

Tibiotalkalkaneální artrodéza: srovnání metod fixace, střednědobé klinické výsledky

Tibiototalcaneal Arthrodesis: Comparison of Fixation Methods, Mid-Term Clinical Results

J. RAPI, L. NACHTNEBL, M. MAHDAL, V. APOSTOLOPOULOS, J. LISKAY, T. TOMÁŠ

I. ortopedická klinika Fakultní nemocnice U sv. Anny v Brně a Lékařské fakulty Masarykovy univerzity, Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The authors focused on the topic of tibiototalcaneal arthrodesis. It is a surgical procedure used to manage severe comprehensive ankle and hindfoot pathology. The scope of surgery and the negative impact on the walking stereotype are offset by preserving a weight-bearing and pain-free limb. The purpose of the study was to evaluate the group of patients who had undergone surgery at the First Department of Orthopaedic Surgery, St. Anne's University Hospital Brno and to identify the most suitable fixation for arthrodesis. It also aimed to compare the outcomes achieved by the authors with those reported by other departments.

MATERIAL AND METHODS

The group included patients operated on at the authors' department between 2011 and 2021. The surgery was indicated in patients with severe concomitant arthritis of the upper and lower ankle, complex hindfoot instability, Charcot arthropathy. Contraindications included acute infection, decompensated diabetes and heavy smoking. The study compares fixation using a lateral plate, a retrograde nail and a retrograde nail with fibula acting as biological plate. The patients were scored preoperatively and postoperatively using the AOFAS Ankle-Hindfoot Score. Statistical analysis of the results was also carried out.

RESULTS

The group included 23 patients, of whom a lateral plate was opted for in 7 patients, a retrograde nail in 8 patients and a retrograde nail with fibula used as a biological plate in 8 patients. The patients of the group were followed up for the period ranging from 0.5 to 9 years after surgery. Serious complications were observed by the authors in 6 patients of the group. The failure of osteosynthesis material was reported in 2 cases with lateral plating fixation. A stress fracture above the apex of the nail developed in 2 cases. A serious infection was observed by the authors in 1 patient. The method associated with the lowest incidence of complications was the fixation with a retrograde nail and fibula used as a biological plate.

DISCUSSION

The forms of fixation for tibiototalcaneal arthrodesis have recently advanced considerably, the methods of fixation for arthrodesis in particular. The modern implants enable to compress the individual structures, to provide stable fixation and potentially to avoid long-term plaster cast fixation. Nonetheless, these surgical procedures are associated with a high complication rate. Currently, there is no consensus in international studies on the optimal fixation for arthrodesis. Numerous papers describe complications including postoperative infections, failure of osteosynthesis material and fractures close to osteosynthesis material. The number and the type of complications observed by the authors in their group of patients were similar to those reported by other authors.

CONCLUSIONS

Tibiototalcaneal arthrodesis is a surgical procedure reserved exclusively for patients indicated based on strict criteria and should be performed by an experienced team able to cope with potential complications. In the followed-up group of patients, the optimal method of fixation for arthrodesis appeared to be the fixation with a retrograde nail and fibula used as a biological plate.

Key words: tibiototalcaneal arthrodesis, retrograde nail, lateral ankle plate, ankle instability, ankle arthrosis, biological plate.

ÚVOD

Obtíže vycházející z talokurálního kloubu spojené s poškozením talokalkaneálního kloubu jsou poměrně častým problémem pacientů nejen s revmatoidní artritidou. Často vidíme toto kombinované postižení jak posttraumaticky, při primární artróze, při selhání primární operace, ale i při Charcotově artropatii (28). Tibiotalkalkaneální artrodéza efektivně řeší i poměrně těžké destrukce a osová deviace (5, 10, 14, 28, 31). Při destrukci

kosti je vhodné si vypomoci autologními i alogenními kostními štěpy (2, 9, 23), možností je i použití preformovaných spacerů (2). Kompletní děza horního i dolního hlezenního kloubu je díky výraznému vlivu na stereotyp chůze a praktickou imobilizaci zadní části nohy vyhrazena pro pacienty až po důkladném zvážení indikace (13, 25, 31). Měla by být zvážena při těžkých osových deformitách a destrukci kosti, kdy již zachovný zákrok nepřinese výrazné zvýšení životního komfortu pacienta (2, 10). V případě nevýrazné osová deviace a technické

možnosti zachovat alespoň jeden ze zmíněných kloubů by měly být izolované zákroky, či zákroky na obou kloubech, přičemž alespoň jeden zůstane nebolestivě pohyblivý, preferovány (13, 25, 31).

