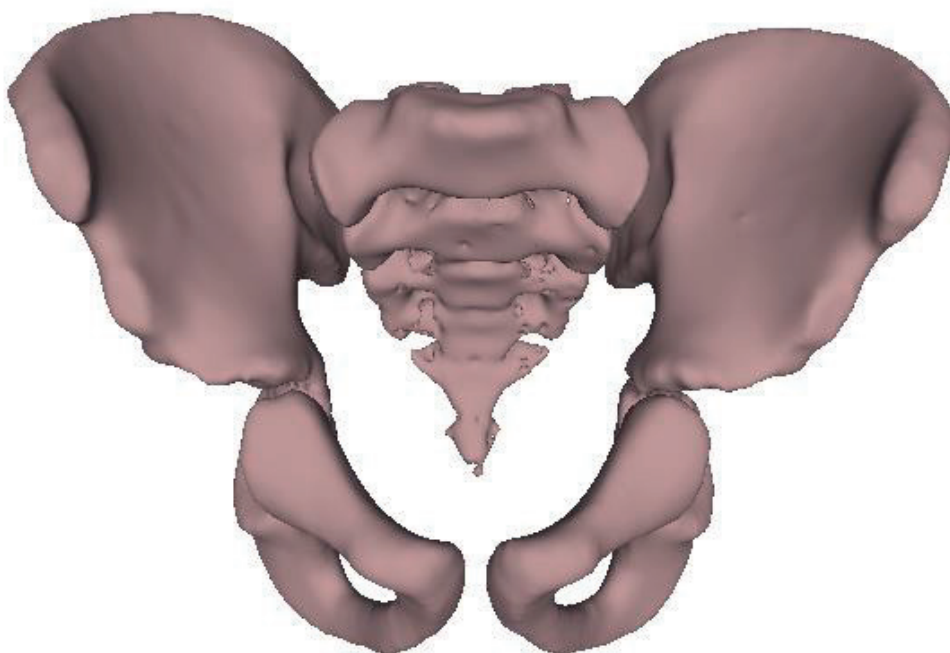


Рис. 1. Модель таза після проведеної сегментації кісток таза

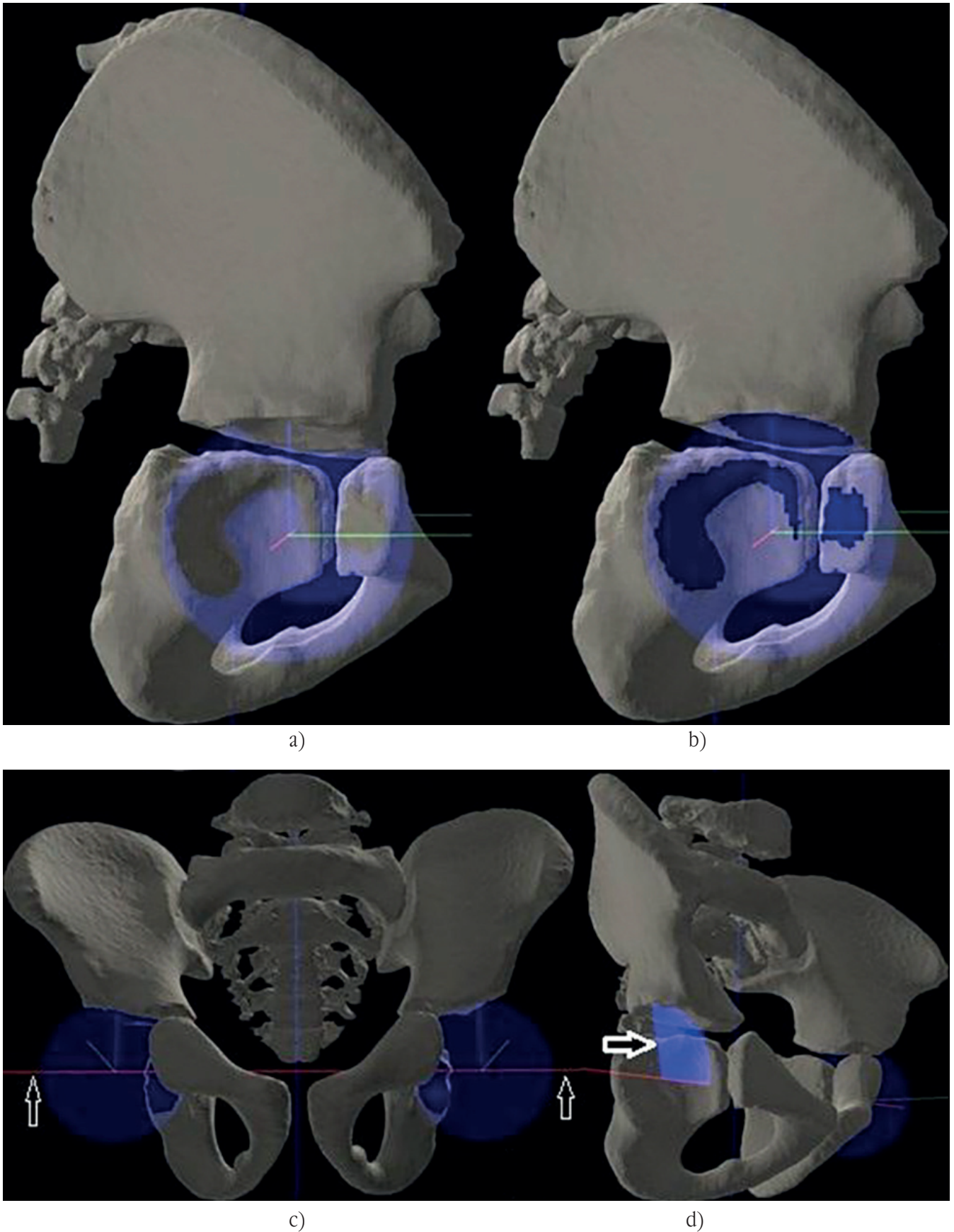


Рис. 2. Процес оцінки зони контакту між ГСК та кульшовою западиною: а) віртуальна сфера, вписана в западину; б) виділення плями контакту між віртуальною сферою та межами кульшової западини; с) референтна лінія (стрілки); д) вимірювання кута перетину між центром віртуальної сфери, контрольною лінією та краями кульшової западини (стрілка)

