

Léčba zlomeniny distální třetiny diafýzy tibie pomocí MIPO techniky

Treatment of Fractures of the Distal Third of Tibia Diaphysis by MIPO Technique

O. SCHWARZ, M. MAJERNÍČEK, J. CHOMIAK

Ortopedická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, IPVZ a Nemocnice Na Bulovce, Praha

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

MIPO (Minimally Invasive Plate Osteosynthesis) technique is currently a commonly used method to treat fractures of the distal third of tibia diaphysis. At the same time, it is just like other methods accompanied by a relatively high complication rate. The purpose of this study was to determine whether the use of this technique at our department is effective and whether the complication rate does not differ considerably from values reported by literature.

MATERIAL AND METHODS

In the period 2014–2016, minimally invasive plate osteosynthesis was performed in a total of 42 patients, who had suffered a fracture of the distal third of tibia diaphysis. They sustained a low-energy trauma. The mean age of patients was 50 years (range 27–86 years) and the mean follow-up period was 11.8 months (range 1.5–38 months). All the patients were treated with a minimally invasive technique with the use of subcutaneous LCP. In 41 patients (98%) it was inserted via anteromedial approach. In one patient only (2%), the LCP was inserted via anterolateral approach due to the unfavourable local finding on the medial side of the distal lower limb.

RESULTS

Of the total number of operated patients, 35 patients (83%) underwent surgery within 24 hours of injury, including two patients in whom an external fixator was used. The mean operative time was 61 minutes (range of 30–150 minutes). The primary healing occurred in 93% of patients with radiological signs of healing within 5.6 months on average (range of 1.5–16 months). Time to full weight bearing was 4.2 months on average (range of 1.5–16 months). Delayed healing was observed in four patients. In three patients, a non-union developed, necessitating revision surgery. Infectious complications were reported in seven patients, in three of whom deep wound infection developed. In one case, the chronic infection resulted in a lower limb amputation. In five patients mal-union occurred.

DISCUSSION

The outcomes achieved by the authors in treating fractures of the distal third of tibia diaphysis with a minimally invasive technique do not considerably differ from the outcomes reported by other authors in literature. In terms of the outcomes and the complication rate, the MIPO method is comparable to the treatment of these fractures with the use of nails. Limiting for fracture healing is the vascular supply. Therefore, in treating these injuries it is necessary to proceed with minimum invasiveness and carefulness and to seek to limit any additional trauma to soft tissues, thus also to vascular supply. In case of syndesmosis failure, the concurrent treatment of distal fibula fractures is clearly indicated. In case of intact syndesmosis, fibular osteosynthesis and the sequence of procedures are to be decided by the surgeon. At present, rigid osteosynthesis is being abandoned for potential slower healing up to development of non-unions.

CONCLUSIONS

The treatment of fractures of the distal third of tibia diaphysis remains an unsolved issue despite the development of state-of-the-art materials, implants and surgical techniques. The MIPO technique can be considered an effective method of treatment of these types of fractures, achieving a high success rate of healing and acceptable rate of complications.

Key words: minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO), distal third of tibia diaphysis, locking compression plate (LCP).

ÚVOD

Léčba zlomenin distální třetiny diafýzy tibie zůstává stále obtížnou problematikou s celou řadou komplikací. Tyto zlomeniny se svou povahou a možností léčby liší od zlomenin střední diafýzy nebo metafýzy tibie. Mohou vznikat malou energií násilí (např. při špatném došlápnutí, sportovní úrazy) nebo při vysokoenergetických úrazech (dopravní nehody, pády z výše). Volba správné techniky ošetření závisí na adekvátním zhodnocení cel-

kového stavu pacienta, rozsahu poškození měkkých tkání, samotném typu zlomeniny, dostupném vybavení a zkušenostech operátora s jednotlivými technikami. Nejčastěji používané techniky osteosyntézy nitrodřeňovým hřebem nebo podvlečenou dlahou jsou i přes jejich miniinvasivitu zatíženy relativně častými komplikacemi. Je to dáno zejména specifickým krevním zásobením této části tibie, které je relativně chudé, v porovnání s cévním zásobením metafýzy, a tenkým měkkotkáňovým krytem (3, 15, 19, 21). Mechanismus poranění

a způsob ošetření může toto omezené cévní zásobení a měkké tkáně ještě více narušit s následkem komplikací nezhojení nebo infektu.