Mezi nejčastější komplikace se řadí nezhojení artrodézy, selhání osteosyntetického materiálu a infekce (11). Samozřejmostí je dobré technické vybavení pracoviště, použití perioperačního rtg a vzhledem k technické náročnosti výkonu i zkušený tým, který je obeznámen s operativou nohy (24).

Autoři rovněž volili různé operační techniky. Nejčastější byl klasický otevřený přístup, a to jak přední, případně laterální a poměrně vzácněji posterolaterální či zadní přístupu přes šlachu Achillovu (5). V recentních pracích mnozí autoři využívají artroskopickou či artroskopicky asistovanou techniku s dobrými výsledky (3, 19).

Preoperační stanovení výrazných rizikových faktorů takto rozsáhlého výkonu se projevilo jako velmi důležité. Dle zkušenosti autorů této práce v konsenzu s jinými autory byly jako nejzávažnější komorbidity definovány dekompenzovaný diabetes, závažný nikotinismus, stavy po proběhlých infekcích v oblasti hlezna a závažná cévní onemocnění (6, 11, 16, 17, 18, 24).

Cílem práce bylo vyhodnocení souboru operovaných pacientů a z prováděných způsobů fixace artrodézy nalézt takový, který přináší co nejmenší četnost komplikací a zároveň zaručuje optimální prohojení fúzovaných kostí.

MATERIÁL A METODIKA

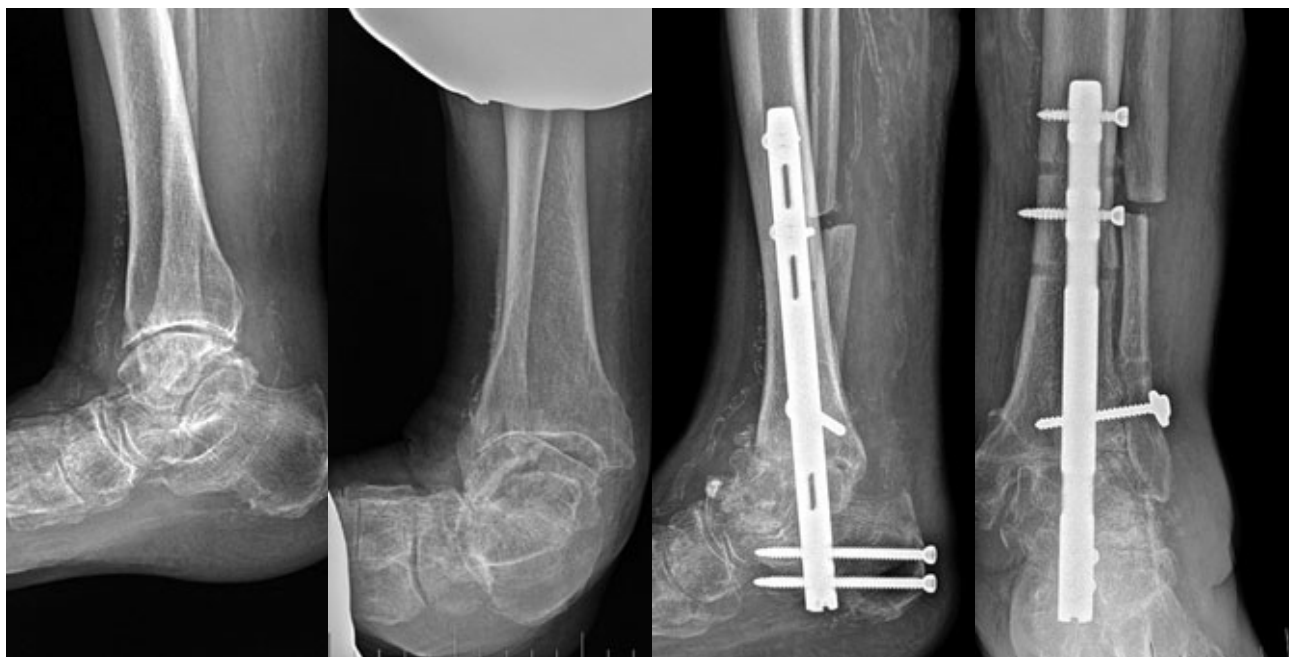
Do hodnoceného souboru byli zařazeni pacienti operovaní na I. ortopedické klinice Fakultní nemocnice u svaté Anny v Brně a Masarykovy univerzity v letech

2011 až 2021 metodou tibiotalkalkaneální artrodézy. Průměrná doba sledování činila 3 roky (0,5–9). Indikacemi k operacím byly revmatická artritida, primární pantalární artróza, posttraumatická artróza, komplexní nestabilita talokrurálního a talokalkaneálního kloubu, neuromuskulární onemocnění, stavy po selhaných primárních výkonech (TEP talokrurálního kloubu, děza talokrurálního kloubu, děza talokalkaneálního kloubu) a neuropatická postižení (Charcotova artropatie). Kontraindikováni k výkonu byli pacienti s floridní infekcí, s dekompenzovaným diabetem, pacienti se závažným onemocněním periferních cév, těžcí kuřáci (nad 15 cig./den) a noncompliantní pacienti.

