

Analýza umístění sustentakulárního šroubu při osteosyntéze zlomenin patní kosti: klinicko-radiologická studie

Positions of Sustentacular Screw in Osteosynthesis of Calcaneal Fractures: Clinical and Radiographic Study

J. PAZOUR, M. KŘIVOHLÁVEK, R. LUKÁŠ

Traumatologicko-ortopedické centrum, Krajská nemocnice Liberec, a.s., Liberec

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study was to analyse the options for sustentacular screw placement in osteosynthesis of intra-articular fractures of the heel bone and to assess the effect of various screw positions on failure to maintain the reduction in the post-operative period. In addition, problems related to screw-end protrusion over the medial cortical bone or to screw penetration into the talocalcaneal joint were assessed.

MATERIAL AND METHODS

The group comprised 23 patients with a total of 25 intra-articular fractures of the heel bone treated by surgery. The procedure involved insertion of a sustentacular screw under fluoroscopic guidance. Post-operatively, screw position in the sustentacular fragment was evaluated on CT scans. During follow-up, attention was focused on the effect of screw placement on maintenance of fracture reduction, and clinical symptoms potentially associated with screw malposition were recorded.

RESULTS

All sustentacular screws were fixed sustentacular fragments. Seven screws (28%) were inserted in the talar shelf, seven (28%) were placed under and nine (36%) over the sustentaculum tali. Two screws penetrated into the talocalcaneal joint (8%). The end of a screw projecting by 2 mm over the medial wall of the calcaneus was found in 11 cases (44%). Two patients with screws penetrating into the talocalcaneal joint had problems. On the other hand, no clinical effect of a screw extending over the medial wall of the calcaneus was recorded. No significant association of screw position with late //delayed failure of fracture reduction was detected.

DISCUSSION

Although the ideal trajectory for a sustentacular screw have been defined using a model of the calcaneus, it is not easy to achieve optimal screw placement due to the complex anatomy of the calcaneus and limited possibilities of intra-operative control of screw insertion. Any sustentacular screw malposition is a potential risk factor, particularly if the screw has penetrated into the talocalcaneal joint. Therefore, it will be useful to seek methods allowing for safer screw insertion and elimination of risks associated with screw misplacement. The technique of sustentacular screw insertion by means of a compression-based device, described by the authors, designated to allow for screw placement in distal humerus fractures is one of the options.

CONCLUSIONS

Optimisation of techniques for sustentacular screw insertion in the osteosynthesis of calcaneal fractures should contribute to reduction of risks related to screw malposition. The assessment of effects which the position of a screw may have on delayed failure of fracture reduction should be based on a thorough biomechanical study.

Key words: sustentacular screw, calcaneal fracture, insertion, malposition.

ÚVOD

Zlomeniny patní kosti představují asi 2 % všech zlomenin, přičemž v 80 % se jedná o zlomeniny nitrokloubní (13).

Cílem operační léčby nitrokloubních zlomenin patní kosti je anatomická repozice kloubních ploch, obnovení celkového tvaru patní kosti a následně stabilní osteosyntéza, která zajistí dostatečnou retenci úlomků a umožní časnou rehabilitaci (17). Při repozici kloubní plochy talokalkaneálního kloubu se laterální kloubní fragmenty reponují k sustentakulárnímu fragmentu, který obvykle zůstává nedislokován vůči talu díky silným interoseálním talokalkaneálním vazům (2, 16). Po dosažení správné repozice jsou úlomky fixovány šroubem, který je zaváděn pod kloubní plochou talokalkaneálního kloubu z laterálního fragmentu zadní kloubní plochy a je směřován do vrcholu *sustentaculum tali*. Jeho optimální zavedení do vrcholu sustentakula je poměrně obtížné vzhledem k omezené možnosti fluoroskopické peroperační kontroly trajektorie šroubu. Nesprávné zavedení sustentakulárního šroubu je spojeno s několika druhy rizik. Konec šroubu přesahující mediální kortikalis se může dostat do konfliktu se strukturami lokalizovanými v okolí *sustentaculum tali* (nervově-cévní svazek, šlacha *musculus flexor hallucis longus*). Dalším rizikem je penetrace šroubu do talokalkaneálního kloubu. Zavedení šroubu mimo *sustentaculum tali* může teoreticky snižovat jeho podpůrný význam, a tím negativně ovlivnit stabilitu osteosyntézy (9). Cílem retrospektivní studie bylo zhodnotit na vlastním souboru pacientů po osteosyntéze patní kosti kvalitu umístění sustentakulárního šroubu. Hodnocena byla míra ztráty repozice patní kosti v pooperačním období při různém zavedení sustentakulárního šroubu. Dále byla sledována přítomnost klinických obtíží souvisejících se suboptimálním zavedením šroubu.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

