

Limitovaný versus extenzivní laterální přístup při osteosyntéze zlomenin patní kosti – srovnání časových a dynamických parametrů krokového cyklu

Limited versus Extended Lateral Approach for Osteosynthesis of Calcaneal Fractures – Comparison of Temporal and Dynamic Parameters of the Gait Cycle

S. JANDOVÁ^{1,3}, J. PAZOUR²

¹ Technická univerzita v Liberci

² Krajská nemocnice Liberec, Traumatologicko-ortopedické centrum

³ Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Currently, operative treatment is preferred in dislocated calcaneal fractures. Most frequently used is the extended lateral approach, the disadvantage of which is the risk of early complications. Therefore, less invasive operative techniques are sought that would reduce the risk of such complications. The presented study aimed to compare the two different surgical approaches with respect to the restoration of gait stereotype using the objective pedobarography. We assume that the limited operative approach in osteosynthesis of intra-articular calcaneal fractures results in comparable or earlier restoration of gait stereotype with regard to temporal and dynamic parameters compared to the extended lateral approach.

MATERIAL AND METHODS

The research study comprised a total of 22 patients who underwent the surgical treatment of intra-articular calcaneal fractures, divided into two groups by the applied operative approach. The first group consisted of 10 patients treated with less invasive *sinus tarsi* operative approach (ST). For osteosynthesis a calcaneal nail (C-nail, Medin, CR) was used. The second group consisted of 12 patients, to whom extended lateral approach (EXT) was applied. For osteosynthesis a calcaneal plate 3.5 mm (DePuy Synthes, Switzerland) was used. Pedobarographic measurement using a tensometric platform was performed in all the patients, always six months post-operatively. Temporal and dynamic variables of the gait cycle during the interaction of the foot with the ground were monitored.

RESULTS

In the EXT group, significant differences between the injured and healthy foot were found in walking 6 months after the surgery in most of temporal and dynamic variables. The ST group, however, showed no significant differences between the values for the injured and healthy foot in most of temporal and dynamic variables.

DISCUSSION

Six months after the surgery, the patients continue to carefully load the heel, regardless of the selected surgical approach, due to which the pressure at this place is significantly reduced and tends to be transferred to the midfoot or forefoot. This finding corresponds with previous studies. The patients undergoing a less invasive surgical approach load both the operated and healthy feet. Also, with regards to temporal parameters, as early as 6 months after the surgery correct gait stereotype is restored under the heel in these patients. We believe this is achieved thanks to less pain due to a limited extent of the surgical approach. On the very contrary, the extended lateral approach can cause deterioration of conditions for the restoration of gait stereotype due to the presence of extensive scarring on the heel side with a limited mobility of talocalcaneal joint or also an impaired mobility of peroneal tendons outside the ankle bone.

CONCLUSIONS

Six months after the surgical treatment of calcaneal fractures changes still persist in gait stereotype. The analysis of temporal and dynamic gait parameters in the followed-up group of patients reveals that the limited *sinus tarsi* surgical approach results in an earlier restoration of gait stereotype compared to the extended lateral approach. A higher number of patients in the respective groups is necessary in order to obtain more general results.

Key words: sinus tarsi; extended lateral approach; plantar pressure; force; contact time.

ÚVOD

Zlomeniny patní kosti představují přibližně 2 % všech zlomenin. Ve většině případů (75 %) se jedná o nitrokloubní zlomeniny (19). Nejčastější příčinou vzniku jsou pády či doskoky z výšky a dopravní nehody. Po-

stížení jsou obvykle lidé v produktivním věku. Morbidita při zlomenině patní kosti bývá dlouhodobá a časté jsou i trvalé následky. Tímto se tento typ zlomenin stává mimo jiné též problémem socioekonomickým.

Následkem špatně zhojené zlomeniny patní kosti je porušení osy zadní části nohy, pokles podélné klenby a rozšíření paty. To je spojeno s nesprávným stereotypem chůze, problémy s nošením konfekční obuvi a chronickými bolestmi.

K získání detailní představy o zlomenině je nejvhodnější výpočetní tomografie (CT). Na základě CT vyšetření byla vytvořena klasifikace zlomenin patní kosti, která je v současné době nejvíce využívána jednak z hlediska volby léčebné strategie a jednak má prediktivní význam z hlediska dlouhodobého funkčního výsledku (22).

