

## Кјаријева остеотомија карлице у лечењу диспластичних кукова

Немања Славковић<sup>1,2</sup>, Зоран Вукашиновић<sup>1,2</sup>, Милан Апостоловић<sup>1,2</sup>, Борис Вукомановић<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Медицински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија;

<sup>2</sup>Институт за ортопедско-хируршке болести „Бањица“, Београд, Србија

### КРАТАК САДРЖАЈ

Кјаријева (*Chiari*) остеотомија илијачне кости је хируршка процедура која се скоро шездесет година користи код болесника с недовољном наткровљеношћу главе бутне кости. Најчешће се примењује код млађих особа са диспластичним ацетабулумом у склопу развојног поремећаја кука. Кјаријевом остеотомијом постиже се терапијски ефекат смањивања болности, али се, пре свега, тежи одлагању неизбежних дегенеративних промена. Иако је оригинална хируршка техника у међувремену модификована и побољшана, основна идеја повећања латералне наткровљености главе бутне кости медијализацијом дисталног дела карлице уз уметање зглобне капсуле је остала непромењена. Процент учених компликација је релативно низак с обзиром на сложеност захвата. Кјаријева остеотомија илијачне кости је временом изгубила на актуелности и важности. Њену улогу су у значајној мери преузеле друге, ефикасније и дуговечније хируршке процедуре. Ипак, она и даље има своје место у савременој ортопедској пракси, првенствено као остеотомија „спасавања“.

**Кључне речи:** Кјаријева остеотомија; зглобна инконгруенција; дисплазија кука

### УВОД

Развојни поремећај кука је стање нетрауматски насталих поремећених односа главе бутне кости и ацетабулума које се испољава непосредно по рођењу, током развоја детета или у зрелом животном добу [1]. Опсежним, дуготрајним и детаљним епидемиолошким анализама установљено је да је инциденција овог обољења на светском нивоу приближно пет случајева на хиљаду живорођене деце, док је у нашој средини чак и већа – 2,4% [2]. Више од две трећине болесника се тек у трећој или четвртој декади живота први пут суочава с тегобама које су јасна последица развојног поремећаја кука [3]. Таква дијагноза им у детињству никада није постављена, не због лошег или површног приступа, већ због потпуног изостанка било каквих симптома обољења. Веома сложена патоанатомија развојног поремећаја кука обухвата непотпуну и неодговарајућу развијеност зглобних структура, те драстично измењен однос проксималног крајка натколених кости и ацетабулума. У таквим околностима зглобне површине нису међусобно апсолутно подударне, што поред већ нарушене биомеханике хода доводи до неједнаког преношења механичког притиска и последичног, неравномерног оштећења зглобне хрскавице (Слика 1). Сматра се да је стално оптерећење веће од  $3,5 \text{ kg/cm}^2$  довољно да узрокује неповратно оштећење [3]. На тај начин се стварају предуслови за настанак дегенеративних промена, које се најефикасније лече уградњом тоталне ендопротезе. Код више од 50% особа с развојним поремећајем кука ди-

јагноза дегенеративне болести постављена је пре педесете године [4]. Због тежње да се оваквој популацији, у пуној животној снази и радној активностима, умање постојеће или спрече неизбежне тегобе, али и да се избегну ограничавајући фактори вештачког зглоба, и даље се у свакодневној пракси примењују хируршки поступци којима се реконструишу анатомски односи ацетабулума и главе натколених кости и покушава продужити трајање биолошког кука.

Правилан приступ овом проблему подразумева, пре свега, откривање узрока заступљених симптома. Диспластичан ацетабулум (са додатном дисплазијом натколених кости или без ње) доминантан је проблем за више од 90% болесника код којих се у зрелом животном добу уочавају тегобе које су последица развојног поремећаја кука [4]. Први симптоми су дискретни и манифестују се храмањем након умерене физичке активности уз болну осетљивост која се може изазвати перкусијом у пројекцији великог трохантера. Ове тегобе су последица замора абдукторне мускулатуре, која је, због сублуксираних положаја главе бутне кости, скраћена и преоптерећена. Касније се болесници жале и на препонске болове који настају приликом извођења одређених покрета у зглобу кука, а повлаче се мировањем. Они су директно проузроковани патолошким контактом ацетабуларне ивице и лабрума са главом фемура. На основу оваквих симптома јасно је да је кључ успеха сваке хируршке технике чији је циљ реконструкција нормалних анатомских односа зглоба кука управо повећање наткровљености гла-