V rámci předoperačního plánování byly provedeny standardní rtg snímky hlezna, v případě nejasného nálezu kostní trofiky či v případě těžkých deformit doplněny CT vyšetřeními. U rizikových pacientů bylo doplněno cévní vyšetření a neurologické vyšetření.

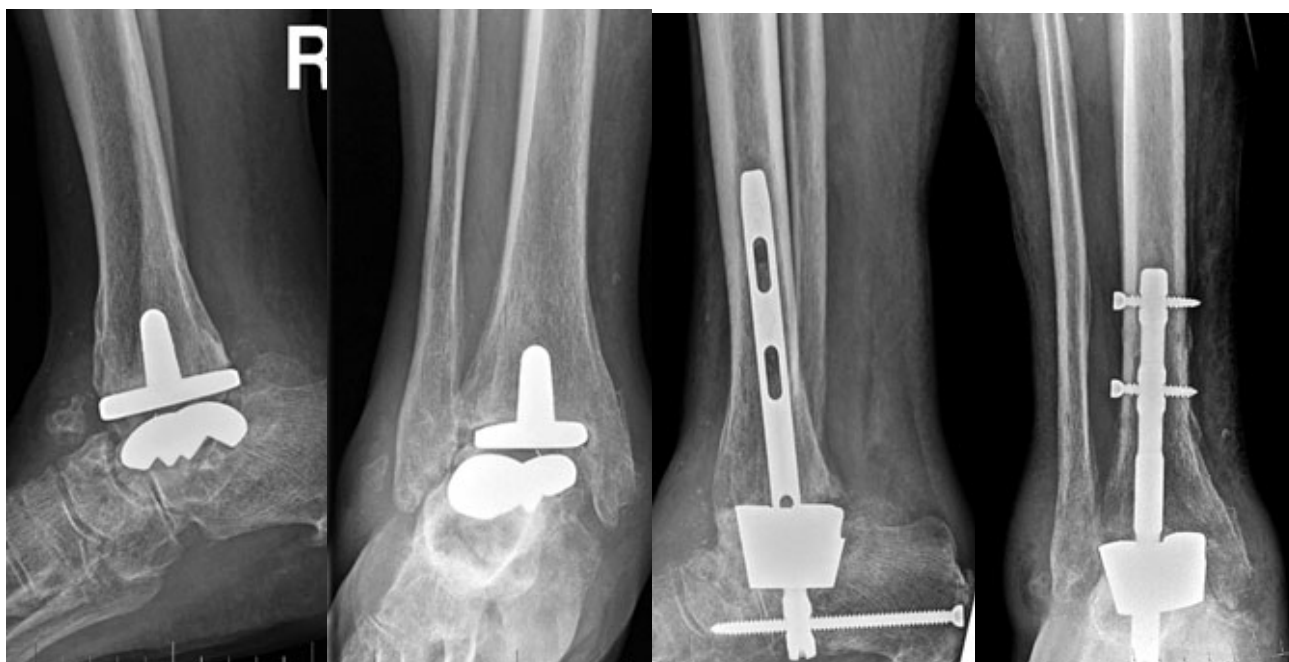
Tibiotalkalkaneální artrodéza byla fixována různými způsoby. Autoři k fixaci použili retrográdní hřeb Panta Nail (Integra, Princeton, USA) jak s resekcí distální fibuly, tak s použitím distální fibuly jako biologické dlahy, dále použili dlahu AnkleFix plus (Zimmer-Biomet, Warsaw, USA). K revizním operacím byl použit retrográdní hřeb Phoenix (Zimmer-Biomet, Warsaw, USA). Primárně byl při kostním defektu využit spacer z trabekulárního kovu a v případě revizních operací autologní spongioplastika doplněná alogenní spongioplastikou (obr. 1–4).

Operace provedli 4 lékaři erudovaní v operativě nohy. Pacienti byli standardně operováni s použitím turniketu, v supinační poloze a svodné anestezii. Během operace byly prováděny kontrolní snímky na perioperačním rtg přístroji. Ve většině případů byl zvolen laterální přístup s osteotomií fibuly. Výjimečně autoři použili přední pří-



Obr. 1. Použití retrográdního hřebu Panta Nail doplněného laterální biologickou dlahou z fibuly u pacienta s artritickým postižením a nestabilitou horního i dolního hlezna.

Fig. 1. Use of a retrograde Panta Nail supplemented with a lateral biological fibula plate in a patient with arthritic disability and instability of the upper and lower ankle.