Způsob léčby zlomenin patní kosti je ovlivněn řadou faktorů. Vedle charakteru vlastní zlomeniny je to celkový stav pacienta, komorbidita a eventuální přítomnost přidružených poranění. V současnosti je u dislokovaných zlomenin preferována operační léčba, která přináší lepší funkční výsledky než léčba konzervativní (2, 6, 11, 14).

Při operační léčbě je nejčastěji používán extenzivní laterální přístup, který však s sebou přináší riziko ranných komplikací (1, 2, 7, 19). Z tohoto důvodu se hledají méně invazivní přístupy, jako např. přístup na *sinus tarsi* (3, 10), s menším rizikem pooperačních komplikací.

Cílem předkládané studie bylo porovnat tyto dva rozdílné operační přístupy z hlediska obnovení stereotypu chůze s využitím pedobarografické metody. Předpokládali jsme, že limitovaný operační přístup při osteosyntéze nitrokloubních zlomenin patní kosti vede k srovnatelnému či časnějšímu obnovení stereotypu chůze z hlediska dynamických parametrů v porovnání s extenzivním laterálním přístupem. Práce navazuje na pilotní studii, v rámci níž byly zjištěny statisticky významné rozdíly v dynamických parametrech krokového cyklu u pacientů šest měsíců po dlahové osteosyntéze nitrokloubní zlomeniny patní kosti ve srovnání s neporaněnou končetinou (12). V souvislosti s předchozím měřením je možné u obou operačních přístupů očekávat významně nižší hodnoty tlaku pod plantou operované končetiny, a to především pod patou.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

Výzkumu se účastnila skupina 22 pacientů – 21 mužů, jedna žena (průměr \pm SD; věk: $44,96 \pm 11,75$ let; výška: $1,78 \pm 0,05$ m; tělesná hmotnost: $79,5 \pm 11,07$ kg) po operační léčbě nitrokloubní zlomeniny patní kosti. Ve všech případech se jednalo o monotrauma a z anamnestických dat nebylo známo onemocnění či předchozí úraz, které by způsobovaly poruchu chůze. Příčinou úrazu byl u 21 pacientů pád či doskok z výšky, v jednom případě se jednalo o dopravní nehodu.

Pacienti byli rozděleni do dvou podskupin podle použitého operačního přístupu (tab. 1). První skupinu (ST) tvořilo 10 pacientů, kteří byli operováni s využitím méně invazivního přístupu na *sinus tarsi* (obr. 1). Po repozici kloubní plochy talokalkaneálního kloubu byly fragmenty stabilizovány šroubem zavedeným z laterální strany do *sustentaculum tali*. Repozice hrbolu patní kosti byla provedena již miniinvazivně pomocí repozičních nástrojů. K osteosyntéze byl použit kalkaneální hřeb C-nail (Medin, ČR). Druhou skupinu (EXT) tvořilo

Tab. 1. Distribuce typů zlomenin v jednotlivých skupinách

Klasifikace zlomeniny	Skupina 1 (ST) n = 10	Skupina 2 (EXT) n = 12
Sanders II	5	6
Sanders III	5	6



Obr. 1. Operační přístup na *sinus tarsi* (vyznačen přerušovanou čarou). Dále označen hrot zevního kotníku a báze páteře metatarsu.

12 pacientů, u nichž byl použit extenzivní laterální přístup. K osteosyntéze byla použita kalkaneální dlahu 3,5 mm (DePuy Synthes, Švýcarsko). Všechny operace provedl jeden operátor. Distribuce jednotlivých typů zlomenin dle Sandersovy klasifikace ve vztahu k použitému operačnímu přístupu znázorňuje tabulka 1. Pooperační režim byl nastaven u všech pacientů stejně. Mobilizace hlezna a kloubů nohy byla započata od prvního pooperačního dne, vertikalizace s pokládáním končetiny bez zátěže od druhého pooperačního dne. Po šesti týdnech od operace byl povolen částečný progresivní nášlap a po 12 týdnech plný nášlap. Rehabilitace byla prováděna na jednom pracovišti podle stejného protokolu. Byla zaměřena na mobilizaci kloubů nohy a hlezna, redukci otoků a po povolení nášlapu na návlek správného stereotypu chůze.

