

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Miniinvazivní osteosyntéza intramedulárním hřebem: hodnocení výsledků 280 zlomenin patních kostí

Minimally Invasive Osteosynthesis with Intramedullary Nail: Evaluation of Outcomes of 280 Calcaneal Fractures

MARTIN POMPACH¹, MARTIN CARDA¹, P. BOŠTÍK¹, DAVID PRCHAL², PAVEL DRÁČ^{3,4}, MAREK PEML⁵¹Oddělení úrazové chirurgie, Nemocnice Pardubického kraje, a.s.²Oddělení chirurgie a traumatologie, Nemocnice Vyškov, a.s.³Traumatologická klinika Lékařské fakulty Univerzity Palackého a Fakultní nemocnice Olomouc⁴Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého Olomouc⁵Traumatologické oddělení, Nemocnice České Budějovice, a.s.**Korespondující autor:**

MUDr. Martin Pompach, Ph.D.
Oddělení úrazové chirurgie
Nemocnice Pardubického kraje, a.s.
Kyjevská 44, 532 03 Pardubice
m.pompach@gmail.com

Pompach M, Carda M, Boštík P, Prchal D, Dráč P, Pehl M. Miniinvazivní osteosyntéza intramedulárním hřebem: hodnocení výsledků 280 zlomenin patních kostí. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2025;92:326–335.

ABSTRACT**Purpose of the study**

Fractures of the calcaneus are always very serious injuries that, due to their nature or when inadequately treated, can have permanent consequences. Minimally invasive methods, such as the C-nail, help reduce both intraoperative and postoperative risks.

The aim of the study is a retrospective evaluation of a group of 260 patients with 280 calcaneus fractures treated surgically with the C-nail in the period from 2011 to 2023. The hypotheses of a lower incidence of postoperative infection, a lower risk of sural nerve injury, and a higher AOFAS functional score need to be confirmed or disproved. Thanks to the higher biomechanical stability of the C-nail and the minimally invasive approach, a lower incidence of postoperative complications is expected.

Material and methods

In the period 2011–2023, 304 patients with 324 calcaneus fractures were operated on using the C-nail. A total of 260 patients were followed up at 12 months after surgery. The values of Böhler's angle and incongruence of the posterior articular surface of the calcaneus were recorded from X-ray and CT documentation immediately after the injury, postoperatively, and 12 months after surgery. Furthermore, complications were monitored, namely the development of infection, neurological symptoms (sural nerve injury), presence of osteoarthritis, and the non-union formation. The functional outcome was assessed 12 months after surgery using the AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) scoring system. Data from the available medical literature were used as a control set.

Results

The patients in the study group underwent surgery at the age between 17 and 75 years. Men represented 88.5 % of cases, women 11.5 % of cases. A total of 48.0 % of patients were smokers and 8.2 % were patients with diabetes. The

patients were classified based on the CT scan as type I (n=19), type II (n=175), type III (n=62) and type IV (n=24) according to Sanders classification. Eight patients in the group sustained an open calcaneus fractures. The mean Böhler angle measured preoperatively was 7.9°, the Böhler angle measured immediately after surgery was 30.9° on average. A slight decrease to the mean value of 28.6° was observed one year after surgery. Based on the CT scan, the mean preoperative step-off was 6.0 mm, while the mean postoperative step-off was 0.9 mm. The mean AOFAS score at 12 months after surgery was 91.9 points.

Discussion

When analyzing both surgical methods, the study confirmed that the calcaneal nailing method has comparable functional outcomes compared to the open lateral approach and the use of a locking plate. Comparative studies prove higher biomechanical resistance of the calcaneal nail and lower incidence of soft tissue damage than the use of calcaneal plates. Osteosynthesis with a C-nail can be indicated for all types of intra-articular calcaneal fractures. This

method can also offer benefits to high-risk patients, for example, to patients with well-controlled diabetes, smokers or elderly patients. The group included cases where nailing was used in open fractures with satisfactory results. As for hypothesis No. 1, the incidence of infection in our study was 0.3 % (ELA up to 2.69 %), as for hypothesis No. 2, the incidence of sural nerve injury was 0 % (ELA up to 6.25%), and as for hypothesis

No. 3, the AOFAS score was 91.9 points (ELA up to 72 points).

Conclusions

Osteosynthesis with a C-nail can be used for all types of intra-articular calcaneal fractures. The aim of the study was to evaluate the X-ray and functional outcome of intramedullary osteosynthesis at 12 months after surgery. A lower incidence of postoperative complications was

recorded in the group. The established hypotheses were confirmed, namely a lower incidence of infection, zero percentage of sural nerve injury, and an increased AOFAS functional score. It is a surgical method that produces outcomes comparable to those of the open lateral approach and the use of a locking plate.

Key words: calcaneal nail, calcaneal fracture, minimally invasive approach.

ÚVOD

Zlomeniny patní kosti jsou právem zařazeny mezi nejzávažnější typy zlomenin, které vyžadují v indikovaných případech operační řešení. Nedokonalá repozice dislokovaných fragmentů nebo nedostatečná fixace, popřípadě nezhojení či infekce měkkých tkání, může vést k závažným trvalým následkům. Proto je vždy snahou operátora dosáhnout co nejdokonalejší repozice v souladu s jemnou operační technikou, které vedou k lepším pooperačním výsledkům, spokojenosti pacienta a návratu k jeho původním aktivitám.