Obr. 2. Použití tibiálního trabekulárního kovového augmentu jako náhrada nekrotického talu.
Fig. 2. Use of tibial trabecular metal augment as a replacement for necrotic talus.

stup. V případě použití laterální dlahy byla distální fibula resekována, případně využita k autologní spongioplastice. V případě použití retrográdního hřebu autoři u poloviny pacientů distální fibulu resekovali a použili ji na autospongioplastiku, u druhé poloviny resekovali jen její mediální kortikalis a artikulační plochu přilehlou k talu. Následně fibulu fixovanou měkkými tkáněmi dorzálně použili jako biologickou dlahu. U pacientů, kde byla artrodéza fixována laterální dlahou, byly resekovány kloubní plochy distální tibie a talu proximálně i distálně

a zadní facety kalkanea. U fixace retrográdním hřebem byly resekovány jen kloubní plochy distální tibie a talu proximálně. Talocalcaneální kloub nebyl resekován. Perioperačně byl zaveden Redonův drén, který byl in situ ponechán maximálně 36 hodin. Operace standardně proběhly pod ATB clonou, antibiotika byla dávkována po 8 hodinách do extrakce drénu. Pooperačně byla končetina fixována v nechodící sádrové dlaze do zhojení rány, zpravidla 2 týdny. Následně byli pacienti převedeni na další 4 týdny do nechodící rigidní hlezenní ortézy. Po



Obr. 3. Selhání laterální dlahy a následné přehřebování retrográdním hřebem doplněným alogenní spongioplastikou.
Fig. 3. Lateral plate failure and subsequent reoperation with a retrograde nail supplemented with allogeneic spongioplasty.



Obr. 4. Stressfraktura nad retrográdním hřebem – řešeno přehřebováním revizním hřebem, následně dynamizací s alogenní spongioplastikou a pro přetrvávající pakloub extrakcí hřebu a dlahovou osteosyntézou.

Fig. 4. Stress fracture above the retrograde nail – solved by reoperation with a revision nail, followed by dynamization with allogeneic spongioplasty and for the persistent pseudoarthrosis by nail extraction and plate osteosynthesis

uplynutí 6 týdnů od operace byla umožněna částečná zátěž operované končetiny v rigidní ortéze na dalších 4–6 týdnů dle rtg známek prohojování artrodézy. Po uplynutí 3 měsíců byla fixace sejmuta a dovolena plná zátěž operované končetiny. Po dobu naložení rigidní fixace byli pacienti antikoagulováni nízkomolekulárním heparinem, případně převedeni na předoperační chronickou antikoagulaci.

Celý soubor pacientů byl bezprostředně před operací a 6 měsíců po operaci, či reoperaci, skórován dle dotazníku AOFAS pro zadní nohu. Z dotazníku bylo nutné vyřadit dotazy na pohyblivost horního hlezenního kloubu a na poruchu stereotypu chůze. Při nepřítomnosti zásadních komplikací byl dle pozorování autorů stav operované končetiny po 6 měsících od poslední operace ustálen, nicméně u všech pacientů souboru probíhají pravidelné ambulantní kontroly. Tibiotalkalkaneální děza z principu vede ke změně stereotypu chůze a k nepohyblivosti zmíněných kloubů. Maximální počet bodů po operaci činí tedy 78 bodů.

Statistika

Kategoriální proměnné (komplikace) byly hodnoceny pomocí kontingenčních tabulek a rozdíly četností v jednotlivých kategoriích byly testovány pomocí Chí-kvadrát testu. AOFAS skóre bylo hodnoceno pomocí lineárního modelu. Hodnocen byl vliv času (před a po) a operační metody ve faktoriálním designu. Opakovaná měření byla zohledněna v modelu pomocí náhodných efektů pro každého pacienta (ANOVA pro opakovaná měření). Výsledky byly zobrazeny pomocí bodového grafu s chybovými úsečkami.

Analýzy byly provedeny v softwaru R verze 3.5.3.

VÝSLEDKY

Soubor zahrnoval 14 mužů a 9 žen, u 3 pacientů autoři provedli reartrodézu. Průměrný věk pacientů činil 59 let (23–78). Z celkového počtu pacientů ($n=23$) jsme