Soubor tvořilo 23 pacientů s celkem 25 nitrokloubními zlomeninami patní kosti. Jednalo se o 20 mužů a tři ženy. Průměrný věk pacientů byl 45 let ($SD \pm 13,1$). Pravá pata byla poraněna u 8 pacientů, levá u 17 pacientů. U dvou mužů se jednalo o současné poranění obou patních kostí.

Metodika

Zlomeniny byly klasifikovány na základě CT vyšetření dle Sandersovy klasifikace (15).

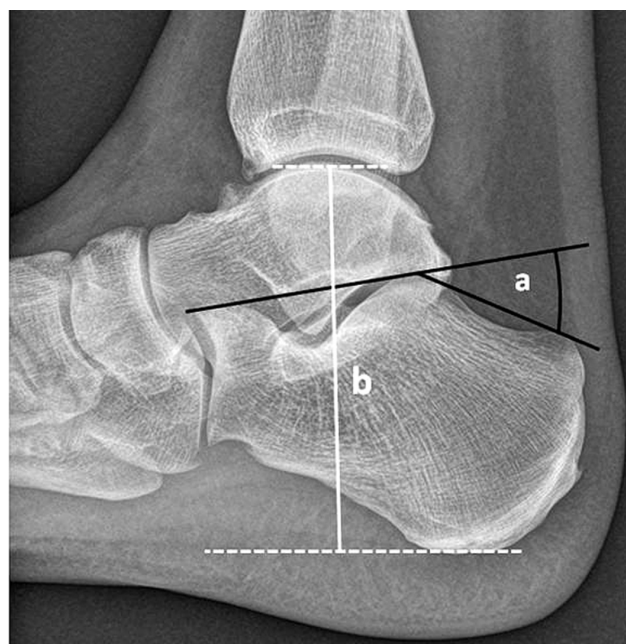
U všech pacientů bylo součástí osteosyntézy zavedení sustentakulárního šroubu. Po repozici kloubní plochy talokalkaneálního kloubu a dočasné fixaci Kirschnerovým drátem byl tahový šroub o průměru 3,5 mm zaváděn samostatně z laterálního fragmentu zadní kloubní plochy patní kosti a směřován do vrcholu *sustentaculum tali*. Pozice šroubu byla peroperačně kontrolována fluoroskopicky v boční, axiální a Brodenových projekcích. Následně byla dokončena osteosyntéza dlahou, hřebem či jednotlivými šrouby.

V období do 6 týdnů po operaci bylo provedeno CT vyšetření operované paty. Na základě CT byli pacienti rozděleni do čtyř skupin podle typu zavedení šroubu: skupina 1 – optimální zavedení šroubu do vrcholu *sustentaculum tali*, skupina 2 – zavedení šroubu za vrchol sustentakula a skupina 3 – zavedení šroubu pod vrchol sustentakula a skupina 4 – penetrace šroubu do talokalkaneálního kloubu. Dále byla digitálně měřena délka přesahu konce šroubu přes mediální kortikalis patní kosti v milimetrech. Distribuci zlomenin dle výše uvedené klasifikace a typu osteosyntézy v jednotlivých skupinách shrnuje tabulka 1. Délka pooperačního sledování pacientů byla v průměru 13 měsíců (6–33