V současné době začíná na většině pracovištích převažovat miniinvasivní operační přístup. Otevřená repozice a osteosyntéza s prodlouženým laterálním přístupem může být spojena s určitým rizikem poruch hojení operační rány. Miniinvasivní postup, který umožňuje patní hřeb C-nail, může toto riziko snížit.

Cílem studie je na vlastním souboru pacientů se zlomeninou patní kosti retrospektivně zhodnotit radiologické a funkční výsledky a výskyt komplikací. Naměřené hodnoty je třeba následně porovnat s výsledky studií, kde bylo použito dlahové osteosyntézy z otevřeného laterálního přístupu.

Hypotéza 1:

Miniinvasivní repozice a fixace zlomeniny patní kosti hřebem C-nail vede ve srovnání s otevřeným laterálním přístupem a dlahovou osteosyntézou k menšímu výskytu infekčních komplikací.

Hypotéza 2:

Miniinvasivní repozice a fixace zlomeniny patní kosti hřebem C-nail vede ve srovnání s otevřeným laterálním přístupem a dlahovou osteosyntézou k nižšímu výskytu poranění *nervus suralis*.

Hypotéza 3:

Miniinvasivní repozice a fixace zlomeniny patní kosti hřebem C-nail vede ve srovnání s otevřeným laterálním přístupem a dlahovou osteosyntézou k lepším funkčním výsledkům hodnoceným dle funkčního skóre AOFAS.

MATERIÁL A METODIKA

Do retrospektivní studie byly zařazeni pacienti operovaní v období 2011–2023, kteří podstoupili po 1 roce pooperační sledování. K operačnímu výkonu bylo přistoupeno v průměru 5. den od přijetí v rozmezí 0–23 dnů. V souboru byli operováni pacienti akutně i s odstupem od úrazu po ústupu otoku.

Zařazovací kritéria do studie:

Všechny nitrokloubní zlomeniny klasifikované dle Sanderse – typ I, IIA, IIB, IIC, IIIAB, IIIAC, IIIBC a IV na základě CT vyšetření.

Vylučovací kritéria:

Zlomeniny s drobnými abrupcemi patní kosti nevhodné k osteosyntéze, děti s aktivní kalkaneální apofýzou, pacienti s patní kostí kratší než 65 mm, infekce měkkých tkání, dekompenzovaným diabetem, těžkou vaskulopatií, imunodeficitem nebo nespolupracující pacienti (alkoholový či drogový abusus, těžké duševní onemocnění). Naopak nikotinismus a kompenzovaný DM nebyly považovány za důvod k vyloučení ze studie.



Obr.1. Otevřená luxační zlomenina s poškozením měkkých tkání na mediální straně, úrazová rána délky 1 cm. Vyjádřený kompartment syndrom nohy.

Fig. 1. Open luxation fracture with soft tissue damage on the medial side, trauma wound 1 cm in length. Expressed compartment syndrome of the foot.



Obr. 2. CT scan zhotovený předoperačně v axiální (a), frontální (b) a sagitální (c) projekci. Na CT scanech je patrná extrémní dislokace fragmentů zadní kloubní plochy, impakce fragmentu do laterálního malleolu. Šípka ukazuje přítomnost vzduchu v měkkých tkáních na mediální straně.

Fig. 2. CT scan obtained preoperatively in axial (a), frontal (b) and sagittal (c) projection. The CT scans show extreme displacement of fragments of the posterior articular surface, a fragment impacted in the lateral malleolus. The arrow shows the presence of air in the soft tissues on the medial side.



Obr. 3. CT scan obtained preoperatively in axial (a), frontal (b) and sagittal (c) projection. Po repozici je patrné správné umístění hřebu C-nail, kongruence zadní kloubní plochy.

Fig. 3. CT scan taken postoperatively in axial (a), frontal (b) and sagittal (c) projection. After the reduction, the correct placement of the C-nail, congruence of the posterior facet is visible.

Vyšetření a sledované parametry:

Předoperačně byl u pacientů zaznamenán věk a pohlaví. Zlomeniny byly klasifikovány dle Sanderse (21) podle předoperačního CT, byl změřen Böhlerův úhel a míra dislokace na zadní kloubní ploše. Stav měkkých tkání byl hodnocen dle klasifikace Gustilo a Anderson (9) pro otevřené zlomeniny a pro uzavřené zlomeniny dle Tscherny a Oestern (16). Sledovali jsme přítomnost DM a nikotinu. Pooperačně bylo provedeno rtg a CT vyšetření, změřena hodnota Böhlerova úhlu a kvalita repozice na zadní kloubní ploše (step-off). Monitorovali jsme komplikace ve smyslu vzniku hlubokého infektu, neurologických příznaků (poranění *nervus suralis*), přítomnost artrózy, nutnost extrakce hřebu a vznik paklobu. Po 12 měsících bylo u pacientů provedeno rtg a CT vyšetření a změřen Böhlerův úhel (obr. 7). Funkční výsledek byl zhodnocen dle AOFAS Ankle-Hind foot Scale. Dalším údajem k hodnocení byla doba, kdy došlo k prvnímu zatížení po operaci.