závažné komplikace zaznamenali u 6 pacientů. Ve 2 případech se jednalo o prodloužené hojení měkkých tkání a bylo kompletně zhojeno. Tato komplikace tedy nebyla zařazena do celkového výčtu komplikací. Ve skupině pacientů operovaných metodou fixace laterální dlahou došlo ve 2 případech ze 7 k selhání laterální dlahy AnkleFix plus. Z toho byl jeden implantát ponechán in situ a artrodéza se prohojila v zevní rigidní fixaci. V druhém případě došlo k selhání s destrukcí kosti v oblasti talokurálního kloubu a valgizaci. Autoři provedli konverzi na retrográdní hřeb s alogenní spongioplastikou. Při použití retrográdního hřebu Pantanail bez biologické dlahy z fibuly došlo u 2 pacientů z 8 k stressfraktuře nad apexem hřebu. V 1 případě došlo ke zhojení po přehřebování na delší revizní hřeb Phoenix, ve druhém případě přetrvával po přehřebování pakloub, který byl vyřešen extrakcí intramedulárního hřebu a osteosyntézou 2 dlahami se spongioplastikou. U 1 pacienta z 8 ve skupině hřebů bez biologické dlahy autoři zaznamenali hluboký infekt s nutností extrakce hřebu a hojení v sádrové dleze. Ve skupině pacientů operovaných metodou retrográdního hřebu s použitím fibuly jako biologické dlahy se autoři nesetkali s komplikacemi.

Při hodnocení komorbidit jako rizikového faktoru komplikací autoři zaznamenali koincidenci diabetu ve 4 případech z 6 zaznamenaných komplikací.

Soubor vykazoval předoperačně průměrné skóre AOFAS pro zadní nohu 31 bodů. Pooperačně bylo dosaženo průměrného skóre 69 bodů.

Autoři hodnotili četnost komplikací u jednotlivých metod fixace (tab. 1). Jako metoda s nejnižší incidencí komplikací byla vyhodnocena fixace retrográdním hřebem doplněným fibulou, použitou jako biologická dlahy ($p = 0,122$).

Při porovnání selhání osteosyntetického materiálu (tab. 2) se jeví vhodnější retrográdní hřebování ($p = 0,082$). Dodatečné přidání fibuly jako biologické dlahy k osteosyntéze již statisticky nepřineslo zásadní benefit ($p = 0,526$).

Při hodnocení četností reoperací vzhledem k použité fixaci (tab. 3) nebylo dosaženo statisticky významné hladiny jak v porovnání jednotlivých metod ($p = 0,137$), tak v porovnání metod bez fibuly a s fibulou jako biologickou dlahou ($p = 0,257$).

Ve zhodnocení komplexního zlepšení AOFAS skóre (graf 1) vzhledem k použité operační technice došlo ke zlepšení skóre bez ohledu na použitou metodu ($p < 0,001$). Vliv samotné metody na AOFAS skóre se neprojevil jako signifikantní ($p = 0,975$).

Cíleným dotazem 6 měsíců po operaci, zda by pacienti podstoupili operaci s predikcí současného stavu kladně odpovědělo 22 pacientů.

DISKUSE

Cílem studie bylo nalézt nejvhodnější způsob fixace TTC dýzy, který by vykazoval nejvyšší úspěšnost ve smyslu prohojení artrodézy a zároveň vykazoval nejnižší procento komplikací. Mnohé biomechanické studie uvádějí různé možnosti fixace artrodézy a jejich stabilitu (1, 4, 12, 22). Možností je použití zevního fixátoru při nekvalitním kožním krytu, artrodéza šrouby, případně fixace dlahová doplněná šrouby a v neposlední řadě artrodéza retrográdním hřebem (7, 15, 21, 27). Preferována

Tab. 1. Četnost komplikací jednotlivých metod fixace
Table 1. Frequency of complications of individual fixation methods

Metoda	Komplikace – Ano	Komplikace – Ne
Dlaha	2 (28,6 %)	5 (71,4 %)
Hřeb	3 (37,5 %)	5 (62,5 %)
Hřeb + fibula	0 (0 %)	8 (100 %)

Chi-square test: $p = 0,167$

Srovnání dlaha/hřeb x hřeb+fibula: Fisher test $p = 0,122$

Plate/nail x nail+fibula comparison: Fisher test $p = 0,122$

Tab. 2. Četnost selhání jednotlivých metod
Table 2. Frequency of failure of individual methods

Metoda	Selhání – Ano	Selhání – Ne
Dlaha	2 (28,6 %)	5 (71,4 %)
Hřeb	0 (0 %)	8 (100 %)
Hřeb + fibula	0 (0 %)	8 (100 %)

