

Operační korekce skoliózy: prodlužuje peroperační CT navigace trvání operace?

Surgical Correction of Scoliosis: Does Intraoperative CT Navigation Prolong Operative Time?

J. SKÁLA-ROSENBAUM¹, M. JEŽEK¹, V. DŽUPA¹⁺², R. KADERÁBEK³, P. DOUŠA¹,
R. RUSNÁK²⁺⁴, M. KRBEC¹

¹ Ortopedicko-traumatologická klinika, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha

² Centrum pro integrované studium pánve, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Praha

³ Radiodiagnostická klinika, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha

⁴ Neurochirurgická klinika, Ústředná vojenská nemocnice SNP a FN, Ružomberok

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study was to compare the duration of corrective surgery for scoliosis in relation to the intra-operative use of either fluoroscopic or CT navigation.

MATERIAL AND METHODS

The indication for surgery was adolescent idiopathic scoliosis in younger patients and degenerative scoliosis in middle-age or elderly patients. In a retrospective study, treatment outcomes in 43 consecutive patients operated on between April 2011 and April 2014 were compared. Only patients undergoing surgical correction of five or more spinal segments (fixation of six and more vertebrae) were included.

RESULTS

Transpedicular screw fixation of six to 13 vertebrae was performed under C-arm fluoroscopy guidance in 22 patients, and transpedicular screws were inserted in six to 14 vertebrae using the O-arm imaging system in 21 patients. A total of 246 screws were placed using the C-arm system and 340 screws were inserted using the O-arm system ($p < 0.001$). The procedures with use of the O-arm system were more complicated and required an average operative time longer by 48% (measured from the first skin incision to the completion of skin suture). However, the mean time needed for one screw placement (the sum of all surgical procedures with the use of a navigation technique divided by the number of screws placed using this technique) was the same in both techniques (19 min).

DISCUSSION

With good teamwork (surgeons, anaesthesiologists and a radiologist attending to the O-arm system), the time required to obtain one intra-operative CT scan is 3 to 5 minutes. The study showed that the mean time for placement of one screw was identical in both techniques although the average operative time was longer in surgery with O-arm navigation. The 19-minute interval was not the real placement time per screw. It was the sum of all operative times of surgical procedures (from first incision to suture completion including the whole approach within the range of planned stabilization) which used the same navigation technique divided by the number of all screws inserted during the procedures. The longer average operative time in procedures using O-arm navigation was not related to taking intra-operative O-arm scans. The authors consider surgery with an O-arm imaging system to be a safer procedure and use it currently in surgical correction of scoliosis.

CONCLUSIONS

The study focused on the length of surgery to correct scoliosis performed using either conventional fluoroscopy (C-arm) or intra-operative CT scanning (O-arm) showed that the mean placement time for one screw was identical in both imaging techniques when six or more vertebrae were stabilised. The use of intra-operative CT navigation did not make the surgery longer, and the higher number of inserted screws provides evidence that this technique is safer and allows us to achieve good stability of the correction procedure.

Key words: virtual CT guidance, O-arm, scoliosis, transpedicular screw.

ÚVOD

Virtuální navigace na bázi peroperačního CT vyšetření je v současné době považována za nejlepší způsob předcházení nesprávného zavedení transpedikulárních šroubů při stabilizacích páteře (9, 11). Další výhodou této metody je minimalizace radiační zátěže pro operující personál (1, 5–7, 6, 12). Při korekčních operacích skoliózy používáme klasickou peroperační flouroskopii nebo metodu peroperační CT navigace. Rozhodli jsme se porovnat oba tyto postupy s cílem zhodnotit časovou náročnost peroperační CT navigace při těchto operacích.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

Sledovaný soubor tvořilo 43 pacientů operovaných pro idiopatickou adolescentní nebo degenerativní skoliózu v období od dubna 2011 do dubna 2014. Zahrnuti byli pouze pacienti, u kterých byla provedena korekce 5 a více segmentů páteře (tedy stabilizace 6 a více obratlů). U 22 pacientů byla provedena stabilizace páteře po zavedení transpedikulárních šroubů do 6 až 13 obratlů pomocí rtg zesilovače, u 21 pacientů bylo zavedení transpedikulárních šroubů do 6 až 14 obratlů provedeno pomocí CT navigace.