Cílem práce bylo zjistit, zda je používání techniky MIPO (minimally invasive plate osteosynthesis) na našem pracovišti efektivní a výskyt komplikací se výrazněji neliší od hodnot uváděných v literatuře.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

V letech 2014–2016 jsme na Ortopedické klinice 1. LF UK, IPVZ a Nemocnice Na Bulovce ošetřili 42 pacientů se zlomeninou distální třetiny diafýzy tibiae s průměrnou délkou sledování 11,8 měsíce (rozmezí 1,5–38 měsíců). Jako distální třetina diafýzy tibiae se označuje oblast přechodu diafýzy v metafýzu. Nemá jasné anatomické ohrazení. Lze ji ale vymezit podle cévního zásobení, které je v této oblasti jen z *arteria tibialis anterior*. Délkově odpovídá asi 3/10 délky tibiae v její distální polovině (15).

Soubor obsahuje 27 mužů a 15 žen s průměrným věkem 50 let (rozmezí 27–86 let). Jednalo se o úrazy způsobené malou energií násilí (převážně prostý pád a sportovní úrazy) (tab. 1). Zlomeniny jsme klasifikovali dle AO klasifikace (tab. 1). Otevřené zlomeniny se vyskytly v našem souboru ve třech případech. Tyto zlomeniny jsme hodnotili dle klasifikace Gustila a Andersona (G-A). Pacienty jsme sledovali klinicky a radiologicky v pravidelných časových intervalech v šesti týdnech a třech měsících a dále dle potřeby a vývoje. Klinicky jsme hodnotili bolest podle desetistupňového vizuálního analogového skóre (VAS), kulhání, pohyb v hlezenním kloubu, osově postavení ve frontální a sagitální rovině, případně rotaci a stav periferie končetiny, zda se nerozvíjí algoneurodystrofický syndrom. Radiologicky jsme hodnotili známky hojení (vytvoření svalku na třech ze čtyř kortikalis na předozadní a boční projekci) a osově postavení v předozadní a boční projekci. Jako



Obr. 1a. Zlomenina distální diafýzy P tibiae v předozadní projekci (42-A1) u muže ve věku 23 let. Fibula je zlomena v proximální části.

Fig. 1a. Fracture of the distal diaphysis of right tibia in anteroposterior view (42-A1) in a male aged 23 years. Fibula is fractured in its proximal portion.



Obr. 1b. Dislokace zlomeniny v boční projekci s odlomením malého fragmentu zadní hrany tibiae.

Fig. 1b. Displaced fracture in lateral view with a little posterior tibial edge fragment.

Tab. 1. Demografická data / Table 1. Demographic data

Věk	50 let (27–86)
Pohlaví Ž:M	15:27
Mechanismus úrazu	
prostý pád	34
sport	6
stresová zlomenina	1
pracovní úraz	1
Typ zlomeniny dle AO	
42-A	21
42-B	11
42-C	6
43-A	4
Otevřená zlomenina	
G-A I	1
G-A II	2



Obr. 1c. Předozadní projekce 16 měsíců po operaci s kompletním zhojením v anatomickém postavení.

Fig. 1c. Anteroposterior view at 16 months postoperatively, completely healed in the anatomical position.



Obr. 1d. Boční projekce bérce 16 měsíců po operaci.

Fig. 1d. Lateral view of the lower limb at 16 months postoperatively.



Obr. 2. Snímek operačního přístupu při zavádění a fixaci podvlečené LCP dlahy.