Popis operační techniky

Základním principem celé operace je repozice, provedená ze „sinus tarsi“. Operační řez je veden od apexu fibuly směrem k bázi čtvrtého metatarzu. Repozici rozlomené zadní kloubní plochy provádíme vždy směrem od mediální k laterální straně. Ke korekci správné osy patní kosti a obnově její výšky lze s výhodou použít patní distraktor, který je zaveden z laterální strany do *tuber calcanei* a do distální metafýzy holenní kosti. Po repozici zadní kloubní plochy jsou fragmenty dočasně fixovány Kirschnerovými dráty. Správnost repozice kontrolujeme pomocí Brodénovy projekce či artroskopicky zavedením optiky k přední a zadní části zadní kloubní plochy, tzv. „na sucho“. Konečná fixace zadní kloubní plochy je provedena pomocí dvou spongiózních šroubů 4,0 mm s krátkým závitem, které směřují na *sustentaculum tali* a vytváří tak spolu se sustentakulárními šrouby v hřebu pevný celek, který zabrání kolapsu zadní kloubní plochy. Dalším krokem je obnova Böhlerova úhlu



Obr. 4. Kožní nekróza na mediální straně hlezna způsobená ischemií kůže na podkladě kompartment syndromu (a). Chirurgicky vyřešeno nekrektomií (b), podtlakovou terapií (c) a meshovaným dermo-epidermálním štěpem (d).

Fig. 4. Skin necrosis on the medial side of the foot caused by ischemia of the skin based on compartment syndrome (a). Surgically resolved by necrectomy (b), negative pressure wound therapy (c), and meshed dermo-epidermal graft (d).



pomocí Schanzova šroubu, zavedeného do *tuber calcanei*. Následně je zacílen vodící drát ve směru osy patní kosti pod úponem Achillovy šlachy směrem na střed *processus anterior calcanei*. Kanylovaným vrtákem vytváříme otvor pro hřeb v patní kosti. Pomocí cílicího zařízení zavádíme hřeb do otvoru v patní kosti (obr. 8). Nejprve jsou zavedeny dráty do sustentakulárního fragmentu. Pokud je jejich pozice správná, jsou vyměněny za šrouby příslušné délky. V dalších krocích jsou do hřebu zavedeny zbývající fixační šrouby. Po odstranění cílicího zařízení je změřena velikost zátky a tím je hřeb uzavřen (obr. 5).

Obr. 5. Sinus tarsi přístup, stav po uzavření operačních ran.

Fig. 5. Sinus tarsi approach, state after closing the surgical wounds.



Obr. 6. Pacient po operaci oboustranné zlomeniny patní kosti metodou C-nail v kombinaci s operačním přístupem sinus tarsi. Vertikalizaci zahájil 5. pooperační den pomocí odlehčovacích bot.

Fig. 6. Patient after surgery for a bilateral calcaneal fracture treated with a C-nail in combination with the sinus tarsi approach. Verticalization was initiated on the 5th postoperative day using off-loading shoes.

Pooperační péče

Již první pooperační den je zahájena aktivní rehabilitace. Pacienti aktivně procvičují hlezenní kloub. Druhý pooperační den je odstraněna drenáž. Ve všech případech je indikována profylaxe hluboké žilní trombózy pomocí nízkomolekulárního heparinu po dobu jednoho měsíce. Sádrová fixace není u žádného pacienta pooperačně indikována. Postupná zátěž na operovanou patní kost je povolena v rozmezí od 6. do 8. týdne. Pacienti s oboustrannou zlomeninou se před vertikalizací pohybují na invalidním vozíku. U jednoho pacienta byly použity k vertikalizaci odlehčovací boty (RES – Rückfussentlastungss-tiefel – HansSachs®, Dresden, Germany (obr. 6).



Obr. 7. Pooperační boční rtg snímek po zavedení patního hřebu C-nail.

Fig. 7. Postoperative lateral-view X-ray with introduced C-nail.

VÝSLEDKY

Z celkového počtu 304 pacientů s 324 zlomeninami patní kosti, podstoupilo po 12 měsících pooperační sledování celkem 260 pacientů. V těchto dosledovaných případech bylo 20 oboustranných zlomenin. Věkové rozmezí bylo mezi 17–75 roky (průměrně $46,9 \pm 13,0$, Me: 46). V souboru bylo sledováno 230 mužů (88,5 %) a 30 žen (11,5 %). Bylo zaznamenáno celkem 125 (48,0 %) kuřáků a 21 (8,1 %) diabetiků typu I/II s dobrou kompenzací. Oboustrannou zlomeninu patní kosti jsme zaznamenali u 20 (7,7 %) případů (tab. 1).

Tab. 1. Hlavní charakteristiky 260 pacientů s 280 intraartikulárními zlomeninami patní kosti operovaných přístupem sinus tarsi a patním hřebem C-nail

Table 1. Main characteristics of 260 patients with 280 intra-articular calcaneal fractures operated on by the sinus tarsi approach and C-nail

VĚK		(17–75)	Ø 46.9 SD ± 13
POHLAVÍ	Muži	230	88,5 %
	Ženy	30	11,5 %
KUŘÁCI	Ano	125	48,0 %
	Ne	135	52,0 %
DIABETES MELLITUS	Ano	21	8,1 %
	Ne	239	91,9 %
OBOUSTRANNÁ ZLOMENINA	Ano	20	7,7 %
	Ne	240	92,3 %
DOBA PŘIJETÍ-OPERACE	Dny	(0–23)	Ø 5
DOBA OPERACE-PROPUŠTĚNÍ	Dny	(3–63)	Ø 8,3



Obr. 8. Zavedení patního hřebu miniin vazivně pomocí cíličního zařízení.

