

S2 alar-iliac šrouby při fixaci a korekci kombinovaných neuromuskulárních deformit páteře a pánve

S2 Alar-Iliac Screws in Fixation and Correction of Combined Neuromuscular Spinal and Pelvic Deformities

M. REPKO¹, M. FILIPOVIČ¹, M. LEZNAR¹, A. ŠPRLÁKOVÁ-PUKOVÁ², J. HEGER¹

¹ Ortopedická klinika Lékařské fakulty Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice Brno

² Klinika radiologie a nukleární medicíny Lékařské fakulty Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Neuromuscular deformities of the spine represent surgically uneasy to solve problems as well as serious handicaps causing sitting instability, pressure ulcers as well as pain. The aim of our study is to conduct a retrospective clinical analysis of the results of surgical correction of these deformities. This paper presents the use of a recent technique of sacral-alar-iliac (S2AI) screws and its comparison with other techniques of pelvic stabilisation.

MATERIAL AND METHODS

The group of 41 patients treated surgically with S2AI screws technique and transpedicular or hybrid instrumentation of the spine consisted of patients with the primary diagnosis of muscular dystrophy, spinal muscular atrophy, cerebral palsy and some other neuromuscular diseases. The results of pelvic obliquity correction and scoliotic correction in combined neuromuscular deformities of the spine and pelvis were analysed. The technique of S2AI screws implantation and the possibility of their free-hand technique implementation were presented.

RESULTS

In the followed-up group of patients an average correction of pelvic obliquity by 81% (from 29.1 degrees before the operation to 5.6 degrees after the operation) was reported. On average, 74% correction of scoliotic spine deformity was achieved (from 83.3 degrees before the operation to 22.5 degrees after the operation). In both the cases neither a significant loss of correction at the minimum one-year follow-up nor any serious complications associated with grappling of pelvic fixation were observed.

DISCUSSION

The S2AI screws offer at least the same stability and ability of correction as iliac screws and at the same time they provide significantly better results compared with the older methods of pelvic fixation such as the Galvestone technique. With a good knowledge of the surgical technique and anatomical aspects this technique can be applied in the form of a free-hand technique. Navigation as well as robotic techniques can help with the accurate positioning of the S2AI screw. Transfixation of sacroiliacal syndesmosis in patients with a neuromuscular handicap does not lead to deterioration of their mobility.

CONCLUSIONS

Simultaneous stabilisation of spine and pelvis makes it possible to achieve a good quality correction of the deformity and good clinical results over a long period of time. It allows for stability of the sitting position of the patients and improves the quality of their lives. Nowadays, the S2AI screws are considered to be biomechanically the best quality pelvic fixation, eliminating subcutaneous prominence of the instrumentation and reducing the risk of skin decubitus.

Key words: neuromuscular deformity, sacral-alar-iliac screw, pelvic obliquity, stabilization, scoliosis.

ÚVOD

Na rozdíl od idiopatických deformit páteře postihuje neuromuskulární deformitu zpravidla i deformita pánve. V zásadě rozlišujeme deformity pánve ve frontální rovině (oblikvita), v sagitální rovině (nadměrné antevertze či retrovertze) či v axiální rovině (rotace). Deformity pánve negativně ovlivňují především stabilitu sedu, která je ve skupině neuromuskulárních postižení zásadní schopností vertikalizace pacientů. Neschopnost udržení

trupu a svalové problémy u paralytických křivek vedou ke kolapsu celého trupu a následné orgánové kompresi. Nezanedbatelným faktorem je postupný kontakt žeberního oblouku s lopatou kosti kyčelní na konkávní straně křivky doprovázené bolestivými potížemi a dekubity.

Oblikvita pánve je klíčovým problémem pro udržení stability sedu. Nejčastěji je zapříčiněna suprapelvicí při biomechanickém pokračování páteřního zakřivení.