### Correspondence to:

Nemanja SLAVKOVIĆ  
Institut za ortopedsko-hirurške  
bolesti „Banjica“  
Mihajla Avramovića 28  
11000 Beograd  
Srbija  
nemaslav@yahoo.com



**Слика 1.** Обострана сублуксација кукова са знацима умерене артросе код 18-годишње девојке

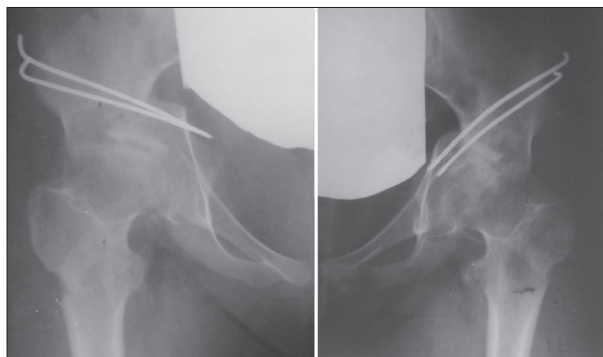
**Figure 1.** Bilateral hip subluxation with moderate arthrosis in an 18-year-old girl

ве бутне кости ацетабулумом. Такав приступ први је применио Роберт Салтер (*Robert Salter*) још педесетих година двадесетог века. Његова хируршка иновација је и данас заступљена у ортопедској клиничкој пракси. Ипак, употребна вредност Салтерове остеотомије је ограничена недовољном корекцијом код одраслих особа (нееластичност пубичне симфизе у постадоlescентском узрасту) и додатном латерализацијом главе бутне кости, што је посебно непожељно код особа с развојним поремећајем кука.

## КЈАРИЈЕВА ОСТЕОТОМИЈА ИЛИЈАЧНЕ КОСТИ

Карл Кјари (*Karl Chiari*) је у Бечу 1952. године први пут применио специфичну хируршку технику остеотомије илијачне кости [5]. У наредне три деценије понављао је потпуно истоветну процедуру, без икаквих промена, више од две хиљаде пута. Основна идеја ове технике је медијализација дисталног фрагмента карлице, самим тим и главе бутне кости, те повећање њене горње латералне наткровљености. Особеност и јединственост Кјаријеве операције је место остеотомије илијачне кости на горњој ивици ацетабулума. На тај начин се између главе бутне кости и проксималног дела остеотомије умеће зглобна капсула, која временом метаплазира у фиброзну хрскавицу, чак и с елементима хијалине хрскавице у близини зглобне пукотине. Овакав хируршки поступак се често назива и „капсуларна артропластика“. Према оригиналној техници, место остеотомије се не фиксира, већ се одржава гипсаном имобилизацијом у положају абдукције кука од око тридесет степени.

Кјаријева метода је технички веома захтевна и подразумева прецизан хируршки рад. Ниво и правац пружања остеотомије су суштински важни за добар исход операције. Случајна артротомија је нарочито погубна непрецизност, пре свега због прилично извесног нарушавања васкуларизације главе бутне кости и последичне аваскуларне некрозе [6, 7]. Таква компликација је веома прогресивна, разарајућа и брзо узрокује изражене дегенеративне промене с интензивним боловима



**Слика 2.** Годину дана касније обострано урађене Кјаријеве остеотомије

**Figure 2.** Bilateral Chiari osteotomies performed one year later

и значајним ограничењем покретљивости кука. Могућности успешног лечења аваскуларне некрозе су веома мале, а посебно отежавајућу околност представља чињеница да настаје, скоро искључиво, хируршким поступком. Најчешће се уочава као компликација лечења акутних и хроничних склизнућа главе бутне кости код адолесцената [7-10]. Сваком интраартикуларном проблему који захтева решавање (најчешће феморо-ацетабуларни *impingement*) најбезбедније је приступити с предње стране кука, уз веома пажљиву реконструкцију зглобне капсуле [11]. Превисока остеотомија илијачне кости је мање лоше хируршко решење од артротомије, али умањује позитиван ефекат који се очекује и не испуњава потпуно потенцијал Кјаријеве оригиналне замисли. На основу тога је јасно да је простор за правилну остеотомију веома сужен и да се налази на горњој ивици зглобне капсуле или непосредно изнад ње. Таква прецизност у раду подразумева велико искуство и дуготрајан процес хируршког учења.