Tab. 1. Distribuce jednotlivých typů zlomenin dle Sandersovy klasifikace a technik osteosyntézy v jednotlivých skupinách

	Klasifikace			Typ osteosyntézy		
	S II	S III	S IV	patní dlahu	C-nail	kanylované šrouby
Skupina 1	2	4	1	6	0	1
Skupina 2	4	2	1	5	1	1
Skupina 3	5	3	1	4	3	2
Skupina 4	2	0	0	0	1	1
Celkem	13	9	3	15	5	5

měsíců). V sledovacím pooperačním období byla hodnocena míra ztráty repozice zlomeniny vyjádřením změny hodnoty talokalkaneální výšky (TCH) a Böhlerova úhlu (BA) na začátku a na konci sledovacího období (obr. 1). Rozdíly v průměrném poklesu TCH a BA mezi skupinami 1, 2 a 3 byly statisticky vyhodnoceny pomocí nepárového Studentova t-testu. Za statisticky významné bylo považováno $p < 0,05$. Dále byla hodnocena přítomnost klinických příznaků souvisejících s přesahem šroubu přes mediální okraj patní kosti či s penetrací



Obr. 1. a – Böhlerův úhel (BA), b – talokalkaneální výška (TCH).

šroubu intraartikuluárně (iritace šlach nebo *n. plantaris medialis* a bolesti v talokalkaneálním kloubu).

VÝSLEDKY

Optimálně do vrcholu *sustentaculum tali* bylo zavedeno 7 šroubů (28 %), za sustentakulum též 7 šroubů (28 %) a pod vrcholem *sustentaculum tali* 9 šroubů (36 %). Intraartikuluárně do talokalkaneálného kloubu byly zavedeny 2 šrouby (8 %), (tab. 2). Přesah konce šroubu přes mediální stěnu patní kosti o více než 2 mm byl zjištěn v 11 případech (44 %). Průměrný přesah šroubu byl

Tab. 2. Četnost jednotlivých typů umístění sustentakulárního šroubu

Umístění šroubu	Počet	Procento
ve vrcholu sustentakula	7	28 %
za vrcholem sustentakula	7	28 %
pod vrcholem sustentakula	9	36 %
penetrace do kloubu	2	8 %
celkem	25	100 %

8,4 mm (3–14 mm, SD \pm 3,23). Ve skupině pacientů s přesahem šroubu přes mediální kortikális nebyly ani v jednom případě zjištěny klinické známky iritace či poranění struktur v oblasti *sustentaculum tali* (šlacha *m. flexor hallucis longus*, *n. plantaris medialis*). Penetrace šroubu do talokalkaneálného kloubu se projevila v obou případech bolestmi pod zevním kotníkem při chůzi na nerovném povrchu a při cvičení hlezna. Po odstranění šroubu se bolesti u obou pacientů při chůzi zmírnily a při cvičení hlezna zcela vymizely. Průměrné snížení TCH bylo v první skupině 5,4 mm (SD \pm 4,20), ve druhé skupině též 5,4 mm (SD \pm 3,95) a ve třetí skupině 2,8 mm (SD \pm 1,54). Průměrné snížení BA bylo v první skupině 5,0° (SD \pm 4,20), v druhé skupině 3,7° (SD \pm 2,65), ve třetí skupině 3,0° (SD \pm 1,49). Ve čtvrté skupině nebyly změny TCH a BA hodnoceny vzhledem k malému počtu pacientů. Statistickým zhodnocením rozdílů průměrného poklesu TCH a BA mezi skupinami 1, 2 a 3 nebyl prokázán ani v jednom případě statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $p < 0,05$ (tab. 3).