Méně často se můžeme setkat s příčinou intrapelvickou, danou morfologickými změnami jednotlivých polovin pánve, či infrapelvickou, podloženou svalovou nerovnováhou dolních končetin. Zásadním úkolem při operačním řešení je korekce a stabilizace nejen páteře, ale také náprava vadného postavení pánve. V opačném případě hrozí vysoké riziko další dekompenzace trupu a progresu nestability sedu při vyčerpání kompenzačních mechanismů. Pro udržení dlouhodobého dobrého operačního výsledku je potřeba zajistit kvalitní schopnost peroperační korekce, pevnost instrumentace v pánvi a minimální prominence samotné instrumentace jako prevence rizika vzniku dekubitů.

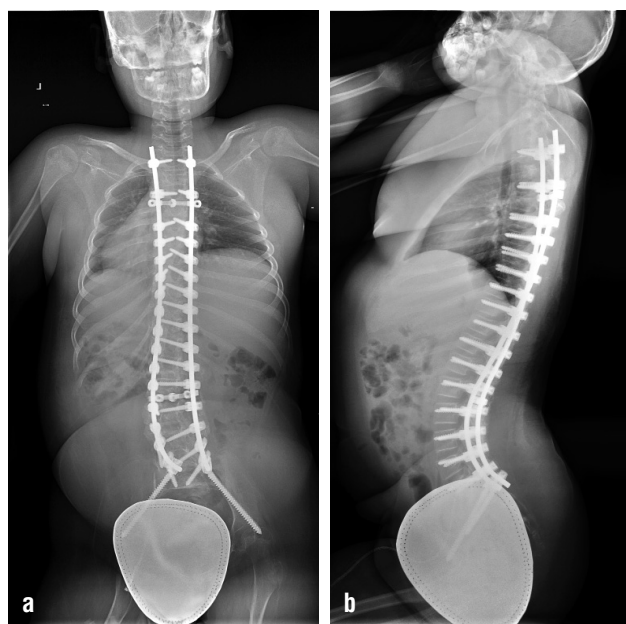
K fixaci pánve spojené s fixací páteře u neuromuskulárních deformit byly historicky používány nejprve v 60. letech 20. století Harringtonovy háky, které v 70. letech modifikoval Moe. V 80. letech byla nejpobulárnější Galvestonská technika spočívající v modelaci kaudálního konce prodloužené tyče spinální fixace a její zavedení do lopat kostí kyčelních (4). V 90. letech byla postupně Galvestonská technika vytlačována šroubovými systémy. Zpočátku se jednalo o systémy konektorů, které spojovaly tyč s hlavou šroubu zavedenou do lopaty kosti kyčelní. Zásadní nevýhodou těchto konektorových systémů je jejich poměrně značná prominence a riziko vzniku kožních otlaků. V roce 2009 popsal O'Brien techniku sacral-alar-iliac (S2AI) šroubů (15). Tyto šrouby, které zavádíme bilaterálně z oblasti sakra, překračují sakroiliakální syndesmózu a fixují se v lopkách kostí kyčelních.

MATERIÁL A METODIKA

Na Ortopedické klinice LF MU a FN Brno jsme v letech 1994 až 2016 operovali 98 pacientů s neuromuskulární deformitou axiálního skeletu a současnou korekcí a stabilizací páteře i pánve. Původní Galvestonskou techniku stabilizace pánve jsme od roku 2011 nahradili technikou stabilizace LS přechodu za pomoci transpedikulárních šroubů do obratle L5 a S1 doplněnou stabilizací bilaterálně zavedenými S2AI šrouby. Takto jsme operovali 41 pacienta. Typem neuromuskulárního postižení se jednalo o 12 pacientů s progresivní svalovou dystrofií (morbus Duchenne), 11 pacientů se spinální muskulární atrofií, 10 pacientů s dětskou mozkovou obrnou (DMO), 2 pacienty s meningomyelokélou a po jednom pacientovi s ostatními diagnózami (Rettův syndrom, neuroblastom a paraplegie, artrogryfóza, stav po kraniocerebrálním poranění, kongenitální míšní dysplazie, ageneze corpus callosi s poruchou myelinizace, syndrom Dandy-Walker). Průměrný věk v době operace byl 14 let a 9 měsíců (7 let a 1 měsíc až 20 let a 3 měsíce). Kaudálně byla u všech pacientů ukotvena instrumentace po S2. Rozsah instrumentace se lišil kraniálním zakončením, které v průměru končilo mezi 2.–3. hrudním obratlem (v rozsahu T1–T7). U dvou pacientů byl použit v kraniální části systém rostoucích matek GGS (Growth Guidance System). Ve 21 případě byl použit výhradně systém transpedikulárních šroubů (obr. 1a, b, 2a, b), zatímco v 18 případech byla použita hybridní kombinace



Obr. 1. Předoperační snímky pacienta s Duchennovou dystrofií v předozadním (a) a bočním (b) zobrazení.