Fig. 8. Minimally invasive C-nail insertion using the aiming device.

Tab. 2. Klasifikace 280 zlomenin patní kosti dle Sanderse a dle poškození měkkých tkání**Table 2.** Classification of 280 calcaneal fractures according to Sanders and according to soft tissue damage

SANDERS	I	19	6,8 %
	II	175	62,5 %
	III	62	22,1 %
	IV	24	8,6 %
GUSTILO & ANDERSON	o I	3	1,1 %
	o II	3	1,1 %
	o IIIa	1	0,4 %
	o IIIb	1	0,4 %
TSCHERNE & OESTERN	c 0	30	10,7 %
	c I	125	44,6 %
	c II	116	41,4 %
	c III	1	0,4 %

Pacienti byli klasifikováni na základě CT vyšetření dle Sanderovy klasifikace typ I $n = 19$ (6,8 %), typ II $n = 175$ (62,5 %), typ III $n = 62$ (22,1%) a typ IV $n = 24$ (8,6 %). Poškození měkkých tkání bylo hodnoceno dle Gustilo & Andersona a Tscherne & Oesterna. V souboru bylo celkem 8 (2,8 %) pacientů s otevřenými zlomeninami patní kosti (tab. 2). V jednom případě byla zaznamenána otevřená luxační zlomenina s vyjádřeným kompartment syndromem. Jednalo se o zlomeninu typu Sanders IIB, s extrémní dislokací fragmentů a vpáčením laterálního fragmentu do oblasti zevního malleolu. Na mediální straně paty byla patrná tržná rána 1 cm. Vzhledem k extrémní dislokaci fragmentů, otoku a hematomu byla ohrožena vitalita končetiny. Z operačního řezu na laterální straně byl odstraněn hematoma, provedena repozice dislokovaných fragmentů, tím snížen extrémní tlak na měkké tkáně a provedena osteosyntéza hřebem (obr. 1–4).

Průměrná hodnota Böhlerova úhlu měřená předoperačně byla $7,9^\circ \pm 2,9$, Me:5, (-58° – 40°), Böhlerův úhel měřený ihned po operaci byl průměrně $30,9^\circ \pm 9,9$, Me:32 (15° – 40°). Po roce od operace byl zaznamenán mírný pokles Böhlerova úhlu na průměrných $28,6^\circ \pm 16,2$, Me:30 (15° – 40°), ($p = 0.00006$). Na základě CT vyšetření byla předoperační hodnota schodku zadní kloubní plochy (step-off) průměrně 6.0 mm $\pm 4,9$, Me:5 (0–30 mm), zatím co pooperační hodnota tohoto parametru byla průměrně 0.9 mm $\pm 1,3$, Me:0, (0–10 mm) (tab. 3).

Průměrná hodnota AOFAS dosáhla po 1 roce 91,9 bodu $\pm 44,8$, Me:90, (63–100). U zlomenin typu Sanders I ($n = 19$) AOFAS 94,5 bodů, Sanders II ($n = 175$) AOFAS 92,5 bodů, Sanders III ($n = 62$) AOFAS 90,4 bodů, Sanders IV ($n = 24$) 89,3 bodů (tab. 4).

Posttraumatická artróza subtalárního kloubu byla po ročním sledování pacientů zjištěna v devíti případech (3,2 %), pouze v jednom případě (0,4 %) bylo nutné přistoupit k subtalární artrodéze pro silnou bolest.

Tab. 3. Hodnoty v 280 případech intraartikulárních zlomenin patní kosti ukazují průměrné hodnoty Böhlerova úhlu předoperačně, pooperačně a rok po operaci. Další CT skeny ukazují průměrný step-off na zadní kloubní ploše před a po operaci
Table 3. Values for 280 cases of intra-articular calcaneal fractures show the mean values of Böhler's angle preoperatively, postoperatively, and at 1 year after surgery. Additional CT scans show the mean step-off at the posterior facet before and after surgery

	PRŮMĚR	SD	MIN.	MAX.
Böhlerův úhel (předoperačně)	7,9°	2,9	-58°	40°
Böhlerův úhel (pooperačně)	30,9°	9,9	15°	40°
Böhlerův úhel (12 měsíců)	28,6°	16,2	15°	40°
Step-off (předoperačně) mm	6,0	4,9	0	30
Step-off (pooperačně) mm	0,9	1,3	0	10

Neurologické komplikace nebyly prokázány u žádného pacienta.

U tří pacientů se vyvinula okrajová nekróza rány (1,1 %). Pouze u jednoho pacienta (0,3 %) se vyvinula hluboká infekce (Stafylococcus aureus). C-nail byl v tomto případě použit u fraktury typu kachní zobák (beak fracture) a infekce se vyvinula v místě zavedení hřebu.

Pouze u 10 pacientů (3,6 %) byl C-nail extrahován, a to v jednom případě z důvodu infektu, dále z důvodu bolesti a na přání pacienta.

Průměrná doba od přijetí k operačnímu výkonu byla 5. den $\pm 5,1$, Me:3, (0–23). Pacienti byli propuštěni z nemocnice v průměru 8. pooperační den $\pm 4,8$, Me:7, (3–63 dní).