Protokol měření

Měření proběhlo u všech pacientů šest měsíců po operaci. Výzkum každého jedince se uskutečnil v jednom dnu. Pacienti byli seznámeni s designem měření a podepsali informovaný souhlas. Všechna měření byla provedena v souladu s institucionálními etickými zásadami a v souladu s Helsinskou deklarací.

Na začátku experimentu byly zjištěny antropometrické údaje (hmotnost, výška, věk) a byla určena poraněná a zdravá končetina. U sledovaného souboru bylo 7 osob s poraněnou pravou a 15 osob s poraněnou levou končetinou. Končetiny účastníků experimentu byly z hlediska poranění charakterizovány jako poraněná (POR) a zdravá (ZDR). Po pětiminutovém vyzkoušení chůze přes dynamometrickou desku (EMED-c50/R, Novel, Mnichov, Německo) bylo zahájeno měření. Pro potřeby pedobarografické analýzy byli pacienti vyzváni k chůzi naboso přes dynamometrickou desku zabudovanou v podlaze, a to jimi zvolenou rychlostí. Pacienti měli udělat minimálně tři kroky před a tři kroky za dynamometrickou deskou, aby byla zajištěna analýza kroků uprostřed jejich chůze. Měření bylo opakováno celkem desetkrát,



Obr. 2. Plantogram znázorňující maximální tlak na poraněném (POR) chodidle (vlevo) a na zdravém (ZDR) chodidle (vpravo) – zvýšení tlaku v oblasti střední části nohy na POR.

aby bylo možné analyzovat pět došlapů POR a stejně tak pět došlapů ZDR. Frekvence snímání byla 50 Hz.

Analýza dat

Systém EMED-c50/R byl použit pro analýzu stejné fáze krokového cyklu (obr. 2). Snímací plocha tenzometrické desky o velikosti $395 \times 240 \text{ mm}^2$ obsahuje 4 senzory na cm^2 . Frekvence záznamu byla 50 Hz. Data deseti kroků (5 POR, 5 ZDR) byla přenesena do počítače a zpracována systémem Emed (Novel, Mnichov, Německo). Pro další analýzu byly použity průměrné hodnoty 5 POR a 5 ZDR. Sledovány byly pro POR i ZDR tyto

časové parametry: doba kontaktu celého chodidla s podložkou: $C.T$ (ms), doba kontaktu, kdy se pata dotýká podložky: $C.T_{\text{heel}}$ (ms), doba kontaktu, kdy se podložky dotýká pouze pata: $C.T_{\text{heel}}'$ (ms) a tyto dynamické parametry: maximální tlak relativizovaný k hmotnosti pacienta: $P.P_{\text{rel}}$, maximální vertikální síla relativizovaná k hmotnosti: F_{maxrel} , maximální tlak pod patou relativizovaný k tělesné hmotnosti: $P.P_{\text{heelrel}}$.

Koeficienty variance vypočítaných průměrných hodnot z 5 kroků POR a 5 kroků ZDR, které vstupují do finální statistiky, se pohybovaly v rozmezí $CV = 0,5\text{--}1,5 \%$.

Statistické zhodnocení

Získané hodnoty proměnných pro skupinu ST a EXT byly podrobeny statistické analýze pomocí párového t-testu, jehož výsledky uvádí tabulka 2. Rozdíly hodnot byly uznány jako statisticky významné, pokud $p \leq 0,05$. Všechny hodnoty jsou uváděny jako průměrné \pm SD. Výpočty se uskutečnily v systému MATLAB program (Mathworks, Inc., Natick, MA, USA).