Obr. 2. Pooperační snímky pacienta operovaného kompletní transpedikulární šroubovou fixací v předozadním (a) a bočním (b) zobrazení.

transpedikulárních šroubů a sublaminárních kliček systému Universal Clamp (obr. 3a, b, 4a, b).

Retrospektivně jsme hodnotili míru korekce pánevní oblikvity měřením úhlu spojujícím spojnicí horních okrajů lopat kostí kyčelních a horizontálu. Měření bylo sledováno na předozadních snímcích dlouhého formátu vsedě, event. při neschopnosti sedu vleže. Všichni pacienti byli vyšetřeni předoperačně, do 7 dnů pooperačně a ve 12 měsících po operaci. Ve stejných intervalech



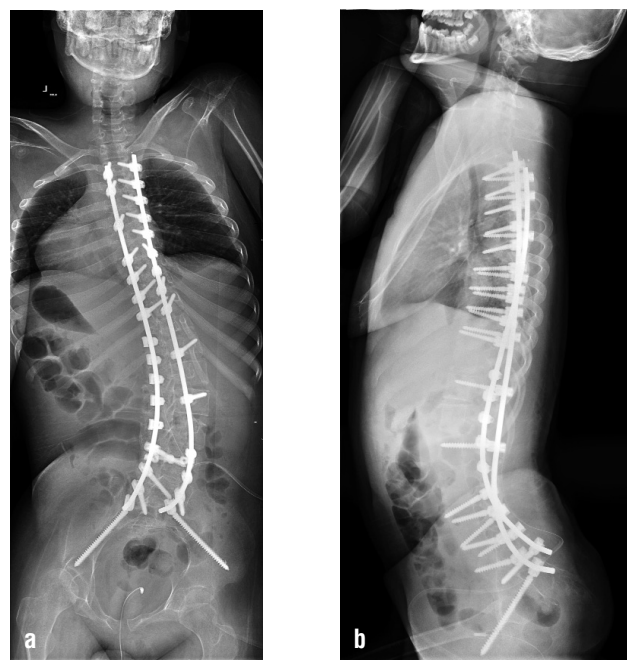
Obr. 3. Předoperační snímky pacienta se spinální muskulární atrofií v předozadním (a) a bočním (b) zobrazení.

byla měřena a sledována i samotná skoliotická křivka a její korekce metodou podle Cobba.

Operační technika

Skeletizaci provádíme standardním způsobem ve střední rovině v celé délce plánované instrumentace. V oblasti sakra skeletizujeme po laterální okraj *crista sacralis lateralis*, tedy neskeletizujeme hřeben lopaty kosti kyčelní. K exaktnímu zavedení šroubu se orientujeme podle prvního sakrálního otvoru. Vstupní bod pro S2AI šroub leží lehce kaudálně a mírně laterálně od prvního sakrálního otvoru, 2 mm mediálně od oblasti *crista sacralis lateralis* (16). Od toho místa směřuje šroub kaudálně a laterálně. Různí autoři se liší ve stanovení úhlu sklonu trajektorie. Zatímco Zhu (24) udává úhel zavedení přibližně 30° ve frontální rovině a anteriorně do lopaty kosti kyčelní přibližně pod úhlem 35° v sagitální rovině, Park (16) udává 17°, respektive 32°. V ideálním případě trajektorie směřuje ke *spina iliaca posterior superior*. Tento úhel je zpravidla obtížné určit vzhledem deformitám pánve, a tak směřujeme šroub k palpačně hmatnému prominujícímu velkému trochanteru stehenní kosti.