Metodika

Indikací k operaci byly idiopatická adolescentní skolióza mladších pacientů nebo degenerativní skolióza pacientů středního či vyššího věku. Jednalo se o retrospektivní vyhodnocení konsektivních pacientů ve sledovaném období.

Při flouroskopicky asistovaném zavádění šroubů byl použit rtg zesilovač (dále jen C-rameno) (Ziehm Vision, firma Ziehm Imaging GmbH, Nürnberg, Germany). Při virtuální navigaci na bázi peroperačního CT vyšetření (dále jen O-rameno) bylo použito pojízdného CT zařízení propojeného s peroperačním navigačním systémem (O-arm® System & StealthStation® Navigation, firma Medtronic, Louisville, Colorado).

Do databázového souboru (MS Excel) jsme zaznamenali údaje o trvání operace, počtu stabilizovaných segmentů a počtu zavedených šroubů. Získané údaje jsme pak vyhodnotili metodami popisné statistiky a pomocí chi-kvadrát testu na 5% hladině významnosti.

VÝSLEDKY

Pomocí C-ramena bylo u 22 pacientů zavedeno 246 transpedikulárních šroubů, pomocí O-ramena bylo těchto šroubů zavedeno u 21 pacientů celkem 340. Detailní informace o sledovaných parametrech jsou uvedeny v tabulce 1, ze které je patrné, že operace prováděné pomocí O-ramena byly rozsáhlejší – z pohledu počtu stabilizovaných segmentů nesignifikantně ($p = 0,100$), z pohledu počtu zavedených šroubů signifikantně ($p < 0,001$) – a vyžádaly si delší operační čas (měřeno od zahájení kožní incize do dokončení sutury kůže).

Avšak doba potřebná k zavedení jednoho šroubu (součet doby všech operací provedených jednou navigační technikou dělená počtem šroubů zavedených touto technikou) byla u obou metod identická (19 minut).

Při použití O-ramena byl vztah mezi časem potřebným k zavedení jednoho šroubu a počtem zavedených šroubů nepřímo úměrný, tedy čím více bylo zavedených šroubů, tím nižší byl potřebný čas k zavedení jednoho z nich (poslední řádek tabulky 2). Tento vztah jsme při zavádění šroubů pomocí C-ramena nezaznamenali (pátý řádek tabulky 2).

Průměrná doba zavedení jednoho šroubu byla u pacientů operovaných pod O-ramenem stabilní (18–21 minut) bez ohledu na počet peroperačně provedených CT vyšetření (pátý řádek tabulky 3).

Tab. 1. Přehled základních parametrů obou podskupin pacientů

	C-rameno	O-rameno	Porovnání
Počet operací	22	21	
Počet stabilizovaných segmentů páteře	152	173	+ 14 %
Počet zavedených šroubů	246	340	+ 38 %
Průměrný počet šroubů u jedné operace	11	16	+ 45 %
Trvání operace (minuty)	120-345	180-590	
Průměrná doba operace (minuty)	212	313	+ 48 %
Průměrná doba potřebná k stabilizaci jednoho segmentu (minuty)	31	38	+ 23 %
Průměrná doba potřebná k zavedení jednoho šroubu (minuty)	19	19	

Tab. 2. Porovnání průměrného trvání operace a průměrného trvání zavedení jednoho šroubu u obou podskupin pacientů