VÝSLEDKY

Porovnání časových proměnných na POR a ZDR ukázalo, že u ZDR je doba kontaktu nohy s podložkou ($C.T$) delší u ST o 3,28 % a u EXT o 1,84 % ve srovnání s POR. U ST je tento rozdíl statisticky významný ($p = 0,00735$). Naopak kontakt paty s podložkou $C.T_{\text{heel}}$ i $C.T_{\text{heel}}'$ je u ZDR kratší v porovnání s POR ($C.T_{\text{heel}}$ o 6,65 % u ST a o 16,33 % u EXT; $C.T_{\text{heel}}'$ o 3,55 % u ST a o 17,5 % u EXT). U EXT je tento rozdíl statisticky významný ($p = 0,0009$; $p = 0,03795$). U dynamických proměnných – proměnné $P.P_{\text{rel}}$ jsou hodnoty u obou operačních přístupů na zdravé končetině vyšší (o 10,4 % u ST a o 24,16 % u EXT) a u EXT je tento rozdíl statisticky významný ($p = 0,00585$). U proměnné F_{maxrel} jsou hodnoty u obou operačních přístupů na zdravé končetině vyšší (o 2,81 % resp. o 4,47 %) a u EXT je opět tento rozdíl statisticky významný ($p = 0,0022$). Hodnoty $P.P_{\text{heelrel}}$ jsou u ZDR statisticky významně vyšší u obou přístupů (EXT: $p = 0,0186$; ST: $p = 0,0055$). Přehledně jsou výsledky uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2. Rozdíly v časových a dynamických parametrech mezi ZDR a POR u dvou operačních přístupů

Proměnná	ST					EXT				
	ZDR	POR	Rozdíl ZDR-POR	Rozdíl (%) ZDR-POR (%)	p-hodnota	ZDR	POR	Rozdíl ZDR-POR	Rozdíl (%) ZDR-POR (%)	p-hodnota
$C.T$ [ms]	905,8	876,1	29,7	3,28	0,007	877,6	861,4	16,2	1,84	0,051
$P.P_{\text{rel}}$ [kPa]	6,268	5,616	0,652	10,4	0,114	6,208	4,708	1,5	24,16	0,006
F_{maxrel} [N]	11,795	11,464	0,331	2,81	0,052	11,126	10,629	0,497	4,47	0,002
$C.T_{\text{heel}}$ [ms]	593,6	635,9	-42,3	6,65	0,124	553	661,8	-108,2	16,33	0,001
$P.P_{\text{heelrel}}$ [kPa]	4,206	3,692	0,514	12,22	0,006	4,206	3,734	0,472	11,22	0,019
$C.T_{\text{heel}}'$ [ms]	138,7	143,8	-5,1	3,55	0,419	120,4	145,2	-24,8	17,5	0,04

ST – přístup na sinus tarsi, EXT – extenzivní laterální přístup, $C.T$ – doba kontaktu celého chodidla s podložkou, $C.T_{\text{heel}}$ – doba kontaktu, kdy se pata dotýká podložky, $C.T_{\text{heel}}'$ – doba kontaktu, kdy se podložky dotýká pouze pata, $P.P_{\text{rel}}$ – maximální tlak relativizovaný k hmotnosti pacienta, F_{maxrel} – maximální vertikální síla relativizovaná k hmotnosti, $P.P_{\text{heelrel}}$ – maximální tlak pod patou relativizovaný k tělesné hmotnosti. Hodnoty označené tučně vyjadřují statisticky významný rozdíl.

Porovnáme-li rozdíly hodnot mezi dvěma operačními přístupy, pak můžeme konstatovat, že ve skupině EXT byly zjištěny statisticky významné rozdíly při chůzi 6 měsíců po operaci mezi POR a ZDR u převážně většiny časových i silových proměnných (kromě C.T). Naproti tomu ve skupině ST nebyly rozdíly mezi hodnotami u POR a ZDR u většiny časových proměnných (kromě C.T) i silových proměnných (kromě $P.P_{heelrel}$) statisticky významné (tab. 2).