Fig. 2. Radiograph of the surgical approach during the insertion and fixation of subcutaneous LCP.

malpozice je vnímána úhlová deformita $> 5^\circ$, posun nebo zkrácení $> 1\text{ cm}$ a rotační úchylka $> 15^\circ$.

Operační technika

Pacienti byli ošetřeni málo invazivní technikou pomocí anatomicky tvarované LCP dlahy v hybridní kombinaci s použitím LCP šroubů epifyzárně a kortikálních šroubů diafyzárně (obr. 1). V převážné většině případů (93 %) byla dlahy zaváděna z anteromediálního přístupu nad mediálním maleolem, který je 4–5 cm dlouhý. Proximální šrouby jsou zaváděny z jednotlivých incizí pod rtg kontrolou nebo z krátkého řezu nad proximálním koncem dlahy (obr. 2). Při lokálně nepříznivém nálezu v místě zavádění dlahy na anteromediální straně jsme využili polootevřené techniky anterolaterálního přístupu (1krát) se stabilizací zlomeniny anatomicky tvarovanou LCP dlahou. Pokud je repozice nedostatečná, lze si pomoci rozšířením přístupu nad mediálním maleolem nebo separátními incizemi a reponovat fragmenty repozičními kleštěmi. V reponovaném postavení pak lze fixovat zlomeninu dlahou nebo tahovými šrouby a LCP dlahu využít jako neutralizační. Vždy je nutná šetrná operační technika a preciznost jak při samotné repozici, tak při zavádění a fixaci dlahy. V případě otevřené zlomeniny vyššího stupně G-A II (2krát), kdy by vnitřní fixace znamenala vyšší riziko infektu, jsme použili jako dočasnou stabilizaci zevní fixátor s pozdější konverzí na vnitřní osteosyntézu. Současná primární osteosyntéza fibuly byla indikována při poruše tibiofibulární syndesmózy dle perioperačního nálezu, při primárně výrazně dislokované zlomenině fibuly nebo při přetrvávající dislokaci zlomeniny fibuly po repozici zlomeniny tibie. Sádrou fixaci doplňujeme po operaci při neošetřené zlomenině distálního konce fibuly, při současném odlovení zadní hrany tibie ponechané bez osteosyntézy, pokud je přítomen výraznější otok a zhmoždění měkkých tkání nebo pokud nelze očekávat úplnou spolupráci pacienta.

VÝSLEDKY

Celkem jsme v letech 2014–2016 ošetřili 42 pacientů se zlomeninou distální třetiny diafýzy tibie s průměrnou délkou sledování 11,8 měsíce (1,5–38 měsíců). 35 paci-

entů (83 %) podstoupilo operaci do 24 hodin od úrazu. Sedm pacientů (17 %) bylo operováno odloženě s průměrnou dobou od úrazu do operace 8,5 dne (30 hodin–4 týdny). V těchto případech byly důvodem odložení operace pokus o konzervativní terapii nebo interní stav, který si vyžádal určitou dobu na přípravu. Průměrná doba trvání operace byla 61 minut (rozmezí 30–150 minut). Pooperačně byla sádrová fixace použita u 24 pacientů s průměrnou dobou fixace 4,5 týdne (2–9 týdnů). Plná zátěž byla doporučena v průměru za 4,6 měsíce (rozmezí 2–16 měsíců). Radiologické známky zhojení zlomeniny byly zřejmé v průměru za 5,6 měsíce (rozmezí 1,5–16 měsíců). Opožděné hojení bylo pozorováno ve čtyřech případech. Pakloub jsme zaznamenali u tří pacientů. U třech pacientů se rozvinul hluboký infekt.

Na konci sledování mělo pouze sedm pacientů (17 %) omezený rozsah pohybu v hleznu (0° – 10° extenze, 10° – 30° flexe), devět pacientů (21 %) uvedlo malé nebo zanedbatelné bolesti a větší bolesti neuvedl žádný pacient. Průměrná hodnota VAS na konci sledování byla 0,6 bodu. Kulhání se vyskytlo u pěti (12 %) pacientů s omezeným rozsahem pohybu (tab. 2).