Počet fixovaných segmentů	5	6	7	8
C-rameno				
Průměrné trvání operace (minuty)	182	242	193	287
Průměrný počet zavedených šroubů	8	10	11	12
Průměrné trvání zavedení jednoho šroubu (minuty)	21	24	18	23
O-rameno				
Průměrné trvání operace (minuty)	270	270	272	282
Průměrný počet zavedených šroubů	11	14	15	17
Průměrné trvání zavedení jednoho šroubu (minuty)	23	19	18	17

Tab. 3. Porovnání průměrného trvání operace a průměrného trvání zavedení jednoho šroubu u operací navigovaných O-ramenem v závislosti na počtu peroperačně provedených CT vyšetření

Počet peroperačně provedených CT vyšetření	1	2	3	4
Počet operací	5	10	3	3
Průměrné trvání operace (minuty)	302	297	285	448
Průměrný počet zavedených šroubů	14	16	14	21
Průměrné trvání zavedení jednoho šroubu (minuty)	21	18	21	21

DISKUSE

Stabilizaci pěti segmentů jako dolní hranici pro zařazení do sledovaného souboru jsme určili proto, abychom porovnávali operace skolióz vyžadující dlouhé montáže. Při používání O-ramena jsme zjistili, že jedno peroperační CT vyšetření umožní bezpečně zavést transpedikulární šrouby do 5–6 obratlů (záleží na lokalizaci stabilizace a habitu pacienta). Dolní hranice rozsahu stabilizace 6 obratlů umožnila zařadit do sledovaného souboru jednak pacienty, u nichž stačilo k provedení dlouhé stabilizace jediné peroperační CT vyšetření, a dále pacienty, u kterých si operační výkon vyžádal více peroperačních CT vyšetření (v našem souboru dvě až čtyři). Zajímalo nás, zda více provedených peroperačních CT vyšetření znamená výrazné prodloužení doby operace.

Při dobré souhře všech zúčastněných (operační skupina, anesteziologická skupina, radiologický asistent obsluhující O-rameno) se **čas potřebný k provedení jednoho peroperačního CT pohybuje mezi 3 až 5 minutami** – pořízení 391 skenů trvá 13 sekund, vytvoření rekonstrukcí ve všech třech rovinách potřebných pro navigaci trvá dalších 13 sekund, převedení získaných dat do počítače navigačního přístroje 20 sekund – takže většina těchto 3–5 minut spotřebuje přesunutí O-ramena nad operační stůl s pacientem a jeho výškové nastavení (2).

Naše studie prokázala, že při zjevně delším průměrném operačním čase u operací s O-ramenem, byla průměrná doba potřebná k zavedení jednoho šroubu u obou hodnotených technik identická (tabulka 1). Samozřejmě, že doba 19 minut neznamenal faktický čas zavádění jednoho šroubu. Jednalo se o součet operačních časů všech operací (od incize do ukončení sutury zahrnující skeletizaci v rozsahu zamýšlené stabilizace) dělený počtem všech zavedených šroubů při operacích jednotlivými sledovanými technikami. Delší průměrný operační čas u operací s O-ramenem neznamenal zdržení operací peroperačně provedeným CT vyšetřením. Nesignifikantně vyšší počet stabilizovaných segmentů, ale zejména signifikantně vyšší počet zavedených šroubů u operací s O-ramenem poukazuje na dvě skutečnosti: zaprvé, že

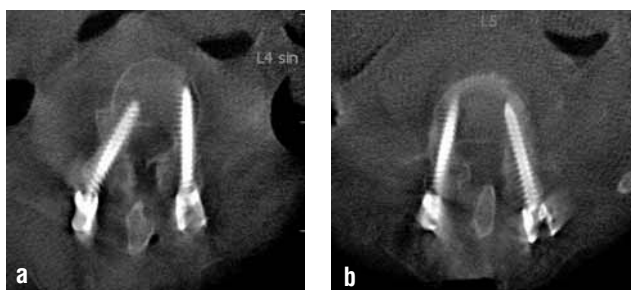
operace s O-ramenem byly indikovány u složitějších křivek; zadruhé, že při operaci s O-ramenem bylo možné **díky zobrazení transversálního řezu bezpečně zavést šrouby i do rotovaných obratlů s úzkými a tvarově změněnými oblouky a pedikly** (obr. 1), do kterých při peroperační skiaskopické kontrole často šrouby nelze zavést nebo se zavádějí velmi obtížně (4, 9–11). Obě tyto skutečnosti **favorizují O-rameno vzhledem k vyšší výsledné stabilitě celé montáže**. Můžeme konstatovat, že operace s pomocí O-ramena považujeme za bezpečnější a v současné době O-rameno při stabilizaci skoliózy používáme rutinně.