Z výše uvedených výsledků lze konstatovat, že všechny zlomeniny patní kosti se zhojily a nebyl zaznamenán vznik paklobu.

Pacientům bylo povoleno zatěžovat operovanou končetinu za průměrnou dobu 7,8 $\pm 2,5$ týdne, Me:8. V případě použití odlehčovacích bot (RES – Rückfussentlastungstiefel – HansSachs®, Dresden, Germany) zatěžoval pacient obě dolní končetiny současně 5. pooperační den. Jednalo se o pacienta s tříštivou zlomeninou patní kosti klasifikovanou dle Sanderse vpravo typ IIIBC, vlevo typ IIB.

Pokud je porovnáván vlastní soubor s literárními pracemi výše uvedených autorů je třeba uvést, že jednotlivé soubory

Tab. 4. Funkční výsledky AOFAS podle závažnosti zlomeniny patní kosti po 12 měsících u 280 zlomenin**Table 4.** AOFAS functional outcomes for 280 calcaneal fractures according to calcaneal fracture severity at 12 months

SANDERS	N (12 MĚSÍCŮ)	AOFAS 12 MĚSÍCŮ
I	19	94,5
II (A, B, C)	175	92,5
III (AB, AC, BC)	62	90,4
IV	24	89,3

Tab. 5. Porovnání ranných komplikací a funkčního skóre miniinvasivním přístupem STA a C-nailu oproti prodlouženému laterálnímu přístupu (ELA) a dlahy

Table 5. Comparison of early complications and functional scores with the minimally invasive STA with a C-nail versus the extended lateral approach (ELA) with a locking plate

	AUTOR	N	HLUBOKÝ INFEKT %	PORANĚNÍ N. SURALIS %	PAKLOUB %	ARTRÓZA SUBTALÁRNÍHO KLOUBU %	EXTRAKCE HŘEBU %	AOFAS
ELA+dlaha	Gaskill et al. 2010 (7)	158	5,7	-	3,8	12,7	10,1	75,0
	Wu et al. 2012 (26)	170	11,7	-	-	0,5	2,4	84,7
	Ding et al. 2013 (5)	490	7,3	-	-	-	3,0	-
	Rammelt et al. 2013 (19)	149	5,4	-	0	6,0	57,0	72,6
	Backes et al. 2014 (2)	279	13,6	-	-	-	20,0	-
	Sanders et al. 2014 (22)	108	0,9	6,5	-	28,7	50,0	75
	Makki et al. 2010 (13)	45	3,5	19	-	11,1	11,1	85
	Haugsdal et al. 2013 (10)	-	-	3-10	-	-	-	-
STA+Calcanail	Herlyn et al. 2019 (11)	20	-	0	0	10,0	20,0	70,3
STA+Calcanail	Fourgeaux et al. 2019 (6)	26	3,8	0	-	7,7	7,7	79,0
STA+C-nail	Zwipp et al. 2016 (28)	106	0,9	-	-	0	2,8	92,6
STA+C-nail	Veliceasa et al. 2020 (25)	75	0	-	-	8,0	0	90,2
STA+C-nail	Pompach et al. (2021)(18)	265	0,4	0	0	3,2	3,6	90,5

nejsou homogenní ve smyslu věku, pohlaví a zastoupení jednotlivých typů zlomenin dle Sandersovy klasifikace.

DISKUSE

V metaanalýzách srovnávajících prodloužený laterální přístup (ELA) a *sinus tarsi* approach (STA) (14, 17) bylo zahrnuto celkem 29 studií provedených během posledních 20 let (tab. 5). Tyto práce jasně prokázaly méně komplikací při použití mini invazivního přístupu STA. Metha a kol. (14) uváděli nižší komplikace při použití STA, a navíc i kratší operační dobu. Významné statistické údaje byly zaznamenány u okrajová nekrózy rány při ELA, kde hodnoty činily 11,11 % a při STA 2,09 %. Míra infekce byla u ELA 6,56 % vs. STA 0,8 %. Nervové léze byly zaznamenány při ELA ve 2,69 % oproti STA ve 0,96 %. Peng a kol. (17) dospěli k závěru, že STA je výhodnější než ELA z důvodu menšího počtu komplikací, anatomické pozice, kratší operační a pooperační doby. Zjistili zejména četnost infekce rány u ELA 9,21 % proti STA 2,63 % ($p < 0,001$), nekrózy kožního laloku ELA 8,78 % vs. STA 1,26 % ($p < 0,001$) a poranění nervů u ELA 6,25 % vs. STA 1,48 % ($p < 0,001$). Makki a kol. (13) udává výskyt hluboké infekce v 3,5 % a poranění surálního nervu v 19 %. Haugsdal a kol. (10) v přehledu literatury udává při užití prodlouženého laterálního přístupu iritaci surálního nervu v 3–10 %. V naší studii činila míra pooperační infekce hodnot 0,3 %, což potvrzuje hypotézu č. 1 a 0 % poranění *n. suralis*, což potvrzuje hypotézu č. 2.