Chi-square test: $p = 0,082$

Srovnání dlaha/hřeb x hřeb+fibula: Fisher $p = 0,526$

Plate/nail x nail+fibula comparison: Fisher $p = 0,526$

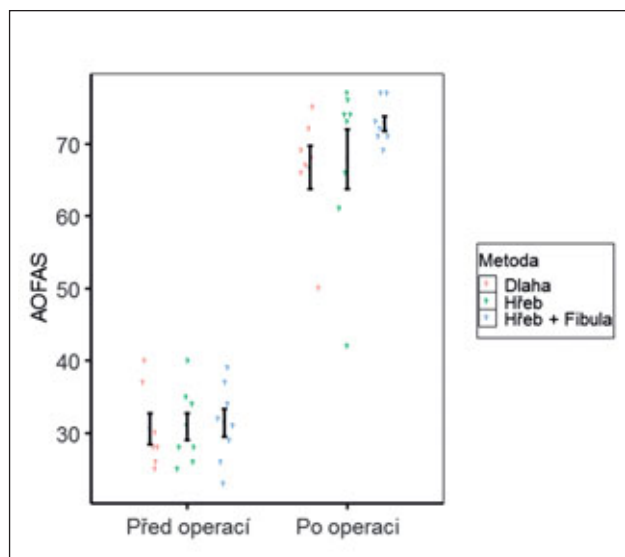
Tab. 3. Četnost reoperací u jednotlivých metod
Table 3. Frequency of reoperations in individual methods

Metoda	Reoperace – Ano	Reoperace – Ne
Dlaha	1 (14,3 %)	6 (85,7 %)
Hřeb	3 (37,5 %)	5 (62,5 %)
Hřeb + fibula	0 (0 %)	8 (100 %)

Chi-square test: $p = 0,137$

Srovnání dlaha/hřeb x hřeb+fibula: Fisher $p = 0,257$

Plate/nail x nail+fibula comparison: Fisher $p = 0,257$



Faktor	p
Metoda	0,975
Před/Po	<0,001
Rozdíl ve změně	0,551

Graf 1. Vliv operační metody na AOFAS skóre.

Chart 1. Influence of surgical method on AOFAS score.

je stabilní osteosyntéza, která umožňuje vyloučit z pooperační péče dlouhodobou rigidní zevní fixaci sádkou (14). Každá metoda však přináší poměrně vysokou míru komplikací, což také dokládají četné práce (6, 11, 16, 18). Autoři prezentují přítomnost komplikací v 8 případech z 26 operovaných pacientů, což odpovídá dostupným pracím jiných autorů (11, 15, 16, 18, 24, 26). Je nutné podotknout, že k finálnímu zhojení, i přes četné opakované operační výkony, nedošlo pouze u jediné pacientky souboru, kde byl materiál extrahován pro těžký hluboký infek. Překvapivě nebyl zaznamenán vyšší výskyt komplikací v začátcích operativy. Autoři shledali signifikantně více komplikací u pacientů s diabetem, což rovněž odpovídá datům z literatury (11, 16, 17, 24, 30). Vzhledem k úzce nastaveným indikačním kritériím nebylo možno posoudit vliv těžkého nikotinu na úspěšnost operačního zákroku (16), těžcí kuřáci nebyli touto metodou operováni. Překvapivý byl rovněž nespokojivý mechanický výsledek při použití laterální kompresní dlahy, ke zvážení je tedy posílení montáže o dodatečný osteosyntetický materiál, jak je popisováno (1, 12, 22), nicméně autoři k tomuto řešení nadále nepřistoupili a dále preferovali nitrodřeňové hřebování. Stressfrakturu nad apexem hřebu autoři po zhodnocení rtg dokumentace nepovažují za chybu metody, jelikož v jednom případě musela být dřeňová dutina pro velmi úzký průsvit výrazně předvrtána i pro nejtenčí intramedulární hřeb, což se nejspíše promítlo do oslabení kortikalis při apexu, kde se koncentruje přenášená síla. Ve druhém případě se jednalo o pacienta s těžkou osteoporózou. Otázkou je, zda-li použití biologické dlahy vede

k zpevnění montáže, či jen zvětšuje hojivou plochu (23, 29). Faktem je, že v souboru pacientů operovaných metodou nitrodřeňového hřebu s použitím fibuly jako biologické dlahy se autoři neseťkali s žádnou mechanickou komplikací. Vzhledem k velikosti souboru však statistické zhodnocení nevykazuje dostatečnou validitu a bude nadále podléhat dalšímu zkoumání při doplňování souboru. Otázkou je rovněž ošetření kloubu talokalkaneálního, ve smyslu resekce kloubních ploch. Někteří autoři toto výslovně doporučují, jiní ovšem ošetření kloubu nepovažují za kruciální a ponechávají fixaci pouze na osteosyntetickém materiálu (8, 18, 20, 21). V souboru bylo všem pacientům s laterální dlahou ošetřeno subtalární skloubení, zatímco pacientům s nitrodřeňovým hřebem nebylo do talokalkaneálního kloubu zasahováno. Výsledkem je ve všech případech kvalitní prohojení a fixace tohoto kloubu, přičemž se autoři neseťkali se selháním materiálu a tudíž i celé metody u žádného pacienta v souboru.