Výhodou O-ramena je možnost peroperačního kontrolního CT vyšetření, které v případě nesprávného zavedení šroubu **umožní okamžitou nápravu v průběhu téže operace**. Nesprávné zavedení šroubu pomocí C-ramena lze definitivně prokázat až pooperačně provedeným kontrolním CT vyšetřením, které znamená pro pacienta výrazně vyšší radiační zátěž než peroperační CT vyšetření, ale hlavní nevýhodou tohoto postupu je, že nápravu lze provést až při následujícím revizním operačním výkonu.

Radiační zátěž pro personál je u operací s O-ramenem nulová (1, 2, 8, 12). V době několika minut potřebných k provedení CT vyšetření opouští operační i anesteziologická skupina operační sál. Jedinou osobou přítomnou při vyšetření je radiologický asistent, který je krytý ochrannými olověnými pomůckami a stojí v průběhu vyšetření v radiačním stínu O-ramena, takže i u něj se radiační zátěž blíží nulové dávce.

V několika studiích bylo konstatováno, že **peroperační radiační dávka, kterou obdrží pacient** při použití O-ramena, závisí na erudici operačního týmu a učební křivce (1, 5). S tím lze souhlasit, avšak nám se podařilo u jednoho pacienta – operovaného pro zlomeninu pánve napřed s C-ramenem a při reoperaci s O-ramenem – efektivní dávku pro oba postupy přesně spočítat (2). Při zavedení jednoho iliosakrálního šroubu byla efektivní dávka u tohoto konkrétního pacienta při použití O-ramena na hodnotě šestinásobně vyšší než dávka obdržená při zavedení jednoho iliosakrálního šroubu pomocí C-ramena (11 mSv versus 1,8 mSv). Z toho nemůžeme vyvozovat jednoznačné závěry pro operace skolióz, jelikož vypočítávání efektivní dávky je zcela odlišné při zavádění transpedikulárních šroubů do obratlů bederních a hrudních vzhledem k jiné kvalitě svaly a parenchymatálních orgánů v oblasti břišní a hrudní dutiny (3, 9). Ovšem zkušenost z operací páteře s použitím O-ramena ukazuje, že po jednom peroperačním CT vyšetření lze zavést bezpečně až 12 šroubů do 6 obratlů, což by mohlo znamenat nižší efektivní radiační dávku pro pacienta při použití O-ramena ve srovnání s C-ramenem.

Limitací naší studie bylo, že jsme do ní zařadili pacienty s adolescentní idiopatickou skoliózou i degenerativní skoliózou pacientů středního nebo vyššího věku. Při koncipování studie jsme se domnívali, že chybovost, která by mohla při tomto způsobu zařazování pacientů do souboru vzniknout, bude minimalizována díky konsektivnímu postupu. Nakonec se ukázalo, že rozsáhlejší křivky u idiopatických skolióz jsme častěji indikovali



Obr. 1. Rozdíl orientace transpedikulárních šroubů zavedených pomocí peroperační CT navigace (O-rameno) v sousedních dvou obratlích skoliotické páteře; zobrazení transversálního řezu při navigaci umožňuje bezpečné zavedení šroubů do výrazně rotovaných obratlů s deformovanými oblouky, do kterých je zavedení pod rtg kontrolou obtížnější: a – obratel L4, b – obratel L5.

k operaci s pomocí O-ramena. Toto relativní „znevýhodnění“ však nepřineslo u pacientů operovaných pod O-ramenem delší operační časy potřebné k zavedení jednoho šroubu.