Komplikace jsme zaznamenali celkem u 13 pacientů (31 %). U 10 pacientů to byla jedna komplikace, u dvou pacientů dvě komplikace a tři komplikace současně se vyskytly u jednoho pacienta. Jednalo se ve třech případech o nezhojení, 3krát se vyskytl hluboký infekt, 4krát byly problémy s hojením rány, 3krát se zlomily šrouby v proximálním fragmentu při opožděném hojení a 5krát došlo ke zhojení v malpozici. Nejčastější malpozicí byla valgózní deformita (tab. 2).

Celkově bylo nutné pro různé komplikace provést 10 operačních výkonů u 7 pacientů. Jednalo se o 3 případy pakloubů, kdy byla u všech provedena dekortikace. Z toho ve dvou případech autospongioplastika a v jednom případě byla po 9 měsících současně provedena osteotomie již zhojené fibuly. Ve druhém případě se jednalo o stav po otevřené zlomenině s kominutivní zónou a již selhávající osteosyntézou. U třetího pacienta s rozvíjejícím se pakloubem nebyly na rtg známky hojení po 7 měsících. Klinicky byli pacienti bez bolestí při částečném zatížení končetiny. Ve třech případech se rozvinul

hluboký infekt, který si ve dvou případech vyžádal revizi, nekrektomii a extrakci kovů po 6 respektive 7 měsících. Ve třetím případě se jednalo o 72letého polymorbidního pacienta s ICHDK, který si zranění přivodil pádem na zahradě, a byl operován po čtyřdenní interní přípravě. Jeden měsíc po primární osteosyntéze byla pro rozvoj nekrózy rány s nasedajícím infektem provedena revize s nekrektomií, extrakcí dlahy a naložením zevního fixátoru při nezhojené zlomenině. Přes cílenou ATB terapii a lokální ošetřování rozšiřujících se defektů infekt progredoval a dva měsíce od primární operace byla indikována amputace pod kolenem. U jedné pacientky byla nutná reosteosyntéza pro výraznou antekurvací týden po primární osteosyntéze. Jednou jsme provedli resuturu rány pro povrchovou dehiscenci bez dalších následků a jednou doplnění osteosyntézy fibuly. U 11 pacientů jsme extrahovali dlahu pro lokální iritaci měkkých tkání bez známek infektu.

DISKUSE

K primárnímu zhojení došlo v našem souboru u 93 % pacientů. Tato úspěšnost primárního zhojení při ošetření zlomenin distální třetiny diafýzy tibie technikou MIPO jsou srovnatelné s výsledky jiných autorů, kde dosahují obdobných hodnot v rozmezí 94–100 % (1, 7, 10) včetně výsledků ve srovnání s osteosyntézou hřebem s hodnotami primárního zhojení 93–97 % (13, 23, 24). U MIPO techniky dochází relativně často k lokální iritaci promiňujícími kovy, což si později vyžádá jejich extrakci. Je to dáno tenkým měkkotkáňovým krytem v místě zavádění dlahy nad vnitřním kotníkem a předtvarováním dlahy, které nemusí odpovídat zakřivení distální tibie u každého pacienta. K iritaci může docházet i v oblasti proximálního konce dlahy. V našem souboru jsme indikovali extrakci dlahy u 11 pacientů (26 %) pro lokální iritaci měkkých tkání. Zde je četnými autory udávané velmi široké rozpětí 20–52 % (12, 17).