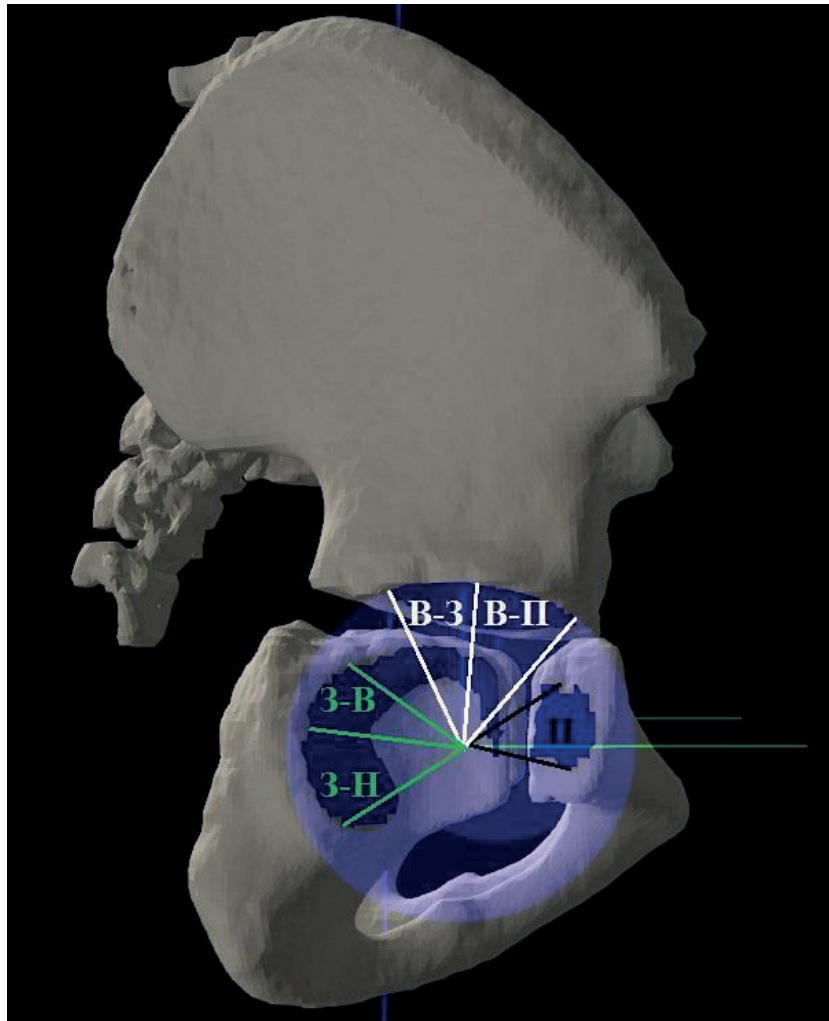


Рис. 3. Схематичне зображення визначення зони контакту між ГСК та кульшовою западиною у 5 напрямках (П, В-П, В-З, З-В, З-Н)

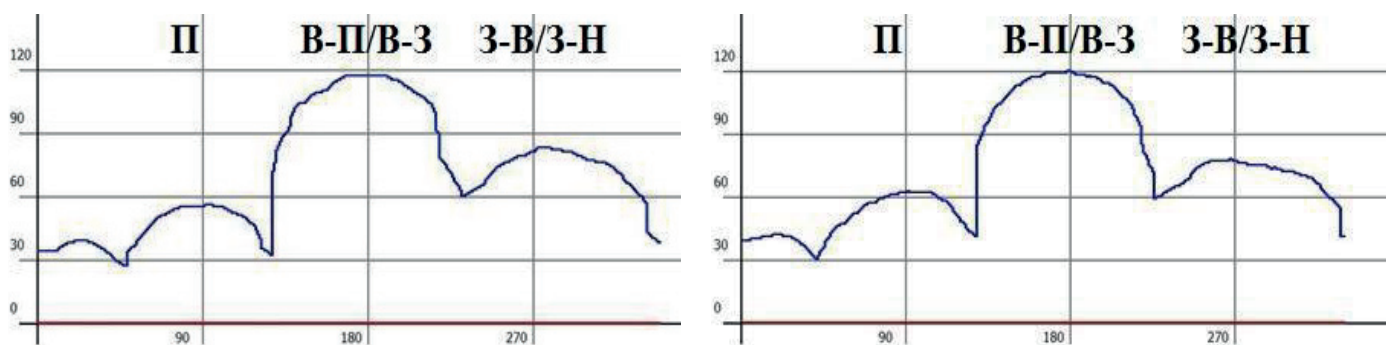


Рис. 4. Графік цифрових величин зон контакту ГСК та кульшової западини зліва (зверху) та справа (знизу)

Таблиця 1

Середні значення зон контакту між ГСК та кульшовою западиною у 5 ділянках з обох сторін

Сторона перекриття	П	В-П	В-З	З-В	З-Н
Зліва	52,8°	106,9°	113,5°	82,3°	79,3°
Справа	54,0°	114,0°	115,2°	74,7°	69,5°

Висновки

Для дитячого ортопеда важливо знати нормальні референтні значення контакту між головкою стегнової кістки (ГСК) та кульшовою западиною. Це дозволяє диференціювати патологічні стани від крайніх варіантів норми. Також ця інформація дає змогу індивідуального планування різноманітних реконструктивних операцій ділянки кульшового суглоба.