Правац пружања остеотомије је такође веома битан и мора да буде што „паралелнији“ са сферичним обликом главе бутне кости. Употреба савремених дијагностичких поступака и могућност тродимензионалног увида у анатомско-топографске односе зглоба кука отварају нове перспективе Кјаријеве методе. На тај начин је изводљиво одредити оптималан ниво и правац пружања остеотомије за сваког болесника понаособ [12].

Наглашена медијализација зглоба кука током хируршког поступка често може изгледати грубо, али је неопходна за добар исход. Овом манипулацијом треба да се изврши наткровљавање целокупне главе бутне кости, а пожељно је чак и више од тога. Претераном корекцијом покушава се умањење постепеног, али неизбежног, губитка добрих постоперационих радиографских показатеља. Овакав „анти-Кјари“ ефекат је посебно изражен уколико се операција изврши у млађем узрасту, кроз отворену и активну трирадијатну хрскавицу [13]. Уметање аутотрансплантата на место остеотомије једна је од често примењиваних модификација ауторове идеје и њоме се, између осталог, повећава степен наткровљености главе бутне кости.

Временом је Кјаријева оригинална техника модификована и унапређена – употребљава се шири и комфорнији хируршки приступ, инсистира се на линији

остеотомије која је паралелна сферичном облику главе бутне кости, користи се унутрашња фиксација уместо гипсане постоперационе имобилизације уз алтернативно постављање аутотрансплантата на место остеотомије (Слика 2) [12]. Ипак, основна идеја повећања латералне наткровљености главе бутне кости медијализацијом дисталног дела карлице уз уметање зглобне капсуле остала је непромењена. У строго одређеним случајевима Кјаријева операција се допуњује и различитим остеотомијама проксималног фемура.

## ИНДИКАЦИЈЕ И КОНТРАИНДИКАЦИЈЕ

После више од шест стотина оперисаних болесника сам Кјари је и препоручио индикациона подручја овог поступка:

- конгениталне сублуксације кука код болесника старијих од четири године, укључујући и одрасле;
- конгениталне нелечене луксације кука код болесника старијих од четири године одмах након затворене или отворене репозиције;
- диспластични кукови са дегенеративним променама;
- паралитичке дислокације кука узроковане слабошћу мишића или спастицитетом;
- деформитет *coxa magna* после Лег–Калве–Пертесовог (*Legg–Calvé–Perthes*) обољења или постредукционе исхемијске некрозе.

Индикације које је поставио Кјари временом су промењене, делимично због искуствених анализа обављених након дуготрајног постоперационог праћења бројних оперисаних болесника, делимично због изналажења и клиничке примене нових, ефикаснијих техника периацетабуларних остеотомија [14, 15, 16]. Ипак, и даље није постигнута потпуна сагласност око улоге ове процедуре у хируршком лечењу, пре свега развојног поремећаја кука, али и других ортопедских стања која узрокују недовољну наткровљеност главе бутне кости.

Кјаријева остеотомија се у савременој пракси сматра операцијом „спасавања“ [11]. Употребљава се као последњи избор код кукова који су превише инконгруентни за сложену анатомску реконструкцију (најчешће троструком или периацетабуларном остеотомијом), али су у исто време и довољно очуване зглобне хрскавице [6, 13, 17, 18]. Кјаријева остеотомија се превасходно примењује код болесника с недовољно развијеним ацетабулумом као последицом развојног поремећаја кука. Ова метода се једнако успешно примењује у свим преосталим случајевима недовољне наткровљености главе бутне кости (постредукциона исхемијска некроза, *Morbus Perthes*), као и код паралитичке дислокације кука у склопу церебралне парализе [19, 20].

Једина апсолутна контраиндикација за извођење Кјаријевог остеотомије је септични артритис кука. Већина аутора сматра да овај хируршки поступак није добар избор за болеснике код којих је установљена узнапредовала артроза [11, 16, 17, 21]. Опречна мишљења се заснивају на добрим терапијским ефектима

Кјаријевог остеотомије [7, 22] или на чињеници да се њеном технички правилном применом ствара анатомски квалитетан простор, чиме се олакшава накнадна уградња тоталне ендопротезе [6]. Мали обим покрета у зглобу кука (пре свега, флексија мања од деведесет степени и унутрашња и спољашња ротација мања од десет степени) и потпуна непокривеност главе бутне кости релативне су контраиндикације за употребу ове процедуре, пошто се после операције не очекује побољшање клиничког налаза.