DISKUSE

Cílem operační léčby zlomenin patní kosti je obnovení kongruence kloubní plochy talokalkaneálního a kalkaneokuboidálního kloubu, napravení celkového tvaru a osy patní kosti následované stabilní osteosyntézou, která zajišťuje udržení repozice do zhojení zlomeniny při možnosti časné rehabilitace. Extenzivní laterální přístup umožňuje velmi dobrou vizualizaci celé patní kosti z laterální strany, včetně talokalkaneálního a kalkaneokuboidálního kloubu. Po repozici kloubních ploch a napravení tvaru a osy patní kosti je pak zlomenina fixována speciální dlahou. Nevýhodou extenzivního laterálního přístupu je, že je zatížen poměrně vysokým rizikem ranných komplikací, které jsou v literatuře uváděny v rozmezí 3–25 % (1, 2, 19). Obava z komplikací je argumentem pro hledání méně invazivních operačních přístupů, které umožní dosažení kvalitní repozice a dostatečně stabilní osteosyntézy při nižším riziku časných pooperačních komplikací. Dobrou vizualizaci talokalkaneálního kloubu umožňuje přístup na *sinus tarsi* (3, 10). Z tohoto přístupu je možno pod zrakovou kontrolou provést repozici a osteosyntézu kloubní plochy talokalkaneálního kloubu. Repozice hrbolu patní kosti je následně prováděna nepřímo pomocí různých repozičních nástrojů (Kirschnerovy dráty, Schanzovy šrouby, repoziční kleště). K osteosyntéze je možno použít samostatné šrouby, dráty či kalkaneální hřeb (18, 25). V literatuře jsou popsány též čistě perkutánní repoziční techniky (24), případně s artroskopickou kontrolou repozice kloubní plochy (5, 16). Hodnocení výsledků léčby je založeno na klinickém vyšetření rozsahu pohybu v kloubech hlezna a nohy, zhodnocení osového postavení nohy a stavu klenby nožní. Pacientem je hodnocena míra bolesti a stupeň omezení v různých aktivitách denního života. Rentgenovým vyšetřením je sledována kvalita repozice kloubní plochy a obnovení tvaru a osy patní kosti. Zejména klinické vyšetření je do značné míry subjektivní, jak ze strany vyšetřujícího, tak pacienta (20). Z tohoto důvodu se mohou využívat objektivní metody (např. pedobarografická metoda), které analyzují chůzi pacientů po operační léčbě a je tak možné porovnáním naměřených hodnot mezi zdravou a operovanou končetinou objektivně zhodnotit posttraumatické následky v daném časovém intervalu od operace a obnovení stereotypu krokového cyklu (8, 23). Ač podle některých starších studií výsledky získané pomocí pedobarografie korelují s výsledky klinického vyšetření (17), v novějších studiích se často objevuje mezi zmíněnými metodami rozpor (15, 23). I přes uspokojivé klinické a rtg výsledky

může pedobarografické vyšetření poukázat na statisticky významné rozdíly mezi zadní a přední částí nohy operované končetiny, a to především v hodnotách průměrného tlaku a síly (4).

S rozvojem operační léčby nitrokloubních zlomenin patní kosti došlo k zlepšení funkčních pooperačních výsledků (2, 6, 11, 14). Naším měřením bylo zjištěno rozložení tlaků na chodidle mezi zdravou a operovanou končetinou při chůzi u pacientů operovaných dvěma rozdílnými operačními přístupy. Ukázalo se, že šest měsíců po operaci fraktury patní kosti stále přetrvávají významné rozdíly v interakci chodidla zdravé a operované nohy s podložkou. To je ve shodě s pozorováním jiných autorů, kteří zjistili, že i přes velmi uspokojivé klinické a radiologické výsledky u pacientů po operativní léčbě fraktury patní kosti jsou v rozložení tlaků pod plantou u zdravé a operované nohy stále významné rozdíly, a to i dva roky po operaci, navzdory obnovení tvaru patní kosti zjištěnému rentgenovým vyšetřením operované paty (8). U obou operačních přístupů bylo v našem souboru patrné snížení maximálního tlaku pod patou s přenesením tlaku více do oblasti střední části nohy, což koresponduje s dostupnou literaturou (9, 13). Dále je po fraktuře patní kosti patrný nášlap více přes laterální stranu nohy (21). Z hlediska maximální síly působící na podložku (F_{maxrel}) byly zjištěny statisticky významné rozdíly pouze u extenzivního operačního přístupu. Znamená to tedy, že u pacientů operovaných méně invazivním operačním přístupem dochází již šest měsíců po operaci k více symetrickému zatěžování zdravé a operované končetiny než je tomu u pacientů, kteří byli operováni extenzivním laterálním přístupem.