Взаємовідношення кульшової западини та ГСК можна оцінити різними методами (рентгенологічне дослідження, КТ, МРТ, трупний матеріал [8, 14-19, 21-22]). Найбільш рутинним методом дослідження є рентгенологічне дослідження, проте цей метод не дає повної інформації щодо 3D-морфології кульшової западини [9]. У цьому дослідженні КТ-сканування використовувалося як метод вибору через гарну візуалізацію кісток таза у просторі.

Описаний у цій статті метод оцінки зони контакту між ГСК та кульшовою западиною дозволяє ортопеду оцінити взаємовідношення ГСК та кульшової западини в нормі, створити референтні значення контакту між ГСК із різними ділянками кульшової западини у дітей обох статей відповідно до їхнього віку. Також за допомогою описаного в статті методу можна оцінити контакт між ГСК та кульшовою западиною при різноманітних патологіях кульшового суглоба, які характеризуються деформацією кульшової западини. Особливістю методу, описаного в цій статті, є те, що враховується наявність відкритого Y-подібного хряща (чого немає у дорослих пацієнтів).

Вивчення зони контакту ГСК із кульшовою западиною в нормі та при різних патологічних станах допоможе дитячим ортопедам краще зрозуміти різноманітну патологію кульшових суглобів у дітей та дозволить покращити передопераційне планування.

Конфлікт інтересів. Ця публікація не викликає будь-якого конфлікту між авторами, не була і не буде предметом комерційної зацікавленості чи винагороди в жодній формі.

References

1. Filipchuk V, Suvorov V. Acetabular Dysplasia: a Modern View of the Problem (Literature Review). *Visnyk Ortopedii Travmatologii Protezuvannia*. 2020 Jun;1 (104), 92-100. DOI: 10.37647/0132-2486-2020-104-1-92-100.
2. Huhnstock S, Svenningsen S, Pripp AH, Terjesen T, Wiig O. The acetabulum in Perthes's disease: a prospective study of 123 children. *J Child Orthop*. 2014 Dec;8(6):457-65. DOI: 10.1007/s11832-014-0617-9. Epub 2014 Nov 20. PMID: 25409924; PMCID: PMC4252266.
3. Aroojis A, Mantri N, Johari AN. Hip Displacement in Cerebral Palsy: The Role of Surveillance. *Indian J Orthop*. 2020 Jun 11;55(1):5-19. DOI: 10.1007/s43465-020-00162-y. PMID: 33569095; PMCID: PMC7851306.