Existují mnohé práce, srovnávající rigiditu fixace při použití různých osteosyntetických materiálů (1, 4, 12). Nicméně autoři považují jako zásadní provedení stabilní osteosyntézy a ponechání dostatečného množství kvalitní kostní tkáně v oblasti kloubních linií, aby mohlo dojít k optimálnímu zhojení artrodézy. Vyšší rigiditu montáže a použití nadstandardního množství materiálu ospravedlňuje především těžká osteoporóza a Charcotova neuropatie.

ZÁVĚR

Tibiotalkalkaneální artrodéza je typickým příkladem posledního možného řešení komplexních změn v oblasti zadní nohy. Jedná se o výkon zabezpečující pacientovi možnost plného došlapu, a tedy oporné nebolestivé končetiny, avšak za cenu kompletní ztráty pohybu a mutilace stereotypu chůze. Metoda je rovněž zatížena vysokou mírou rizika komplikací, které mohou být pro končetinu fatální. Důležité je tedy pro tuto efektivní metodu přísně indikovat vhodné pacienty, u kterých lze poté očekávat dobrý výsledek. Provádějící lékaři by rovněž měli mít možnost a schopnosti se vypořádat s případnými komplikacemi výkonu.

Při zhodnocení souboru pacientů autoři shledali jako nejvýhodnější metodu fixace retrogradní hřebování s fibulou, použitou jako biologická dlahu. Ačkoliv vzhledem k velikosti souboru nebyla data statisticky významná, tak se při použití této metody neseťkali se závažnými mechanickými komplikacemi a technika je na pracovišti autorů dále preferována.

Literatura

- Alfahd U, Lind SE, Stephen D, Whyne CM. Biomechanical comparison of intramedullary nail and blade plate fixation for tibiotaral calcaneal arthrodesis. *J Orthop Trauma*. 2005;19:703–708.
- Asomugha EU, Den Hartog BD, Junko JT, Alexander JJ. Tibiotaral calcaneal fusion for severe deformity and bone loss. *J Am Acad Orthop Surg* 2016;24:125–134.
- Baumbach SF, Maßen F, Böcker W, Polzer H. Arthroskopische Rückfußkorrekturarthrodese mit intramedullärem Nagel [Arthroscopic tibiotaral calcaneal arthrodesis using an intramedullary locking nail]. *Oper Orthop Traumatol*. 2020;32:158–170.
- Bennett GL, Cameron B, Nius G, Saunders M, Kay DB. Tibiotaral calcaneal arthrodesis: a biomechanical assessment of stability. *Foot Ankle Int*. 2005;26:530–536.
- Burns PR, Dunse A. Tibiotaral calcaneal arthrodesis for foot and ankle deformities. *Clin Podiatr Med Surg*. 2017;34:357–380.
- DeVries JG, Berlet GC, Hyer CF. Predictive risk assessment for major amputation after tibiotaral calcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int*. 2013;34:846–850.
- DeVries JG, Berlet GC, Hyer CF. A retrospective comparative analysis of Charcotankle stabilization using an intramedullary rod with or without application of circular external fixator – utilization of the Retrograde Arthrodesis Intramedullary Nail Database. *J Foot Ankle Surg*. 2012;51:420–425.
- Dujela M, Hyer CF, Berlet GC. Rate of subtalar joint arthrodesis after retrograde tibiotaral calcaneal arthrodesis with intramedullary nail fixation: evaluation of the RAIN Database. *Foot Ankle Spec*. 2018;11:410–415.
- Escudero MI, Poggio D, Alvarez F, Barahona M, Vivar D, Fernandez A. Tibiotaral calcaneal arthrodesis with distal tibial allograft for massive bone deficits in the ankle. *Foot Ankle Surg*. 2019;25:390–397.
- Ettinger S, Stukenborg-Colsman C, Plaass C, Yao D, Claassen L, Berger S, Waizy H, Becher CM, Daniilidis K. Tibiotaral calcaneal arthrodesis as a limb salvage procedure for complex hindfoot deformities. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016;136:457–462.
- Fenton P, Bali N, Matheshwari R, Youssef B, Meda K. Complications of tibio-talar-calcaneal fusion using intramedullary nails. *Foot Ankle Surg*. 2014;20:268–271.
- Chiodo CP, Acevedo JI, Sammarco VJ, Parks BG, Boucher HR, Myerson MS, Schon LC. Intramedullary rod fixation compared with blade-plate-and-screw fixation for tibiotaral calcaneal arthrodesis: a biomechanical investigation. *J Bone Jt Surg Am*. 2003;85:2425–2428.
- Chopra S, Crevoisier X. Bilateral gait asymmetry associated with tibiotaral calcaneal arthrodesis versus ankle arthrodesis. *Foot Ankle Surg*. 2021;27:332–338.
- Chou LB, Mann RA, Yaszay B, Graves SC, McPeake WT 3rd, Dreeben SM, Horton GA, Katcherian DA, Clanton TO, Miller RA, Van Manen JW. Tibiotaral calcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int*. 2000;21:804–808.
- Jehan S, Shakeel M, Bing AJ, Hill SO. The success of tibiotaral calcaneal arthrodesis with intramedullary nailing – a systematic review of the literature. *Acta Orthop Belg*. 2011;77:644–651.
- Kowalski C, Stauch C, Callahan R, Saloky K, Walley K, Aynardi M, Juliano P. Prognostic risk factors for complications associated with tibiotaral calcaneal arthrodesis with a nail. *Foot Ankle Surg*. 2020;26:708–711.
- Lee M, Choi WJ, Han SH, Jang J, Lee JW. Uncontrolled diabetes as a potential risk factor in tibiotaral calcaneal fusion using a retrograde intramedullary nail. *Foot Ankle Surg*. 2018;24:542–548.
- Levinson J, Reissig J, Schaheen E, Lee W, Park J. Complications and radiographic outcomes after tibiotaral calcaneal fusion with a retrograde intramedullary nail. *Foot Ankle Spec*. Epub 2020 Aug 24. 2021;14:521–527.
- Mencièrè M-L, Ferraz L, Mertl P, Vernois J, Gabrion A. Arthroscopic tibiotaral calcaneal arthrodesis in neurological pathologies: outcomes after at least one year of follow up. *Acta Orthop Belg*. 2016;82:106–111.
- Mulhern JL, Protzman NM, Levene MJ, Martin SM, Fleming JJ, Clements JR, Brigido SA. Is subtalar joint cartilage resection necessary for tibiotaral calcaneal arthrodesis via intramedullary nail? A multicenter evaluation. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55:572–577.
- Niinimäki TT, Klemola TM, Leppilähti JJ. Tibiotaral calcaneal arthrodesis with a compressive retrograde intramedullary nail: a report of 34 consecutive patients. *Foot Ankle Int*. 2007;28:431–434.
- O'Neill PJ, Logel KJ, Parks BG, Schon LC. Rigidity comparison of locking plate and intramedullary fixation for tibiotaral calcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int*. 2008;29:581–586.