Досад нису јасно биле дефинисане старосне границе у којима се препоручује извођење Кјаријевог остеотомије. Извештаји из литературе су веома разнолики и крећу се у распону од две [16] до шездесет и четири године [17]. Иако се не оспорава позитиван ефекат Кјаријевог технике на развој преоперационо диспластичних ацетабулума код млађих особа [19], примена ове остеотомије је далеко сврсисходнија у адолесцентном и постадолесцентном добу [13, 21]. Могућности квалитетне реконструкције анатомских односа зглоба кука су веће у дечјем узрасту, те се тада предност даје сложенијим хируршким захватима већих могућности. Већина аутора сматра да се добри резултати након Кјаријевог остеотомије могу очекивати уколико се она изврши до треће или четврте деценије живота [16, 21, 23]. Осавремењавање ендопротетских система кука и изналажење ефикаснијих начина њиховог везивања за коштану ткиво надаље спуштају ову старосну границу [24, 25].

## ОЧЕКИВАНИ ЕФЕКТИ И КОМПЛИКАЦИЈЕ

Технички исправно примењеном процедуром повећава се обим абдукције кука, иако се мишићна снага абдуктора клинички не реституише потпуно. Оперисани екстремитет је у најбољем случају непромењене дужине као и пре операције, док се код већине болесника после хируршког лечења уочава и његово скраћење [13]. Тренделенбургов знак остаје позитиван, док се гегање приликом ходања чак и наглашава. Покушаји решавања овога проблема додатним спуштањем великог трохантера и последичним затезањем абдукторне мускулатуре нису довели до очекивано доброг резултата. Због тога је веома битно начинити правилну преоперациону процену стања супротност, неоперисаног кука, како се добар ефекат Кјаријевог остеотомије не би поништио естетски ружним и тешко прихватљивим ходом. Хистолошком анализом је утврђено да додатно наткровљавање главе бутне кости смањује притисак који она трпи у новоформираном зглобу, што одлаже време појаве значајних дегенеративних промена и смањује бол код болесника с тегобама [11].

Уз правилно постављену индикацију и технички квалитетно извођење, Кјаријева остеотомија може да произведе повољан ефекат у наредних двадесетак година [7, 11, 18]. Болесници с лошим резултатима после операције могу такође имати користи од ове процедуре, јер се њоме формира боље ацетабуларно



**Слика 3.** Значајна артроза оба кука петнаест година након Кјаријевих остеотомија

**Figure 3.** Severe arthrosis of both hips fifteen years after Chiari osteotomies were performed

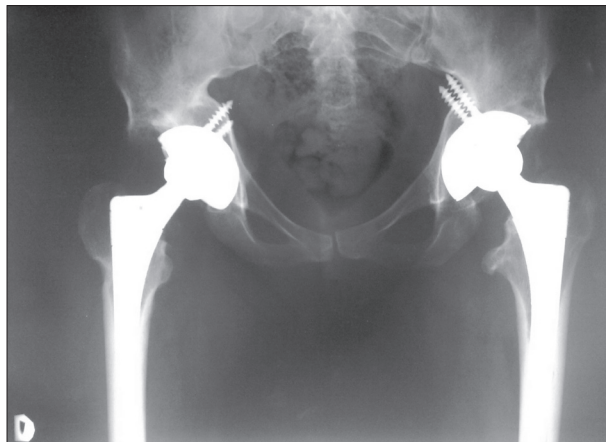
лежиште [6, 26]. Иако је установљено да се Кјаријевом остеотомијом не угрожава накнадна уградња тоталне ендопротезе кука будуће, можда и коначне, хируршке интервенције треба изводити посебно пажљиво [27].

Обострано извршена остеотомија илијачне кости методом по Кјарију донекле смањује карличне пречнике и на тај начин отежава или чак онемогућава порођај природним путем [7, 13].

Свака хируршка интервенција је повезана с одређеним компликацијама, међу којима је инфекција хирушког поља свакако једна од најчешћих и најтежих. Специфичности Кјаријеве технике условљавају и постојање посебних, типичних постоперационих проблема. Издвајају се аваскуларна некроза главе бутне кости због случајног нарушавања зглобног простора, те незарастање места остеотомије. Псеудоартроза илијачне кости се може успешно спречити уметањем ауто-трансплантата, чиме се повећава контактна површина спонгиозне кости. Ипак, треба напоменути да укупан број компликација након Кјаријеве остеотомије није велики и да не прелази 5% оперисаних кукова [16].