Z hlediska časových proměnných jsme zjistili, že u pacientů operovaných méně invazivním přístupem dochází ke kontaktu paty s podložkou sice déle v porovnání se zdravou končetinou (delší C.T_{heel}), ale rozdíl není statisticky významný. Oproti tomu při extenzivním operačním přístupu je tento rozdíl statisticky významný a chůze je i šest měsíců po operaci asymetrická. Z hlediska obnovy správného krokového cyklu s ohledem na eliminaci stranových rozdílů po operaci se tedy jeví jako vhodná varianta nácviku správného nášlapu na patu s postupným zatěžováním středonoží a předonoží i za cenu déletrvající oporové fáze na POR. Nácviku správného nášlapu je tedy nutné při poúrazové rehabilitaci věnovat zvláštní pozornost, tak aby nedocházelo k jednostranné antalgické chůzi a následnému zafixování špatného pohybového stereotypu.

Z realizovaného měření vyplývá, že pacienti při chůzi 6 měsíců po operaci, bez ohledu na zvolený operační přístup, stále opatrně došlapují na patu, čímž se tlak v tomto místě statisticky významně eliminuje s tendencí přenést jej laterálním směrem a dále od paty k střední části nohy a přední části nohy. Nicméně pacienti po méně invazivním přístupu zatěžují operovanou končetinu obdobně jako zdravou a také z hlediska časových parametrů došlapu u nich dochází k časnější obnově správného krokového stereotypu. Vysvětlením by mohla být menší bolestivost v důsledku šetrnějšího operačního přístupu. Naopak extenzivní laterální přístup může zhoršovat pod-

mínky pro obnovu stereotypu chůze díky větší míře jizvení na laterální straně paty s omezením pohyblivosti v talokalkaneálním kloubu, případně i porušením mobility peroneálních šlach v oblasti zevního kotníku.

Jsmo si vědomi toho, že zjištěné výsledky by bylo vhodné porovnat s klinickým hodnocením s odstupem 12 měsíců, avšak dle našeho názoru lze očekávat lepší klinické výsledky u ST i s odstupem jednoho roku, jelikož po 6 měsících byl u ST signifikantně lepší stereotyp chůze.

ZÁVĚR

Z provedeného měření vyplývá, že po operační léčbě zlomenin patní kosti typu Sanders II a III stále přetrvávají po šesti měsících od operace změny ve stereotypu chůze i přes intenzivní rehabilitaci. Nicméně výsledky studie prokázaly, že limitovaným operačním přístupem na *sinus tarsi* je možno z hlediska časových a dynamických parametrů docílit časnější obnovy stereotypu chůze ve srovnání s extenzivním laterálním přístupem.

Jsmo si vědomi limitů naší studie, kterými jsou zejména malý soubor pacientů a krátká doba sledování. Předpokládáme, že opakovaná měření v delších časových intervalech po operaci u většího souboru pacientů zvýší objektivitu našeho pozorování.