23. Paul J, Barg A, Horisberger M, Herrera M, Henninger HB, Valderabano V. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with an intramedullary hindfoot nail and pillar fibula augmentation: technical tip. *Foot Ankle Int.* 2015;36:984–987.
24. Pitts C, Alexander B, Washington J, Barranco H, Patel R, McGwin G, Shah AB. Factors affecting the outcomes of tibiotalocalcaneal fusion. *Bone Joint J.* 2020;102-B:345–351.
25. Plaass C, Louwerens JW, Claassen L, Ettinger S, Yao D, Lerch M, Stukenborg-Colsman C, Donken C. Treatment concepts for pes valgoplanus with concomitant changes of the ankle joint : Tibiotalocalcaneal arthrodesis, total ankle replacement and joint-preserving surgery. *Orthopade.* 2020;49:991–999.
26. Powers NS, Brandao RA, St John JM, Burns PR. Outcomes and management of infected intramedullary nails after tibiotalocalcaneal arthrodesis in limb salvage: a retrospective case series. *J Foot Ankle Surg.* 2020;59:431–435.
27. Thomas RL, Sathe V, Habib SI. The use of intramedullary nails in tibiotalocalcaneal arthrodesis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012;20:1–7.
28. Toullec E. Adult flatfoot. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101(1 Suppl):S11–17.
29. Watanabe K, Teramoto A, Kobayashi T, Ogon I, Sakakibara Y, Kamiya T, Suzuki T, Yamashita T. tibiotalocalcaneal arthrodesis using a soft tissue-preserved fibular graft for treatment of large bone defects in the ankle. *Foot Ankle Int.* 2017;38:671–676.
30. Wukich DK, Shen JYC, Ramirez CP, Irrgang JJ. Retrograde ankle arthrodesis using an intramedullary nail: a comparison of patients with and without diabetes mellitus. *J Foot Ankle Surg.* 2011;50:299–306.
31. Yasui Y, Hannon CP, Seow D, Kennedy JG. Ankle arthrodesis: a systematic approach and review of the literature. *World J Orthop.* 2016;7:700–708.

Korespondující autor:

MUDr. Luboš Nachtnebl, Ph.D.

I. ortopedická klinika FN u sv. Anny v Brně a LF MU

Pekařská 53

602 00 Brno

E-mail: lubos.nachtnebl@seznam.cz