## ЗАКЉУЧАК

Кјаријева остеотомија се примењује код особа с недовољном покривеношћу главе бутне кости скоро пуних



**Слика 4.** Обострано уграђене тоталне ендопротезе кука шеснаест година након Кјаријевих остеотомија

**Figure 4.** Bilateral total hip replacement sixteen years after Chiari osteotomies were performed

шест деценија. Упркос уочљивом терапијском ефекту, који се огледа у смањивању бола, овај хируршки поступак је превасходно превентивне природе. Њиме се покушава успорити природни развој неизбежних дегенеративних промена и одложити уградња тоталне ендопротезе кука.

Сви позитивни ефекти који се уочавају након операције често су недовољни и поништени су естетски лошим ходом. Кјаријева остеотомија не успоставља потпуно одговарајућу зглобну конгруенцију, што неминовно узрокује настанак дегенеративних промена (Слика 3). Упркос значајним анатомским променама које су последица ове процедуре, каснија уградња тоталне ендопротезе је могућа (Слика 4).

Кјаријева остеотомија илијачне кости је временом изгубила на актуелности и важности. Њену улогу су у значајној мери преузели други, ефикаснији и дуготрајнији хируршки захвати. Ипак, она и даље има своје место у савременој ортопедској пракси, пре свега као остеотомија „спасавања“.

## НАПОМЕНА

Рајд је настао у оквиру пројекта 41004, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

## ЛИТЕРАТУРА

- Guille J, Pizzutillo P, MacEwen D. Developmental dysplasia of the hip from birth to six months. *J Am Acad Orthop Surg.* 2000; 8(4):232-42.
- Klisić P, Vukašinić Z, Djorić I. Razvojni poremećaj kuka. In: Vukašinić Z, editor. *Oboljenja dečjeg kuka.* Beograd: Specijalna ortopedsko-hirurška bolnica „Banjica“; 1994. p.36-95.
- Trousdale R, Wenger D. Osteotomy: overview. In: Callaghan J, Rosenberg A, Rubash H, editors. *The Adult Hip.* Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2007. p.773-80.
- Millis M, Murphy S. Periacetabular osteotomy. In: Callaghan J, Rosenberg A, Rubash H, editors. *The Adult Hip.* Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2007. p.795-815.
- Chiari K. Medial displacement osteotomy of the pelvis. *Clin Orthop.* 1974; 98:55-71.
- Ohashi H, Hirohashi K, Yamano Y. Factors influencing the outcome of Chiari pelvic osteotomy: a long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2000; 82(4):517-25.
- Slavković S, Slavković N. *Adolescentni kuk.* Beograd: JP PTT saobraćaja Srbije; 2004.
- Slavković N, Vukašinić Z, Slavković S. Rizici nastanka avaskularne nekroze tokom nehirurškog lečenja akutnog skliznuća glave butne kosti. *Srp Arh Celok Lek.* 2007; 135(1-2):54-60.
- Slavković N, Vukašinić Z. Skliznuće glave butne kosti: savremeni terapijski protokol. *Srp Arh Celok Lek.* 2009; 137(9-10):562-6.
- Zaltz I, Baca G, Clohisy JC. Unstable SCFE: review of treatment modalities and prevalence of osteonecrosis. *Clin Orthop Relat Res.* 2013; 471(7):2192-8.