Tab. 3. Průměrný pokles talokalkaneální výšky (TCH) a Böhlerova úhlu (BA) na konci sledovaného období v jednotlivých skupinách a porovnání průměrného poklesu TCH a BA mezi jednotlivými skupinami pomocí nepárového Studentova *t*-testu na hladině významnosti $p < 0,05$

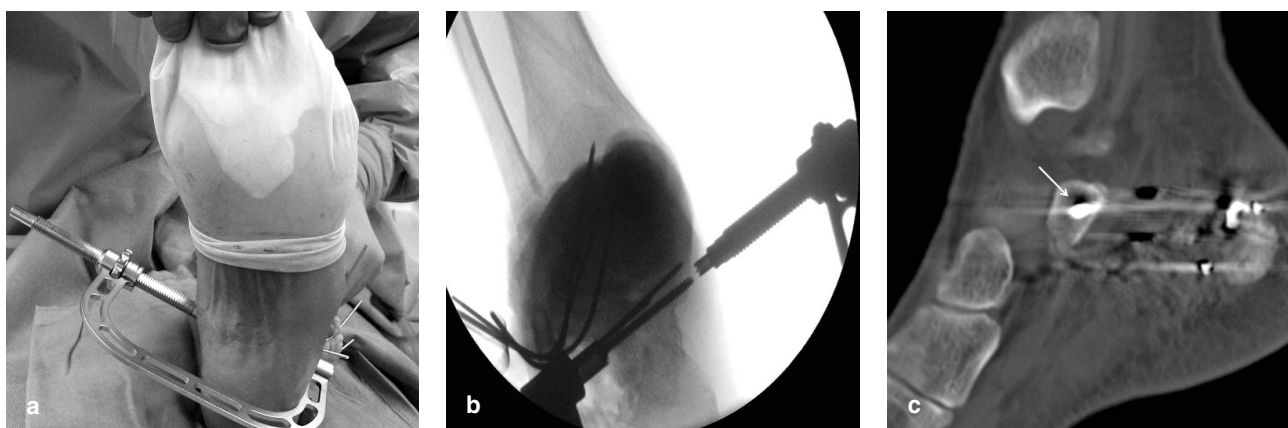
	Průměrný pokles TCH (mm)	Průměrný pokles BA (stupně)
Skupina 1	5,4	5,0
Skupina 2	5,4	3,7
Skupina 3	3,1	3
Porovnání skupin 1 a 2	$p = 0,500$	$p = 0,540$
Porovnání skupin 1 a 3	$p = 0,125$	$p = 0,230$
Porovnání skupin 2 a 3	$p = 0,162$	$p = 0,370$

DISKUSE

Sustentakulární šroub je považován za důležitou součást osteosyntézy patní kosti vzhledem k jeho stabilizační a podpůrné funkci (9). V literatuře byla na různých modelech popsána ideální trajektorie šroubu dle zvoleného vstupního místa (8, 10). Optimální zavedení šroubu je však v praxi technicky poměrně obtížné vzhledem k složitému tvaru patní kosti a omezeným možnostem peroperačního zobrazení *sustentaculum tali*. Volba vstupního místa pro zavedení šroubu je navíc často ovlivněna velikostí laterálního fragmentu zadní kloubní plochy patní kosti. V našem souboru jsme zjistili při pooperačním CT vyšetření suboptimální zavedení šroubu v téměř polovině případů. Janzen a spol. pozorovali penetraci šroubu intraartikuluárně u 8 z 33 (24 %) operovaných pacientů (6). V současné době je možno peroperačně kontrolovat pozici šroubu několika způsoby. Gitajn a spol. kontrolovali pozici šroubu pomocí Harrisovy axiální projekce v 10-, 20-, 30-, 40- a 50stupňovém sklonu rentgenové lampy (4). Penetraci šroubu intraartikuluárně může též odhalit peroperační subtalární artroskopie (12). Kopp a spol. zjistili v souboru pacientů po artroskopicky asistované osteosyntéze patní kosti přítomnost penetrace šroubu do talokalkaneálného kloubu v 10 % případů (7). Další možností kontroly pozice sustentakulárního šroubu je použití peroperační 3D fluoroskopie nebo navigačních metod, které však nejsou vždy standardně dostupné (3, 5, 14). K zajištění správné pozice sustentakulárního šroubu jsme s úspěchem použili v několika případech kompresárium firmy Synthes, které je součástí instrumentária pro osteosyntézu nitrokloubních zlomenin distálního humeru. Kompresárium bylo nasazeno jedním ramenem na vrchol *sustentaculum tali* a druhým ramenem do místa vstupního bodu cca 1,5 cm pod laterální okraj kloubní plochy. Středem kompresária byl nejprve vrtán kanál a následně zaveden i šroub. Správná pozice šroubu pak byla ověřena na pooperačním CT vyšetření (obr. 2).