Poruchy hojení měkkých tkání a záněty jsou v této oblasti poměrně časté. V našem souboru jsme zaznamenali v 9 % případů problémy s hojením měkkých tkání a v 7 % případů hluboký infekt, což je srovnatelné s výskytem hlubokých infekcí v rozmezí 2–16 % u jiných autorů (9, 11, 13, 17, 23). 3krát byl infekt vyřešen revizí a extrakcí dlahy. V jednom případě byla nutná amputace pro progredující zánět měkkých tkání a četné hluboké kožní defekty. Jednalo se o vysoce rizikového polymorbidního pacienta s pokročilou ICHDK, který absolvoval několikadenní náročnou interní předoperační přípravu. Z traumatologického hlediska je otázkou, zda jsme neměli zlomeninu primárně akutně stabilizovat pomocí zevního fixátoru než jen v sádrové fixaci, kdy mohlo docházet k další mikrotraumatizaci měkkých tkání a cévního zásobení berce. Stejně tak stojí za úvahu, zda by bylo vhodnější primárně zvolit stabilizaci zlomeniny nitrodřeňovým hřebem nebo se pokusit o zhojení zlomeniny na zevním fixátoru, než námi zvolená varianta osteosyntézy dlahou. Nelze opominout ani možnost angiografického vyšetření po stabilizaci zlomeniny s eventuální intervencí (angioplastika nebo rekonstrukce-

Tab. 2. Výsledky / Table 2. Results

Klinické výsledky:	
VAS skóre (průměr)	0,6
kulhání	5
algoneurodystrofický sy	1
omezení pohybu	7
povrchový infekt	4
hluboký infekt	3
Radiologické výsledky:	
primárně zhojeno	39
opožděné hojení	4
nezhojení	3
zhojení v malpozici	5



Obr. 3a. Snímek levého bérce 63letého muže, stav 2 týdny po osteosyntéze zlomeniny distální třetiny diafýzy tibie (42-A1) s prakticky anatomickým postavením na předozadním snímku.

Fig. 3a. Radiograph of left lower limb, 63-year-old male, condition at 2 weeks after osteosynthesis of the fracture of the distal third of tibia diaphysis (42-A1), with almost anatomical position in anteroposterior view.

Obr. 3b. Dorzální posun distálního fragmentu L bérce téhož pacienta je patrný v boční projekci.

Fig. 3b. Dorsal shift of the distal fragment of left lower limb of the same patient is clearly visible in lateral view.

Obr. 3c. Stav 5 měsíců po operaci v předozadní a boční projekci – téměř zhojeno, pacient bez klinických obtíží.

Fig. 3c. Condition at 5 months postoperatively in anteroposterior and lateral view – almost healed, patient shows no clinical problems.

ní výkon ve formě by-passu), která by teoreticky mohla umožnit hojení zlomeniny a měkkých tkání.

Jako nejčastější komplikace, kromě prominence dlahy, se v literatuře uvádí malpozice. V našem souboru jsme ji zaznamenali v 18 případech (43 %). Ale pouze v pěti případech (10 %) překračovala hodnoty všeobecně považované už za malpozici. Obdobné hodnoty v rozmezí 5–14 % jsou udávány i ve světové literatuře (13, 20, 23, 24). Malpozice je dána snahou o zavřenou repozici s minimalizací dalšího traumatizování měkkých tkání. Stejně tak ne vždy odpovídá zakřivení univerzálně anatomicky tvarované LCP dlahy zakřivení tibie. Malpozice může být způsobena nedostatečnou kontrolou repozice v boční projekci. Po repozici mohou snímky v AP projekci působit dojmem anatomického postavení fragmentů. Ale na boční projekci může být přítomna ante- nebo retrokurvace, případně ventrální nebo dorzální posun distálního fragmentu (obr. 3). Poté je na zvážení a zkušenostech operátora, zde je nutná nová repozice a fixace zlomeniny ve správném postavení.

Četné práce v minulosti prokázaly závažné poškození cévního zásobení způsobené zlomeninou a eventuálním následným chirurgickým ošetřením (3, 19). Stejně tak prokázaly nezbytnost časně a dostatečně imobilizace fragmentů ke správně probíhající tvorbě svalu a následnému zhojení zlomeniny (19, 22). Čím větší dislokace fragmentů, tím větší poranění periostu s možností vrůstání vaziva z okolí a větší riziko nezhojení. Při těchto

dislokacích by měla být co nejlepší repozice s minimálním prostorem mezi fragmenty (14).