Po přibližně 20 mm průniku do hloubky kosti dosahujeme kortikální okraj sakra, který se projeví kostěnou rezistencí. Pronikáme do sakroiliakální syndesmózy a po překonání odporu kortiky kyčelní kosti přecházíme do spongiózy. Postupně procházíme spongiózou až k laterálnímu okraji kosti kyčelní. Samotná trajektorie prochází nad *incisura ischiatica*. Palpujeme vytvořený tunel a ověřujeme přítomnost všech 5 stěn včetně dna. Ve stejné trajektorii zavádíme polyaxiální šrouby. V našem případě jsme použili šrouby tloušťky 7,5–8,5 mm a délky od 70 mm do 110 mm. K zavedení S2AI šroubů po-



Obr. 4. Pooperační snímky pacienta operovaného kombinací transpedikulárních šroubů a sublaminárních kliček v předozadním (a) a bočním (b) zobrazení.



Obr. 5. Peroperační snímek fixace lumbo-sakrální oblasti a pánve se zavedením S2AI šroubů nad *incisura ischiatica*.

užíváme free-hand techniku s následnou kontrolou postavení šroubu v předozadní a event. i laterální projekci (obr. 5).

VÝSLEDKY

Předoperačně byla průměrná hodnota oblikvity pánve 29,1° (v rozmezí 19°–51°). Bezprostředně po operaci byla hodnota v průměru 5,6° (v rozmezí 1°–19°) a rok po operaci 6,2° (v rozmezí 1°–20°). V průměru byla dosažena korekce 81 % a ztráta této korekce v průběhu ročního sledování byla 0,6°, respektive 2 % z předoperační hodnoty.

Tíže deformity páteře měřená stupni dle Cobba byla předoperačně v průměru 85,3° (v rozmezí 57°–137°), bezprostředně po operaci 22,5° (v rozmezí 3°–65°) a rok po operaci 24,7° (v rozmezí 3°–69°). Korekce křivky byla v průměru o 62,8°, tedy s průměrnou korekcí 74 %.

V ročním intervalu došlo ke ztrátě korekce $2,2^\circ$, tedy 2,6 % z předoperační hodnoty.

Při hodnocení komplikací spojených s pánevní fixací jsme zaznamenali jedenkrát nemožnost zavedení S2AI šroubu do jedné z lopat pro výrazně změněné anatomické poměry. V tomto případě jsme zavedli šroub přímo do lopaty kosti kyčelní a propojili s tyčí systémem konektoru. Ve sledovaném období jsme nezaznamenali dislokaci pánevní fixace ani poškození samotného instrumentária. Stejně tak jsme nezaznamenali kožní problémy způsobené případnou prominencí instrumentace. Minimální doba sledování je 12 měsíců a průměrná doba sledování je 37 měsíců.

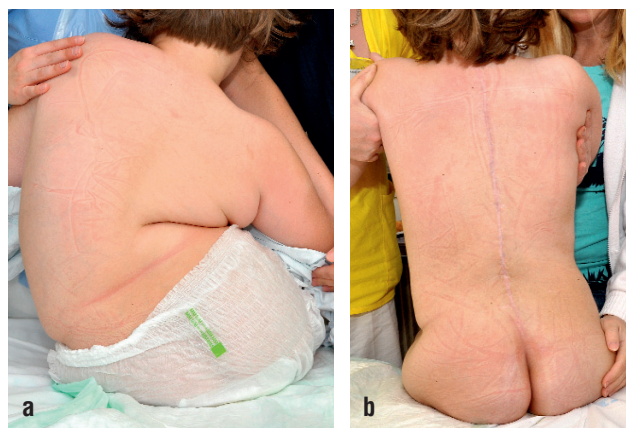
DISKUSE

Kromě významně vyšší biomechanické stability konstruktů přináší S2AI šrouby celou řadu dalších výhod. Především nízký profil a možnost zakrytí hlavy šroubu měkkými tkáněmi eliminují riziko podkožního tlaku na kůži (20). Ishida (11) měřil podkožní prominenci vrcholu hlavy 148 S2AI šroubů a 72 iliackých šroubů na CT. Signifikantně vyšší počet promínajících šroubů byl ve skupině iliackých šroubů (11,1 %) při srovnání s S2AI (1,4 %) při měřené minimální vzdálenosti 23 mm mezi koncem hlavy šroubů a povrchem kůže. K této výhodě se také přidává omezení nutnosti skeletizace a potřeby deperiostace s uvolněním úponů svalů v oblasti lopaty kosti kyčelní. Možnost prodloužení tyče přímo do hlavy šroubu bez nutnosti přidavných konektorů zlepšuje samotnou stabilitu konstruktů (9).