V literatuře lze najít několik experimentálních studií týkajících se stability dlahy oproti hřebu. V roce 2014 byla provedena první kadaverózní studie (8) pro typ zlomeniny Sanders IIB. Rozlomená patní kost byla fixována buď hřebem Calcanail® se dvěma 3,5 mm uzamykatelnými šrouby, nebo AO calcaneal locking plate® (Synthes Inc., Paoli, PA 19301-1222, USA) s pěti zamykatelnými šrouby. V jednoosém hydraulickém zkušebním stroji bylo aplikováno maximálně 25 kN. Některé zkušební kosti selhaly hluboko pod zatížením 200 N, ale Calcanail vykazoval významně vyšší tuhost a přenášel vyšší zatížení až do selhání než kalkaneální dlahy.

Dalším biomechanickým testem byla zkouška tří implantátů v hydraulickém stroji. V této experimentální studii (20) bylo použito 21 čerstvě zmrazených lidských patních kostí se standardizovanou zlomeninou Sanders IIB. Zlomeniny byly fixovány pomocí hřebu Calcanail® včetně dvou zajišťovacích šroubů ($n = 8$) nebo pomocí hřebu C-nail® obsahujícího 7 zajišťovacích šroubů ($n = 7$) nebo s dlahou RIMBUS® (Intercus GmbH; Rudolstadt, Německo) včetně 6 zajišťovacích šroubů. Ve sledovaných parametrech byly oba patní hřeby hodnoceny lépe než dlahy. Významný rozdíl byl nalezen u sekvence testování dynamického selhání, ve kterém selhalo 87,5 % implantátů Calcanail na rozdíl od 14 % ve skupině C-nail a 66 % ve skupině s dlahou Rimbus.

Nejběžnější léčba pomocí ELA a fixace dlahou zaručuje i dlouhodobě (10 až 20 let) dobré skóre AOFAS 75 bodů (1, 2–5, 7, 13, 15, 19, 22, 26, 27, 29). Tato metoda až ve 12,0 % zahrnuje komplikace vyžadující operaci (5). Těmito

komplikacemi jsou hematomy indikované k revizi mezi 0 % a 7 %, nekróza okraje rány mezi 2 % a 25 %, povrchová infekce měkkých tkání mezi 2,5 % a 20,1 % a také hluboké infekce měkkých tkání v rozsahu od 0,9 % do 13,6 %. Poškození surálního nervu je u této skupiny léčby uváděno až v 19 % (13). V sérii čítající přes 100 pacientů, např. Rammelt et al. (19) u 149 pacientů po průměrné době sledování 7,9 let zaznamenává 6,0 % subtalární artrózy s potřebou sekundární artrodézy. Sanders a kol. (22) prezentuje u 108 pacientů do 10 až 20 let po operaci nutnost podstoupení sekundární subtalární fúze celkem u 29 % pacientů.

Simon a kol. (23) předložili v roce 2015 studii 63 pacientů s 69 dislokovaných zlomenin patních kostí léčených hřebem Calcanail®. Ve sledování 54 pacientů po 12,3 měsících mělo již 10 (18,5 %) subtalární fúzi, 6 primárně a 4 sekundárně během prvních 12,3 měsíců. Fourgeaux a kol. (6) publikovali v roce 2019 sérii 26 po sobě jdoucích pacientů, u kterých bylo během 2,8 let sledování zjištěno celkem šest komplikací (23 %). Jednou z hlavních komplikací byla osteomyelitida (3,8 %), u jednoho prodloužené hojení rány (3,8 %), dva pacienti potřebovali časně odstranění šroubu (7,6 %), jeden časně odstranění hřebu z důvodu bolesti a impingementu (3,8 %) a u jednoho pacienta se vyvinul komplexní regionální bolestivý syndrom (3,8 %).

Herlyn a kol. (11) porovnali ve smíšených párech 20 případů dislokovaných zlomenin patních kostí řešených hřebem Calcanail® a 20 případů řešených pomocí úhlově stabilní dlahy po 1,6 letech. Rozdíl v celkové míře komplikací mezi skupinami byl významný. Ve skupině Calcanail® bylo pouze 5 % komplikací a ve skupině „Locking plate“ bylo až 50 % komplikací (tab 5).

V roce 2016 byla publikována první větší série, celkem 108 případů léčených hřebem C-nail, zaznamenaná ve třech centrech (28). Celková míra komplikací činila 2,8 %, z toho dva případy ze 108 (1,9 %) souvisely s nekrózou okraje rány klasifikovanou jako povrchová infekce a jeden případ (0,9 %) souvisel s hlubokou infekcí.

Veliceasa a kol. (25) zaznamenali v roce 2020 pouze jeden případ ze 75 (1,3 %) povrchové infekce, nikoli žádný případ hluboké infekce nebo poškození surálního nervu.

Steinhausen a kol. (24) porovnávali 52 případů pacientů operovaných hřebem C-nail se 49 případy ELA s fixací dlahy. Autoři udávají signifikantně méně komplikací ve skupině hřebování (25 %) oproti 51 % ve skupině ELA. To bylo pozorováno zejména s ohledem na nekrózu okraje rány ve skupině C-nail (6 %) oproti 37 % ve skupině ELA.

Hodnoty AOFAS při použití Calcanail nebo C-nail se výrazně liší. Herlyn a kol. napočítali u 20 pacientů po 1,6 letech sledování 70,3 bodů a Fourgeaux et al. uvedli u 26 pacientů při sledování po 2,8 letech 79 bodů. Při použití C-nailu autoři uvedli při 12-ti měsíčním sledování ve 108 případech (28), v 75 případech (25) a 265 (18) případech rozmezí 90,2 až 92,6 bodů AOFAS. Hodnoty v naší studii byly po 12 měsících sledování v průměru 91,9 bodů, což potvrzuje hypotézu č. 3.