4. Fu Z, Yang JP, Zeng P, Zhang ZL. Surgical implications for residual subluxation after closed reduction for developmental dislocation of the hip: a long-term follow-up. *Orthop Surg*. 2014 Aug;6(3):210-6. DOI: 10.1111/os.12113. PMID: 25179355; PMCID: PMC6583416.
5. Suvorov V, Filipchuk V, Mazevich V, Suvorov L. Simulation of pelvic osteotomies applied for DDH treatment in pediatric patients using piglet models. *Adv Clin Exp Med*. 2021 Oct;30(10):1085-1090. DOI: 10.17219/acem/140548. PMID: 34549556.
6. El-Sayed M, Ahmed T, Fathy S, Zyton H. The effect of Dega acetabuloplasty and Salter innominate osteotomy on acetabular remodeling monitored by the acetabular index in walking DDH patients between 2 and 6 years of age: short- to middle-term follow-up. *J Child Orthop*. 2012 Dec;6(6):471-7. DOI: 10.1007/s11832-012-0451-x. Epub 2012 Nov 28. PMID: 24294309; PMCID: PMC3511692.
7. Filipchuk V, Suvorov V. Pelvic osteotomies for DDH treatment in pediatric patients: assessment of risk factors. *Int J Med Rev Case Rep*. 2021 Jul;5 (7): 66-77. DOI: 10.5455 / IJMRCR.Pelvic-osteotomies-ddh-treatment.
8. Tannenbaum E, Kopydlowski N, Smith M, Bedi A, Sekiya JK. Gender and racial differences in focal and global acetabular version. *J Arthroplasty*. 2014 Feb;29(2):373-6. DOI: 10.1016/j.arth.2013.05.015. Epub 2013 Jun 18. PMID: 23786986; PMCID: PMC4049456.
9. Larson CM, Moreau-Gaudry A, Kelly BT, Byrd JW, Tonetti J, Lavallee S, Chabanas L, Barrier G, Bedi A. Are normal hips being labeled as pathologic? A CT-based method for defining normal acetabular coverage. *Clin Orthop Relat Res*. 2015 Apr;473(4):1247-54. DOI: 10.1007/s11999-014-4055-2. PMID: 25407391; PMCID: PMC4353516.
10. Tannenbaum EP, Zhang P, Maratt JD, Gombera MM, Holcombe SA, Wang SC, Bedi A, Goulet JA. A Computed Tomography Study of Gender Differences in Acetabular Version and Morphology: Implications for Femoroacetabular Impingement. *Arthroscopy*. 2015 Jul;31(7):1247-54. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.02.007. Epub 2015 May 13. PMID: 25979688.
11. Edwards K, Leyland KM, Sanchez-Santos MT, Arden CP, Spector TD, Nelson AE, Jordan JM, Nevitt M, Hunter DJ, Arden NK. Differences between race and sex in measures of hip morphology: a population-based comparative study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2020 Feb;28(2):189-200. DOI: 10.1016/j.joca.2019.10.014. Epub 2019 Dec 13. PMID: 31843571.
12. Hofmann UK, Ipach I, Rondak IC, Syha R, Götze M, Mittag F. Influence of age on parameters for femoroacetabular impingement and hip dysplasia in x-rays. *Acta Orthop Bras*. 2017 Sep-Oct;25(5):197-201. DOI: 10.1590/1413-785220172505173951. PMID: 29081704; PMCID: PMC5608738.
13. Peterson JB, Doan J, Bomar JD, Wenger DR, Pennock AT, Upasani VV. Sex Differences in Cartilage Topography and Orientation of the Developing Acetabulum: Implications for Hip Preservation Surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 2015 Aug;473(8):2489-94. DOI: 10.1007/s11999-014-4109-5. Erratum in: *Clin Orthop Relat Res*. 2015 Aug;473(8):2721. PMID: 25537807; PMCID: PMC4488199.
14. Novais EN, Pan Z, Autruong PT, Meyers ML, Chang FM. Normal Percentile Reference Curves and Correlation of Acetabular Index and Acetabular Depth Ratio in Children. *J Pediatr Orthop*. 2018 Mar;38(3):163-169. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000791. PMID: 27261963.
15. Araujo-Monsalvo B, Trujillo-Satow A, Araujo-Monsalvo VM, Cuevas-Olivo R, Hernández-Simón LM, Domínguez-Hernández VM. Volumetric measurement of the acetabular cavity in patients with unilateral neglected developmental dysplasia of the dislo-

cated hip operated in a single time. *Cir Cir.* 2019;87(5):490-495. English. DOI: 10.24875/CIRU.19000436. PMID: 31448800.

16. Zhao X, Yan YB, Cao PC, Ma YS, Wu ZX, Zhang Y, Zang Y, Jie Q, Lei W. Surgical results of developmental dysplasia of the hip in older children based on using three-dimensional computed tomography. *J Surg Res.* 2014 Jun 15;189(2):268-73. DOI: 10.1016/j.jss.2014.03.003. Epub 2014 Mar 11. PMID: 24703507.