Řada autorů zkoumala biomechanické vlastnosti S2AI šroubů a porovnávala je s tradičními konektorovými systémy. Hoernschemeyer (7) a Burns (3) srovnávali rigiditu S2AI šroubů v porovnání s iliackými šrouby při testování v zatížení ve flexi, extenzi, úklonu a rotaci. S2AI šrouby vykazovaly lehce vyšší pevnost a stabilitu, ale ne statisticky významněji než iliacké šrouby. Významným faktorem zvyšujícím stabilitu konstruktů je bezesporu překročení 3 kortikálních struktur při implantaci šroubu (14).

Technika S2AI šroubů signifikantně snižuje riziko klinických i radiologických komplikací u dětí i dospělých při porovnání s iliackými šrouby (10). Elder (5) referuje o zkušenostech z vlastního souboru 25 iliackých šroubů a 65 S2AI šroubů při lumbopelvicke stabilizaci u dospělých. Použití S2AI šroubů bylo nezávislým prediktorem prevence nutných reoperací při zachování srovnatelných klinických a funkčních výsledků operace. K obdobným závěrům ve své studii 60 pacientů dospěl i Mazur (14), který pozoroval nejen snížený počet nutných reoperací ale i menší počet kožních komplikací spojených s opeřovanou oblastí. Na druhou stranu Guler (6) referuje o vyšším riziku časněho selhání polyaxiálních S2AI šroubů ve srovnání s iliackými šrouby u dospělých deformit páteře, které nebyly optimálně ošetřeny v sagitálním profilu.

Závažným problémem bývá biomechanická stabilita samotných S1 šroubů. Tyto musí být většinou podpořeny přední meziobratlovou fúzí. Sutterline (22) ve své bio-



Obr. 6. Klinický obraz nestability sedu s výrazným tlakem dolního okraje žeber na lopatu kosti kyčelní (a) a operační výsledek s vyrovnáním páteře a stabilizací sedu (b).

mechanické studii potvrdil, že přídatné S2AI šrouby dokáží nejen snížit zatížení S1 šroubů při flexi, extenzi, úklonu i rotaci, ale i významně omezit přetížení tyče v této oblasti. V jeho studii S2AI šrouby vytvořily významně lepší stabilitu v porovnání s AxiaLIF či přední intersomatickou stabilizací. Často diskutovaná je problematika případného negativního vlivu na sakroiliakální skloubení. S2AI šrouby zachovávají svou integritu v kosti bez uvolnění a bez negativního vlivu na sakroiliakální skloubení ve smyslu degenerativních změn (13). Bezesporu je nutné zmínit negativní vliv této fixace na mobilitu pánve a lumbosakrálního přechodu. V případě neuromuskulárních pacientů s nemožností vertikalizace do stoje a chůze je však omezení méně významné. Naopak tato stabilita umožňuje těmto pacientům dosažení stabilního sedu ve vozíku (obr. 6a, b).

Zavedení S2AI šroubů free-hand technikou je bezpečná a spolehlivá metoda při znalosti anatomických poměrů pánve (16). Takto lze minimalizovat rtg záření a jeho negativní vliv na operátora i pacienta. Někteří autoři popisují své zkušenosti s roboticky asistovaným zavedením S2AI (2, 8) nebo s dopomocí navigace (12, 18). Obě techniky mohou zvětšovat přesnost zavedení S2AI. Experimentální počítačovou studií prokázal Wu (23) i možnost zavedení nejen S2AI šroubů ale obdobných variant zaváděných i z úrovně S1, S2 a S3. Zjistili, že S1AI a S2AI šrouby jsou zaveditelné u celé dospělé populace, zatímco S3AI u 91 % a S4AI u 42 % dospělé populace.