11. Albright M. Steel triple innominate and Chiari osteotomy. In: Callaghan J, Rosenberg A, Rubash H, editors. *The Adult Hip*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2007. p.816-25.
12. Karami M, Gouran Savadkoobi D, Ghadirpoor A, Rahimpour S, Azghani M, Farahmand F. A computer model for evaluating the osteotomy parameters of Chiari pelvic osteotomy. *Int Orthop*. 2010; 34(3):329-33.
13. Karami M, Fitoussi F, Ilharberborde B, Penneçot GF, Mazda K, Bensahel H. The results of Chiari pelvic osteotomy in adolescents with a brief literature review. *J Child Orthop*. 2008; 2(1):63-8.
14. Jäger M, Westhoff B, Zilkens C, Weimann-Stahlschmidt K, Krauspe R. Indications and results of corrective pelvic osteotomies in developmental dysplasia of the hip. *Orthopade*. 2008; 37(6):556-70.
15. Vukašinić Z, Spasovski D, Živković Z, Slavković N, Cerović S. Triple pelvic osteotomy in the treatment of hip dysplasia. *Srp Arh Celok Lek*. 2009; 137(5-6):239-48.
16. Kotz R, Chiari C, Hofstaetter JG, Lunzer A, Peloschek P. Long-term experience with Chiari's osteotomy. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467(9):2215-20.
17. Yanagimoto S, Hotta H, Izumida R, Sakamaki T. Long-term results of Chiari pelvic osteotomy in patients with developmental dysplasia of the hip: indications for Chiari pelvic osteotomy according to disease stage and femoral head shape. *J Orthop Sci*. 2005; 10(6):557-63.
18. Ito H, Tanino H, Yamanaka Y, Nakamura T, Minami A, Matsuno T. The Chiari pelvic osteotomy for patients with dysplastic hips and poor joint congruency: long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br*. 2011; 93(6):726-31.
19. Osebold WR, Lester EL, Watson P. Observations on the development of the acetabulum following chiari osteotomy. *Iowa Orthop J*. 2002; 22:66-74.
20. Zenios M, Hannan M, Zafar S, Henry A, Galasko CS, Khan T. Clinical and radiological outcome of combined femoral and Chiari osteotomies for subluxed or dislocated hips secondary to neuromuscular conditions: a minimum of 10-year follow-up. *Musculoskelet Surg*. 2012; 96(2):101-6.
21. Rozkydal Z, Kovanda M. Chiari pelvic osteotomy in the management of developmental hip dysplasia: a long term follow-up. *Bratisl Lek Listy*. 2003; 104(1):7-13.
22. Sakai T, Nishii T, Takao M, Ohzono K, Sugano N. High survival of dome pelvic osteotomy in patients with early osteoarthritis from hip dysplasia. *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 470(9):2573-82.
23. Vukašinić Z, Spasovski D, Slavković N, Bašćarević Z, Živković Z, Starčević B. Chiari pelvic osteotomy in the treatment of adolescent hip disorders: possibilities, limitations and complications. *Int Orthop*. 2011; 35(8):1203-8.
24. Bašćarević Z, Vukašinić Z, Slavković N, Dulić B, Trajković G, Bašćarević V, et al. Alumina-on-alumina ceramic versus metal-on-highly cross-linked polyethylene bearings in total hip arthroplasty: a comparative study. *Int Orthop*. 2010; 34(8):1129-35.
25. Slavković N, Vukašinić Z, Bašćarević Z, Vukomanović B. Totalna aloartoplastika kuka. *Srp Arh Celok Lek*. 2012; 140(5-6):379-84.
26. Li L, Jia J, Zhao Q, Zhang L, Ji S, Wang E. Evaluation of femoral head coverage following Chiari pelvic osteotomy in adolescents by three-dimensional computed tomography and conventional radiography. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2012; 132(5):599-605.
27. Tokunaga K, Aslam N, Zdero R, Schemitsch EH, Waddell JP. Effect of prior Salter or Chiari osteotomy on THA with developmental hip dysplasia. *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469(1):237-43.

## Chiari Pelvic Osteotomy in Treatment of Hip Dysplasia

Nemanja Slavković<sup>1,2</sup>, Zoran Vukašinić<sup>1,2</sup>, Milan Apostolović<sup>1,2</sup>, Boris Vukomanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

<sup>2</sup>Institute of Orthopaedic Surgery "Banjica", Belgrade, Serbia

### SUMMARY

Chiari pelvic osteotomy is a surgical procedure having been performed for almost sixty years in patients with the insufficient coverage of the femoral head. It is most frequently used in young patients with dysplastic acetabular sockets as a part of developmental hip dysplasia. Even though performance of the Chiari osteotomy is associated with positive therapeutical results, above all, its main goal is to delay inevitable degenerative changes. Original surgical technique has been modified and improved over time. Nevertheless, the basic idea has remained

unchanged – increasing of the femoral head coverage by medial displacement of the distal part of the pelvis along with capsular interpositioning. Given the complexity of operation, the complication percentage is rather low. Chiari pelvic osteotomy has lost its actuality and importance during this past six decades. The role of Chiari pelvic osteotomy has been considerably taken over by other more efficient and more lasting surgical procedures. Nonetheless, Chiari pelvic osteotomy is still present in modern orthopedic practice, above all as „salvage“ osteotomy.

**Keywords:** Chiari osteotomy; joint congruency; hip dysplasia

Примљен • Received: 30/09/2011

Прихваћен • Accepted: 16/07/2013