V tabulce 3 jsou zaznamenány hodnoty Böhlerova úhlu změřeného před operací, bezprostředně pooperačně a po jednom roce. Z průměrné hodnoty 7,9° došlo k obnovení Böhlerova úhlu na 30,9° a po jednom roce k mírnému poklesu na hodnotu 28,6°. Veliceasa udává po jednom roce sledování snížení Böhlerova úhlu o 3,1° na průměrnou hodnotu 26,6° (25). Dále je v tabulce 4 patrný korelát mezi závažností fraktury klasifikované dle Sanderse a funkčním výsledkem hodnoceném dle AOFAS po 12 měsících. Pacienti začali zatěžovat operovanou končetinu průměrně 7,8 ± 2,5 týden, Me:8. Steinhausen a spol. uvádí při osteosyntéze dlahou průměrnou dobu do plné zátěže 15,4 ± 5,0 týdne, Me:14 (24).

Kopp a kol. (12) prezentují výsledky artroskopicky asistovaných osteosyntéz zlomenin patních kostí na souboru 26 pacientů se 30 zlomeninami. Dle pooperačního CT udávají inkongruenci na zadní kloubní ploše do 1 mm v 85,6 %, 2 mm v 3,6 % a 3 mm v 3,6 % případu. Ve studii bylo zaznamenáno obnovení Böhlerova úhlu z předoperačních hodnot 7,2° na pooperační 35,4°.

Načasování operačního přístupu STA v této studii bylo ovlivněno stavem měkkých tkání a bylo provedeno v průměru 5 dní ± 5,1 po úrazu, což je v průměru o 6 dní dříve ve srovnání s dostupnou literaturou hodnotící ELA a fixaci pomocí dlahy. Naproti tomu všech osm otevřených zlomenin včetně jedné luxační s vyjádřeným akutním kompartment syndromem bylo operováno urgentně uvolněním hematomu a fixováno pomocí C-nailu (obr. 1–4). Tento postup se liší od literatury, protože autoři, kteří preferují ELA a fixaci dlahy, preferují postupné řešení. Pokud měkké tkáně operaci umožňují, měla by být provedena co nejdříve. Pouze postižení měkkých tkání s puchýři ohrožuje přínos časně operace. V takových případech je také hřebování odloženo, dokud otok neustoupí a obal měkkých tkání se zotaví.

Při porovnání vlastní studie s výsledky z odborné literatury je patrné, že hřebování patní kosti lze provést pro všechny typy zlomenin klasifikované dle Sanderse (typ I–IV). Modifikovaný laterální operační přístup je miniinvasivní a šetrný k měkkým tkáním. Při hřebování patní kosti s použitím přístupu sinus tarsi je výrazně nižší výskyt pooperační infekce. Z tohoto důvodu je možné tuto operační techniku použít i u kuřáků či dobře kompenzovaných diabetiků. V souboru byly zaznamenány i operace u pacientů vyššího věku.

ZÁVĚR

Osteosyntézu hřebem C-nail je možno použít pro všechny typy nitrokloubních zlomenin patních kostí. Jedná se o operační metodu, která má srovnatelné výsledky oproti otevřenému laterálnímu přístupu a použití úhlově stabilní dlahy. Z výsledků vyplývají výhody miniinvasivity – šetrnost k měkkým tkáním. Repozice a fixace zlomeniny patní kosti hřebem C-nail vede ve srovnání s otevřeným laterálním přístupem a dlahovou

osteosyntézou k menšímu výskytu komplikací. Nízké procento poranění nervus suralis a pooperační infekce spolu s vyšším bodovým hodnocením AOFAS potvrzuje hypotézy č. 1, 2 a 3.

Hřebování je vhodné i pro otevřené a luxační zlomeniny. Použití miniinvasivní techniky v kombinaci s patním hřebem

zaručuje také vysokou biomechanickou stabilitu. Pacienti časně rehabilitují a zatěžují operovanou končetinu již po 6. týdnu a plně již po 7.–8. týdnu. Zaznamenané komplikace byly celkově nižší než při použití klasické metody osteosyntézy patní kosti pomocí otevřeného přístupu a dlahy. ■