Jen omezené množství prací referuje o míře korekce pánevní oblikvity u neuromuskulárních deformit. Awwad (1) referuje o 78% korekci pánevní oblikvity u 20 pacientů při využití různých typů pánevní fixace. Peelle (17) porovnal retrospektivně schopnost korekce oblikvity pánve dosaženou pomocí iliakálních šroubů a konektorů (80% korekce) a Galvestonskou techniku (67% korekce). V porovnávací studii Sponsellera (21) bylo dosaženo 70% korekce oblikvity pánve pomocí S2AI šroubů, zatímco s fixací pomocí iliackých a sakrálních šroubů jen 50%.

V naší vlastní studii analyzující výsledky Galvestonské techniky jsme dosáhli 76% korekce oblikvity pánve

(19). Instrumentárium však bylo v dlouhodobém sledování zatíženo vysokou mírou selhání, dané především uvolněním tyčí v lopkách kostí kyčelních a výrazném halo efektu kolem kovu. Toto způsobovalo ztrátu korekce a bolestivé příznaky. Při porovnání míry korekce Luque technikou sublaminárních drátěných klíček, kde jsme dosahovali průměrné korekce skoliotické křivky 56 %, jsme schopni moderními způsoby instrumentace (celošroubové konstrukce nebo kombinace transpedikulárních šroubů a sublaminárních klíček) dosáhnout v průměru 76% korekce.

ZÁVĚR

Kombinované neuromuskulární deformity páteře a pánve vedou při jejich progresi k nestabilitě sedu a nestabilitě trupu jako celku. Stav těchto pacientů vyžaduje dlouhou instrumentaci zahrnující stabilizaci pánve. Pánevní fixace pomocí S2AI šroubů umožňuje nejen pevnost a stabilitu spinopelvicke oblasti u dlouhých konstrukcí ale i kvalitní cestu korekce deformit pánve, především její oblikvity. Z hlediska menší podkožní prominence i přímé návaznosti na spinální instrumentaci jsou S2AI šrouby výhodnější alternativou kombinaci iliackých šroubů a konektorů. V naší studii 41 operovaných pacientů jsme touto metodou dosáhli 81% korekce oblikvity pánve při současné 74% korekci skoliotické křivky. Signifikantně se zlepšila stabilita sedu a komfort těchto pacientů.