17. Merckaert SR, Pierzchala K, Bregou A, Zambelli PY. Residual hip dysplasia in children: osseous and cartilaginous acetabular angles to guide further treatment—a pilot study. *J Orthop Surg Res.* 2019 Nov 21;14(1):379. DOI: 10.1186/s13018-019-1441-1. PMID: 31752955; PMCID: PMC6868726.

18. Dogan O, Caliskan E, Duran S, Bicimoglu A. Evaluation of cartilage coverage with magnetic resonance imaging in residual dysplasia and its impact on surgical timing. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2019 Sep;53(5):351-355. DOI: 10.1016/j.aott.2019.05.004. Epub 2019 Jul 26. PMID: 31358402; PMCID: PMC6819792.

19. Irie T, Espinoza Orías AA, Irie TY, Nho SJ, Takahashi D, Iwasaki N, Inoue N. Three-dimensional hip joint congruity evalu-

ation of the borderline dysplasia: Zonal-acetabular radius of curvature. *J Orthop Res.* 2020 Oct;38(10):2197-2205. DOI: 10.1002/jor.24631. Epub 2020 Mar 2. PMID: 32073168.

20. Novais EN, Pan Z, Autruong PT, Meyers ML, Chang FM. Normal Percentile Reference Curves and Correlation of Acetabular Index and Acetabular Depth Ratio in Children. *J Pediatr Orthop.* 2018 Mar;38(3):163-169. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000791. PMID: 27261963.

21. Li LY, Zhang LJ, Li QW, Zhao Q, Jia JY, Huang T. Development of the osseous and cartilaginous acetabular index in normal children and those with developmental dysplasia of the hip: a cross-sectional study using MRI. *J Bone Joint Surg Br.* 2012 Dec;94(12):1625-31. DOI: 10.1302/0301-620X.94B12.29958. PMID: 23188902.

22. Li Y, Guo Y, Li M, Zhou Q, Liu Y, Chen W, Li J, Canavese F, Xu H; Multi-center Pediatric Orthopedic Study Group of China. Acetabular index is the best predictor of late residual acetabular dysplasia after closed reduction in developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop.* 2018 Mar;42(3):631-640. DOI: 10.1007/s00264-017-3726-5. Epub 2017 Dec 29. PMID: 29285666.

The Method of Contact Area Assessment between the Femoral Head and Acetabulum in Children that Takes into Account Triradiate Cartilage

Filipchuk V.V.¹, Suvorov V.L.¹, Melnyk M.V.¹, Ziablovskiy Ye.V.²

¹SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

²Center of Radiology, Department of Radiation and Radionuclide Diagnostics, National Specialized Children's Hospital "Obmatdyt", Kyiv

Summary. Relevance. Specific hip joint pathologies in children are characterized by insufficiency of the femoral head (FH) coverage by the acetabulum. This is reflected in the contact area reduction between the FH and acetabulum. In order to correct these acetabular deformities properly, the pediatric orthopedist must know in which direction develops a deficit of contact area between the FH and acetabulum and be able to assess the level of this deficit. **Objective:** to create an algorithm for the contact area assessment between the FH and acetabulum in children taking into account triradiate cartilage. **Materials and Methods.** Pelvic CT scans of a 6-year-old male child without hip joint pathologies were selected. A digital model of the pelvis was created using these CT scans. The pelvic model was transferred to a custom-made software, where the contact area between the FH and acetabulum was assessed in an indirect way. **Results.** The algorithm of the contact area assessment between the FH and acetabulum in children that takes into account triradiate cartilage was developed. Using the abovementioned algorithm, the contact area between the FH and acetabulum from both sides was assessed in a 6-year-old male child. **Conclusions.** Assessment of the normal contact area between the FH and acetabulum and in various pathological conditions in children will help pediatric orthopedists to understand better different hip joint pathologies and improve preoperative planning.

Key words: hip joint; contact area; acetabulum; triradiate cartilage.