Literatura

1. Al-Mudhaffar M, Prasad CVR, Mofidi A. Wound complications following operative fixation of calcaneal fractures. *Injury*. 2000;31:461–464.
2. Backes M, Schepers T, Beerekamp MSH, Luitse JSK, Goslings JC, Schep NWL. Wound infections following open reduction and internal fixation of calcaneal fractures with an extended lateral approach. *Int Orthop*. 2014;38:767–773.
3. Basile A, Albo F, Via AG. Comparison between sinus tarsi approach and extensile lateral approach for treatment of closed displaced intra-articular calcaneal fractures: a multicenter prospective study. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55:513–521.
4. Court-Brown CM, Schmidt M, Schutte BG. Factors affecting infection after calcaneal fracture fixation. *Injury*. 2009;40:1313–1315.
5. Ding L, He Z, Xiao H, Chai L, Xue F. Risk factors for postoperative wound complications of calcaneal fractures following plate fixation. *Foot Ankle Int*. 2013;34:1238–1244.
6. Fourceaux A, Estens J, Fabre T, Laffenetre O, Lucas y Hernandez J. Three-dimensional computed tomography analysis and functional results of calcaneal fractures treated by an intramedullary nail. *Int Orthop*. 2019;43:2839–2847.
7. Gaskill T, Schweitzer K, Nunley J. Comparison of surgical outcomes of intra-articular calcaneal fractures by age. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:2884–2889.
8. Goldzak M, Simon P, Mittlmeier T, Chaussemier M, Chiergatti R. Primary stability of an intramedullary calcaneal nail and an angular stable calcaneal plate in a biomechanical testing model of intraarticular calcaneal fracture. *Injury*. 2014;45.
9. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:453–458.
10. Haugsdal J, Dawson J, Phisitkul P. Nerve injury and pain after operative repair of calcaneal fractures: a literature review. *Iowa Orthop J*. 2013;33:202–207.
11. Herlyn A, Brakelmann A, Herlyn PK, Gradl G, Mittlmeier T. Calcaneal fracture fixation using a new interlocking nail reduces complications compared to standard locking plates – preliminary results after 1.6 years. *Injury*. 2019;50:63–68.
12. Kopp L, Obruba P, Mišičko R, Edelmann K, Džupa V. Artroskopicky asistovaná osteosyntéza kalkanea: klinické a rentgenologické výsledky prospektivní studie. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2012;79:228–232.
13. Makki D, Alnajjar HM, Walkay S, Ramkumar U, Watson AJ, Allen PW. Osteosynthesis of displaced intra-articular fractures of the calcaneum: a long-term review of 47 cases. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92:693–700.
14. Mehta CR, An VVG, Phan K, Sivakumar B, Kanawati AJ, Suthersan M. Extensile lateral versus sinus tarsi approach for displaced, intra-articular calcaneal fractures: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2018;13:1–6.
15. Metsemakers WJ, Morgenstern M, McNally MA, Moriarty TF, McFadyen I, Scarborough M, Athanasou NA, Ochsner PE, Kuehl R, Raschke M, Borens O, Xie Z, Velkes S, Hungerer S, Kates SL, Zavravras C, Giannoudis PV, Richards RG, Verhofstad MHJ. Fracture-related infection: a consensus on definition from an international expert group. *Injury*. 2018;49:505–510.
16. Oestern HJ, Tschernke H, Sturm J, Nerlich M. Klassifizierung der Verletzungsschwere [Classification of the severity of injury]. *Unfallchirurg*. 1985;88:465–472.
17. Peng C, Yuan B, Guo W, Li N, Tian H. Extensile lateral versus sinus tarsi approach for calcaneal fractures: a meta-analysis. *Medicine (United States)*. 2021;100:E26717.
18. Pompach M, Carda M, Pendl M, Prchal D, Amlang M. Less invasive treatment of 265 intraarticular calcaneal fractures with an interlocking nail (C-nail). *Int J Orthop Res*. 2021;4:85–93.
19. Rammelt S, Zwipp H, Schneiders W, Dürr C. Severity of injury predicts subsequent function in surgically treated displaced intraarticular calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471:2885–2898.
20. Reinhardt S, Martin H, Ulmar B, Döbele S, Zwipp H, Rammelt S, Richter M, Pompach M, Mittlmeier T. Interlocking nailing versus interlocking plating in intra-articular calcaneal fractures: a biomechanical study. *Foot Ankle Int*. 2016;37:891–897.
21. Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, Walling A. Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;290:87–95.
22. Sanders R, Vaupel Z, Erdogan M, Downes K. Operative treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures: long-term (10–20 years) results in 108 fractures using a prognostic CT classification. *J Orthop Trauma*. 2014;551–563.
23. Simon P, Goldzak M, Eschler A, Mittlmeier T. Reduction and internal fixation of displaced intra-articular

- calcaneal fractures with a locking nail: a prospective study of sixty nine cases. *Int Orthop*. 2015;39:2061–2067.
24. Steinhausen E, Martin W, Lefering R, Lundin S, Glombitza M, Mester B, Brinkmann N, Dudda M. C-Nail versus plate osteosynthesis in displaced intra-articular calcaneal fractures — a comparative retrospective study. *J Orthop Surg Res*. 2021;16:203.
25. Veliceasa B, Filip A, Pinzaru R, Pertea M, Ciuntu B, Alexa O. Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures with an interlocking nail (C-Nail). *J Orthop Trauma*. 2020;34:E414–E419.
26. Wu Z, Su Y, Chen W, Zhang Q, Liu Y, Li M, Wang H, Zhang Y. Functional outcome of displaced intra-articular calcaneal fractures: A comparison between open reduction/internal fixation and a minimally invasive approach featured an anatomical plate and compression bolts. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;73:743–751.
27. Yeo JH, Cho HJ, Lee KB. Comparison of two surgical approaches for displaced intra-articular calcaneal fractures: sinus tarsi versus extensile lateral approach. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16:63.
28. Zwipp H, Paša L, Žilka L, Amlang M, Rammelt S, Pompach M. Introduction of a new locking nail for treatment of intraarticular calcaneal fractures. *J Orthop Trauma*. 2016;30:e88–e92.
29. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. Calcaneal fractures – open reduction and internal fixation (ORIF). *Injury*. 2004;35(Suppl 2):SB46–54.