Literatura

1. Awwad W, Al-Ahaideb A, Jiang L, Algarni AD, Ouellet J, Harold MU, Arlet V. Correction of severe pelvic obliquity using maximum-width segmental sacropelvic screw fixation: an analysis of 20 neuromuscular scoliosis patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015;25(Suppl 1):S233–241.
2. Bederman SS, Hahn P, Colin V, Kiester PD, Bhatia NN. Robotic guidance for S2-alar-iliac screws in spinal deformity correction. *Clin Spine Surg*. 2017;30:E49–E53.
3. Burns CB, Dua K, Trasolini NA, Komatsu DE, Barsi JM. Biomechanical comparison of spinopelvic fixation constructs: iliac screw versus S2-alar-iliac screw. *Spine Deform*. 2016;4:10–15.
4. Dayer R, Ouellet JA, Neil S. Pelvic fixation for neuromuscular scoliosis deformity correction. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2012;5:91–101.
5. Elder BD, Ishida W, Lo SL, Holmes C, Goodwin CR, Kosztowski TA, Bydon A, Gokaslan ZL, Wolinsky JP, Sciubba DM, Witham TF. Use of S2-alar-iliac screws associated with less complications than iliac screws in adult lumbosacropelvic fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:E142–E149.
6. Guler UO, Cetin E, Yaman O, Pellise F, Cassademut AV, Sabat MD, Alanay A, Grueso FS, Acaroglu E. Sacropelvic fixation in adult spinal deformity (ASD): a very high rate of mechanical failure. *Eur Spine J*. 2015;24:1085–1091.
7. Hoernschemeyer DG, Pashuck TD, Pfeiffer FM. Analysis of the s2 alar-iliac screw as compared with the traditional iliac screw: does it increase stability with sacroiliac fixation of the spine? *Spine* 2017;17:875–879.
8. Hu X, Lieberman IH. Robotic-guided sacro-pelvic fixation using S2 alar-iliac screws: feasibility and accuracy. *Eur Spine J*. 2017;26:720–725.
9. Chang TL, Sponseller PD, Kebaish KM, Fishman EK. Low profile pelvic fixation : anatomic parameters for sacral alar-iliac fixation versus traditional iliac fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:436–440.
10. Ilyas H, Place H, Puryear H. A comparison of early clinical and radiographic complications of iliac screw fixation versus S2 alar iliac (S2AI) fixation in the adult and pediatric populations. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28:E199–205.
11. Ischida W, Elder BD, Holmes C, Goodwin CR, Lo SF, Kosztowski TA, Bydon A, Gokaslan ZL, Wolinsky JP, Sciubba DM, Witham TF. S2-alar-iliac screws are associated with lower rate of symptomatic screw prominence than iliac screws: radiographic analysis of minimal distance from screw head to skin. *World Neurosurg*. 2016;93:253–260.
12. Jost GF, Walti J, Mariani L, Cattin P. A novel approach to navigated implantation of S-2 alar iliac screws using inertial measurement units. *J Neurosurg Spine*. 2016;24:447–453.
13. Mazur MD, Mahan MA, Shah LM, Dailey AT. Fate of S2-alar-iliac screws after 12-month minimum radiographic follow-up: preliminary results. *Neurosurgery*. 2017;80:67–72.
14. Mazur MD, Ravindra VM, Schmidt MH, Brodke DS, Lawrence BD, Riva-Cambrin J, Dailey AT. Unplanned reoperation after lumbopelvic fixation with S-2 alar-iliac screws or iliac bolts. *J Neurosurg Spine*. 2015;23:67–76.
15. O'Brien JR, Yu WD, Bhatnagar R, Sponseller P, Kebaish KM : An anatomic study of the S2 iliac technique for lumbopelvic screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:E439–E442.
16. Park J-H, Hyun S-J, Kim K-J, Jahng T-A. Free hand insertion technique of S2 sacral alar-iliac screws for spino-pelvic fixation: technical note, a cadaveric study. *J Korean Neurosurg Soc*. 2015;58:578–581.
17. Peelle MW, Lenke LG, Bridwell KH, Sides B. Comparison of pelvic fixation techniques in neuromuscular spinal deformity correction: Galveston rod versus iliac and lumbosacral screws. *Spine*. 2006;31:2392–2398.
18. Pham MH, Jakoi AM, Hsien PC. S-1 and S-2-alar-iliac screw fixation via intraoperative navigation. *Neurosurg Focus*. 2016;41:Video Suppl 1:1.
19. Repko M, Krbec M., Chaloupka R, Tichý V, Šprálková-Puková A. Neuromuskulární deformity pánve a jejich možné operační řešení. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2008;75:117–122.
20. Sohn S, Chung CK, Kim YJ, Kim CH, Park SB, Kim H. Modified iliac screw fixation: technique and clinical application. *Acta Neurochir (Wien)*. 2016;158:975–980.
21. Sponseller PD, Zimmerman RM, Ko PS, et al. Low profile pelvic fixation with the sacral alar iliac technique in the pediatric population improves results at two-year minimum follow-up. *Spine*. 2010;35:1887–1892.
22. Sutterline CE, Field A, Ferrara LA, Freeman AL, Phan K. Range of motion, sacral screw and rod strain in long posterior spinal constructs: a biomechanical comparison between S2 alar iliac screws with traditional fixation strategies. *J Spine Surg*. 2016;2:266–276.
23. Wu AM, Chi YL, Ni WF, Huang YX. The feasibility and radiological features of sacral alar iliac fixation in an adult population: a 3D imaging study. *Peer J*. 2016;4:e1587.
24. Zhu F, Bao HD, Yuan S, Wang B, Qiao J, Zhu ZZ, Liu Z, Ding YT, Qiu Y. Posterior second sacral alar iliac screw insertion: anatomic study in a Chinese population. *Eur Spine J*. 2013;22:1683–1689.

Korespondující autor:

MUDr. Milan Filipovič, Ph.D.
Ortopedická klinika
Jihlavská 20
625 00 Brno
E-mail: Filipovic.Milan@fnbrno.cz