Albert a spol. zjistili na kadaverózním modelu nejvyšší riziko poranění struktur v oblasti *sustentaculum tali* při penetraci mediální stěny patní kosti implantátem zavedeným před Gissaneův kritický úhel (1). Tuto rizikovou pozici šroubu jsme v našem souboru nepozorovali. Proto se domníváme, že přesah šroubu přes mediální kortikális (v jednom případě až o 14 mm) nevyvolal v našem souboru pacientů ani v jednom případě klinické příznaky iritace či poranění šlach a nervově cévního svazku v oblasti sustentakula. Naopak jako klinicky významné se ukázaly případy, kdy šroub penetroval do talokalkaneálného kloubu. Tento stav se projevil bolestmi při chůzi na nerovném povrchu a při mobilizaci hlezna. Po vyjmutí šroubu došlo k zmírnění těchto bolestí, což ukazuje na příčinnou souvislost s malpozicí šroubu.

Hodnocením míry ztráty repozice jsme nenalezli mezi jednotlivými skupinami statisticky významný rozdíl. Za důležitý považujeme fakt, že v našem souboru byly všechny šrouby zavedeny do sustentakulárního fragmentu, byť ne přímo do jeho vrcholu, takže šroub měl vždy dostatečnou stabilizační funkci. V nedávné práci zjistili Qiang a spol., že k statisticky významnému poklesu



Obr. 2. Kompresní zařízení použité jako cílcí rám pro umístění sustentakulárního šroubu: a – peroperační foto přiloženého kompresaria, b – peroperační kontrola postavení sustentakulárního šroubu, c – pooperační CT kontrola s hrotem šroubu v centru sustentaculum tali (označené šipkou).

Böhlerova úhlu v pooperačním období došlo ve skupině pacientů, u kterých byl šroub zaveden mimo sustentakulární fragment (11).

Jsme si vědomi limitů našeho pozorování, zejména různorodosti typů zlomenin a typů osteosyntézy v našem souboru, což jsou významné faktory, které se mohou též podílet na riziku ztráty repozice zlomeniny.

ZÁVĚR

Optimální zavedení sustentakulárního šroubu do vrcholu sustentakula je technicky obtížné. Odchytky od ideální trajektorie šroubu se vyskytují ve vysokém procentu případů. Jako klinicky významná se jeví penetrace šroubu do talokalkaneálního kloubu. Optimalizace techniky bezpečného zavedení sustentakulárního šroubu by měla vést k snížení výskytu malpozice šroubu. Zhodnocení vztahu mezi různými pozicemi sustentakulárního šroubu a stabilitou osteosyntézy vyžaduje podle našeho názoru provedení podrobné biomechanické studie.