Rozhodnutí o způsobu ošetření současné zlomeniny fibuly může být někdy problematické. Při zlomenině v proximální části fibuly osteosyntézu neprovádíme. Zlomeniny fibuly v úrovni zlomeniny tibie, což bývá důsledek přímého nárazu, ponecháváme převážně bez ošetření pro nepříznivý lokální nález. Jen při větší dislokaci se můžeme pokusit o zavřenou repozici a fixaci Kirschnerovým drátem zavedeným nitrodřeňově. Osteosyntézu fibuly je minimálně potřeba zvážit při výraznější dislokaci a při poruše syndesmózy je její osteosyntéza plně indikována. V našem souboru jsme provedli osteosyntézu fibuly v 10 případech. Z toho jednou jen nitrodřeňovou fixaci Kirschnerovým drátem a jednou jako doplnění při reosteosyntéze pro malpozici. Otázkou zůstává, zda ošetřit zlomeninu distální fibuly jako první nebo až po osteosyntéze tibie. Při jednoduchých zlomeninách fibuly může její repozice pomoci obnovit délku a rotaci kominutivní zlomeniny tibie. Ale na druhou stranu může ztížit až znemožnit repozici zlomeniny tibie případně zpomalit její hojení (1, 6, 10, 11, 18). Na našem pracovišti provádíme osteosyntézu fibuly, pokud je indikována, většinou jako první, a poté až repozici a fixaci zlomeniny tibie (konkrétně u sedmi z devíti pacientů).

Další diskutovanou otázkou zůstává využití LCP šroubů a kortikálních šroubů. Při zavedení úhlově stabilních

dlah do praxe se používaly do proximálního i distálního fragmentu LCP šrouby. Během používání úhlově stabilních dlah se začaly objevovat problémy s hojením (opožděné hojení až paklouby) pro příliš velkou rigiditu této fixace (4, 5, 16). Proto někteří autoři doporučují kombinaci LCP a kortikálních šroubů, případně jiný způsob dynamizace fixace (2, 8). Na našem pracovišti využíváme hybridní kombinaci LCP šroubů do distálního fragmentu meta-epifýzy a standardních kortikálních šroubů do proximálního fragmentu. Na zvažení je užití jen LCP šroubů u dlouze šikmých zlomenin, kde se očekává pomalé hojení a je nutné dlouhodobé odlehčování. U těchto typů zlomenin je indikována léčba metodou absolutní stability s použitím tahových šroubů s kompresí v místě zlomeniny a doplnění osteosyntézy neutralizační dlahou. U komplexních zlomenin je indikována léčba metodou relativní stability.

ZÁVĚR

Úspěšné ošetření zlomenin distální třetiny diafýzy tibie vyžaduje zvládnutí zvolené techniky léčby. Definitivní způsob ošetření je závislý na mnoha faktorech zahrnujících typ zlomeniny, vzdálenost od kloubní plochy, poranění měkkých tkání, lokální stav končetiny a celkový stav pacienta, dostupné vybavení a vlastní zkušenost s jednotlivými možnostmi fixace. Na základě našich výsledků můžeme konstatovat, že minimálně invazivní technika je efektivní metodou v léčbě zlomenin distální třetiny diafýzy tibie. V porovnání s jinými metodami ošetření zlomenin v této oblasti není zatížena vyšším procentem komplikací a při správné technice lze očekávat velmi dobré výsledky.