Literatura

- Al-Mudhaffar M, Prasad CV, Mofidi A. Wound complications following operative fixation of calcaneal fractures. *Injury*. 2000;31:461–464.
- Buckley RE, Tough S, McCormack R, Pate G, Leighton R, Petrie D, Galpin R. Operative compared with nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective, randomized, controlled multicenter trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84:1733–1744.
- Carda M, Pompach M. Semiinvasive lateral subtalar approach for osteosynthesis of calcaneal fractures. *Úraz Chir*. 2010;18:46–49.
- Contreras MEK, Muniz AMS, Souza JBD, Avila AOV, Borges Junior NG, Barbosa DRF, Kroth LMM, Filho MR. Biomechanical evaluation of intra articular calcaneal fracture and clinical radiographic correlation. *Acta Ortop Bras*. 2004;12:105–112.
- Gavlik JM, Rammelt S, Zwipp H. The use of subtalar arthroscopy in open reduction and internal fixation of intra-articular calcaneal fractures. *Injury*. 2002;33:63–71.
- Gougoulas N, Khanna A, McBride DJ, Maffulli N. Management of calcaneal fractures: systematic review of randomized trials. *Br Med Bull*. 2009;92:153–167.
- Gould N. Lateral approach to the os calcis. *Foot Ankle*. 1984;4:218–220.
- Hetsroni I, Ben-Sira D, Nyska M, Ayalon M. Plantar pressure anomalies after open reduction with internal fixation of high-grade calcaneal fractures. *Foot Ankle Int*. 2014;35:712–718.
- Hirschmüller A, Konstantinidis L, Baur H, Müller S, Mehlhorn A, Kontermann J, Grosse U., Südkamp NP, Helwig, P. Do changes in dynamic plantar pressure distribution, strength capacity and postural control after intra-articular calcaneal fracture correlate with clinical and radiological outcome? *Injury*. 2011;42:1135–1143.
- Hospodar P, Guzman C, Johnson P, Uhl R. Treatment of displaced calcaneus fractures using a minimally invasive sinus tarsi approach. *Orthopedics*. 2008;31:1112.
- Ibrahim T, Rowsell M, Rennie W, Brown AR, Taylor GJ, Gregg PJ. Displaced intra-articular calcaneal fractures: 15-year follow-up of a randomised controlled trial of conservative versus operative treatment. *Injury*. 2007;38:848–855.
- Jandová S, Černeková M, Pazour J. Plantar pressure asymmetry in patients six months after surgical treatment of calcaneal fractures in adults. *BJMMR*. 2016;15:1–8.
- Jansen H, Frey SP, Ziegler C, Meffert RH, Dohr S. Results of dynamic pedobarography following surgically treated intra-articular calcaneal fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133:259–265.
- Jiang N, Lin QR, Diao XC, Wu L, Yu B. Surgical versus nonsurgical treatment of displaced intra-articular calcaneal fracture: a meta-analysis of current evidence base. *Int Orthop*. 2012;36:1615–1622.
- Kinner BJ, Best R, Falk K, Thon KP. Is there a reliable outcome measurement for displaced intra-articular calcaneal fractures? *J Trauma Acute Care Surg*. 2002;53:1094–1102.
- Kopp L, Obruba P, Mišičko R, Edelmann K, Džupa V. Arthroscopically-assisted osteosynthesis of calcaneal fractures: Clinical and radiographic results of a prospective study. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2012;79:228–232.
- Mittlmeier T, Lob G, Fabler MM, Bauer G. Dynamic pedography – a tool for the evaluation of therapeutic success after fracture treatment. In: Cappozzo A, Marchetti M, Tosi V (eds.). *Biomechanics: a century of research using moving pictures*. Promograph, Roma, 1992, pp 271–292.
- Nosewicz T, Knupp M, Barg A, Maas M, Bolliger L, Goslings JC, Hintermann B. Mini-open sinus tarsi approach with percutaneous screw fixation of displaced calcaneal fractures: a prospective computed tomography-based study. *Foot Ankle Int*. 2012;33:925–933.
- Rammelt S, Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury*. 2004;35:443–461.
- Richter M, Zech S, Geerling J, Frink M, Knobloch K, Krettek C. A new foot and ankle outcome score: questionnaire based subjective, visuall-analogue-scale, validated and computerized. *Foot Ankle Surg*. 2004;12:191–199.
- Rosenbaum D, Lübke B, Bauer G, Claes L. Long-term effects of hindfoot fractures evaluated by means of plantar pressure analyses. *Clin Biomech*. 1995;10:345–351.
- 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.
- Schepers T, Van der Stoep A, Van der Avert H, Van Lieshout EM, Patka P. Plantar pressure analysis after percutaneous repair of displaced intra-articular calcaneal fractures. *Foot Ankle Int*. 2008;29:128–135.
- Stehlík J, Štulík J. Vlastní metoda léčby dislokovaných zlomenin patní kosti. *Rozhl Chir*. 1998;77:389–395.
- Zwipp H, Pasa L, Zilka L, Amlang M, Rammelt S, Pompach M. Introduction of a new locking nail for treatment of intraarticular calcaneal fractures. *J Orthop Trauma*. 2016;30:88–92.

Korespondující autor:

Doc. PhDr. Soňa Jandová, Ph.D.
Studentská 1402/2
461 17 Liberec 1
E-mail: sona.jandova@tul.cz