Literatura

- ALBERT, M. J., WAGGONER, S. M., SMITH, J. W.: Internal fixation of calcaneus fractures: an anatomical study of structures at risk. *J. Orthop. Trauma*, 9: 107–112, 1995.
- DAFTARY, A., HAIMS, A. H., BAUMGAERTNER, M. R.: Fractures of the calcaneus: a review with emphasis on CT. *RadioGraphics*, 25: 1215–1226, 2005.
- GEERLING, J., KENDOFF, D., CITAK, M., ZECH, S., GARDNER, M. J., HÜFNER, T., KRETTEK, C., RICHTER, M.: Intraoperative 3D imaging in calcaneal fracture care: clinical implications and decision making. *J. Trauma*, 66: 768–773, 2009.
- GITAJN, I. L., TOUSSAINT, R. J., KWON, J. Y.: Assessing accuracy of sustentaculum screw placement during calcaneal fixation. *Foot Ankle Int.*, 34: 282–286, 2013.
- GRAS, F., MARINTSCHEV, I., WILHARM, A., LINDNER, R., KLOS, K., MÜCKLEY, T., HOFMANN, G. O.: Sustentaculum tali screw placement for calcaneus fractures- different navigation procedures compared to the conventional technique. *Z. Orthop. Unfall.*, 148: 309–318, 2010.
- JANZEN, D. L., CONNELL, D. G., MUNK, P. L., BUCKLEY, R. E., MEEK, R. N., SCHECHTER, M. T.: Intraarticular fractures of the calcaneus: value of CT findings in determining prognosis. *AJR Am. J. Roentgenol.*, 158: 1271–1274, 1992.
- KOPP, L., OBRUBA, P., MIŠIČKO, R., EDELMANN, K., DŽUPA, V.: Artroskopicky asistovaná osteosyntéza kalkanea: klinické a rentgenologické výsledky prospektivní studie. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 79: 228–232, 2012.
- OLEXA, T. A., EBRAHEIM, N. A., HAMAN, S. P.: The sustentaculum tali: anatomic, radiographic and surgical considerations. *Foot Ankle Int.*, 21: 400–403, 2000.
- PANG, Q. J., YU, X., GUO, Z. H.: The sustentaculum tali screw fixation for the treatment of Sanders type II calcaneal fracture: A finite element analysis. *Pak. J. Med. Sci.*, 30: 1099–1103, 2014.
- PHISITKUL, P., SULLIVAN, J. P., GOETZ, J. E., MARSH J. L.: Maximizing safety in screw placement for posterior facet fixation in calcaneus fractures: a cadaveric radio-anatomical study. *Foot Ankle Int.*, 34: 1279–1285, 2013.
- QIANG, M., CHEN, Y., ZHANG, K., LI, H., DAI, H.: Effect of sustentaculum screw placement on outcomes of intra-articular calcaneal fracture osteosynthesis: A prospective cohort study using 3D CT. *Int. J. Surg.*, 19: 72–77, 2015.
- RAMMELT, S., DÜRR, C., SCHNEIDERS, W., ZWIPP, H.: Minimal-invasive Osteosynthese von Kalkaneusfrakturen. *Oper. Orthop. Traumatol.*, 24: 383–395, 2012.
- RAMMELT, S., ZWIPP, H.: Fractures of the Calcaneus: Current Treatment Strategies. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 81: 177–196, 2014.
- RICHTER, M., ZECH, S.: Intraoperative 3-Dimensional imaging in foot and ankle trauma- experience with a second – generation device (ARCADIS-3D). *J. Orthop. Trauma*, 23: 213–220, 2009.
- SANDERS, R., FORTIN, P., DIPASQUALE, A., WALLING, A.: Operative treatment in 120 displaced intra-articular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomographic scan classification. *Clin. Orthop.*, 290: 87–95, 1993.
- STEHLÍK, J., ŠTULÍK, J.: Zlomeniny patní kosti. Praha, Galén 2005.
- ZEMAN, J., MATĚJKA, J., MATĚJKA, T., SALÁŠEK, M., ZEMAN, P., NEPRAŠ, P.: Výsledky léčení oboustranné zlomeniny patní kosti otevřenou repozicí a vnitřní fixací (ORIF LCP). *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 80: 142–147, 2013.

Korespondující autor:

MUDr. Jan Pazour
Husova 10
460 63 Liberec 1
E-mail: jan.pazour@nemlib.cz