Litaretura

- Aksekili MA, Celik I, Arslan AK, Kalkan T, Uğurlu M. The results of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in distal and diaphyseal tibial fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2012; 46:161–167.
- Bel JC. Pitfalls and limits of locking plates. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019;105:S103–S109.
- Borrelli J Jr, Prickett W, Song E, Becker D, Ricci W. Extraosseous blood supply of the tibia and the effects of different plating techniques: a human cadaveric study. *J Orthop Trauma.* 2002;16:691–695.
- Bottlang M, Doornink J, Fitzpatrick DC, Madey SM. Far cortical locking can reduce stiffness of locked plating constructs while retaining construct strength. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:1985–1994.
- Bottlang M, Feist F. Biomechanics of Far Cortical Locking. *J Orthop Trauma.* 2011;25:21–28.
- Dráč P. Ovlivňuje stabilizace fibuly výsledky léčby zlomenin distální třetiny diafýzy tibie? *Úraz Chir.* 2005;13:39–44.
- Hasenboehler E, Rikli D, Babst R. Locking compression plate with minimally invasive plate osteosynthesis in diaphyseal and distal tibial fracture: a retrospective study of 32 patients. *Injury.* 2007; 38(3):365–70.
- Henschel J, Tsai S, Fitzpatrick DC, Marsh JL, Madey SM, Bottlang M. Comparison of 4 methods for dynamization of locking plates: differences in the amount and type of fracture motion. *J Orthop Trauma.* 2017;31:531–537.
- Huebner EJ, Iblher N, Kubosch DC, Suedkamp NP, Strohm PC. Zlomeniny dolního konce tibie a pilonu. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81:167–176.
- Cheng W, Li Y, Manyi W. Comparison study of two surgical options for distal tibia fracture-minimally invasive plate osteosynthesis vs. open reduction and internal fixation. *Int Orthop.* 2011;35:737–742.
- Kvasnička P, Mašek M, Vojtaník P. Operační léčba zlomenin distálního bérce. *Úraz Chir.* 2012;20:116–124.
- Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures. *Int Orthop.* 2008;32:697–703.
- Li Y, Jiang X, Guo Q, Zhu L, Ye T, Chen A. Treatment of distal tibial shaft fractures by three different surgical methods: a randomized, prospective study. *Int Orthop.* 2014;38:1261–1267.
- Macnab I, De Haas WG. The role of periosteal blood supply in the healing of fractures of the tibia. *Clin Orthop Relat Res.* 1974;105:27–33.
- Menck J, Bertram C, Lierse W. Sectorial angioarchitecture of the human tibia. *Acta Anat (Basel).* 1992;143:67–73.
- Nanavati N, Walker M. Current concepts to reduce mechanical stiffness in locked plating systems: a review article. *Orthop Res Rev.* 2014;6:91–95.
- Newmana SDS, Mauffrey CPC, Krikler S. Distal metadiaphyseal tibial fractures. *Injury.* 2011; 42:975–984.
- Paluvadi SV, Lal H, Mittal D, Vidyarthi K. Management of fractures of the distal third tibia by minimally invasive plate osteosynthesis – a prospective series of 50 patients. *J Clin Orthop Trauma.* 2014;5:129–136.
- Rhineland FW. Tibial blood supply in relation to fracture healing. *Clin Orthop Relat Res.* 1974; 105:34–81.
- Sandoval JMC, Rueda JLO, Daza AS. Management of diaphyseal tibial fractures by plate fixation with absolute or relative stability: a retrospective study of 45 patients. *Trauma Surg Acute Care Open.* 2017;2:1–5.
- Santolini E, Goumenos SD, Giannoudi M, Sanguineti F, Stella M, Giannoudis PV. Femoral and tibial blood supply: a trigger for non-union? *Injury.* 2014;45:1665–1673.
- Trueta J. Blood supply and the rate of healing of tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1974;105:11–26.
- Vallier HA, Cureton BA, Patterson BM. Randomized, prospective comparison of plate versus intramedullary nail fixation for distal tibia shaft fractures. *J Orthop Trauma.* 2011;25:736–741.
- Vallier HA, Le TT, Bedi A. Radiographic and clinical comparisons of distal tibia shaft fractures (4 to 11 cm proximal to the plafond): plating versus intramedullary nailing. *J Orthop Trauma.* 2008;22:307–311.

Korespondující autor:

MUDr. Ondřej Schwarz
Ortopedická klinika 1. lékařské fakulty UK,
IPVZ a Nemocnice Na Bulovce
Budínova 2
180 81 Praha 8
E-mail: ondra.schwarz@seznam.cz