ZÁVĚR

Studie zaměřená na porovnání trvání korekce skolióz provedených pomocí klasické fluoroskopie a pomocí virtuální navigace na bázi peroperačního CT umožnila konstatovat, že při stabilizaci 6 a více obratlů byla průměrná doba potřebná pro zavedení jednoho šroubu u obou metod identická. Použití peroperačního CT navigace neprodloužilo zásadním způsobem trvání operace a celkově vyšší počet zavedených šroubů favorizuje tuto metodu jako bezpečnější, která umožňuje dosažení vyšší stability montáže.

Literatura

1. Burch S, Karahalios D, Mobasser J-P, Potts E. Comparison of radiation exposure to the spine surgeon during pedicle screw placement using O-arm® System & StealthStation® Navigation vs C-arm Standard Fluoroscopy. Medtronic, Louisville, 2010, pp 1–5.
2. Džupa V, Krbec M, Kadeřábek R, Rusnák R, Douša P, Skála-Rosenbaum J, Fridrich F, Báča V, Grill R. Peroperační CT navigace u operací páteře a pánve: první zkušenosti. Rozhl Chir. 2013; 92:379–384.
3. Kahler DM. Computer-assisted closed techniques of reduction and fixation In: Tile M, Helfet DL, Kellam JE (Eds). Fractures of the pelvis and acetabulum. Third edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2003, pp 604–615.
4. Kendoff D, Citak M, Hüfner T, Chaudhary S, Krettek C. Current concepts and applications of computer navigation in orthopedic trauma surgery. CEJMed. 2007;2:392–403.
5. Kendoff D, Gardner MJ, Citak M, Kfuri M, Thumes B, Krettek C, Hüfner T. Value of 3D fluoroscopic imaging of acetabular fractures comparison to 2D fluoroscopy and CT imaging. Arch Orthop Trauma Surg. 2008;128:599–605.
6. Mosheiff R, Khoury A, Weil Y, Liebergall M. First generation computerized fluoroscopic navigation in percutaneous pelvic surgery. J Orthop Trauma. 2004;18:106–111.
7. Ochs BG, Gonser C, Shiozawa T, Badke A, Weise K, Rolaufts B, Stuby FM. Computer-assisted periacetabular screw placement: comparison of different fluoroscopy-based navigation procedures with conventional technique. Injury. 2010;41:1297–1305.
8. Park MS, Chung CY, Kwon DG, Huh Y, Lee K, Lee KM. The perspectives of user and developers in designing and developing O-arm Imaging System. J X-ray Science Technol. 2011;19:199–204.
9. Patil S, Lindley Em, Burger EL, Yoshihara H, Patel VV. Pedicle screw placement with O-arm and stealth navigation. Orthopedics. 2012;35:e61–65.
10. Stöckle U, Schäffler A, König B, Haas NP. Integrierte Navigation: präklinische Erprobung und erste klinische Erfahrungen. Unfallchirurg. 2006;109:925–931.
11. Van de Kelft E, Vosta F, Van der Planken D, Schils F. A prospective multicenter registry on the accuracy of pedicle screw placement in the thoracic lumbar and sacral levels with the use of the O-arm Imaging System and StealthStation Navigation Spine (Phila Pa 1976). 2012;37:E1580–1587.
12. Zhang J, Weir V, Fajardo L, Lin J, Hsiung H, Ritenour ER. Dosimetric characterization of a cone-beam O-arm (TM) Imaging System. J X-ray Sci Technol. 2009;17:305–317.

Korespondující autor:

Doc. MUDr. Jiří Skála-Rosenbaum, Ph.D.
Ortopedicko-traumatologická klinika 3. LF UK a FNKV
Šrobárova 50
100 34 Praha 10
E-mail: jrosenbaum@volny.cz