

Operační léčba zlomeniny zadní hrany tibie (*malleolus posterior*): přehled literatury

Surgical Treatment of a Posterior Malleolus Fracture: Literature Review

PETR KAŠÁK^{1,2}, LUKÁŠ ČAPEK³, TOMÁŠ BERAN⁴

¹Oddělení urgentní medicíny Krajské nemocnice Liberec, a.s.

²Traumatologicko-ortopedické centrum Krajské nemocnice Liberec, a.s.

³Oddělení biomechaniky Krajské nemocnice Liberec, a.s.

⁴Radiodiagnostické oddělení Krajské nemocnice Liberec, a.s.

Korespondující autor:

MUDr. Petr Kašák

Oddělení urgentní medicíny

Krajská nemocnice Liberec, a.s.

Husova 1430/34

460 01 Liberec I

kasp@nemlib.cz

Kašák P, Čapek L, Beran T. Operační léčba zlomeniny zadní hrany tibie (*malleolus posterior*): přehled literatury. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2025;92:350–361.

SUMMARY

Fractures of the posterior margin of the distal end of the tibia, also referred to as posterior malleolus fractures, represent an important but often underestimated component of ankle injuries. They are rarely isolated but rather occur as part of more complex fractures classified as Weber type B and C, or they accompany high-energy pilon tibial fractures and spiral fractures of the tibial shaft. In recent decades, there has been a significant shift in the understanding of biomechanical importance of the posterior malleolus, which plays a key role in maintaining the stability of the distal tibiofibular syndesmosis and preserving the congruency of the ankle joint surface. Indications for surgical treatment as well as surgical approaches and fixation techniques have changed dramatically. This review article aims to summarize current knowledge of these

fractures, with a focus on anatomy, diagnosis, classification, and particularly surgical treatment options, including the choice of approach and methods of fragment reduction. The literature search was conducted in the PubMed and Web of Science databases, focusing on publications released before the end of 2024. The search included the following keywords: “posterior malleolus fracture,” “posterior tibial margin,” “ankle fracture,” “CT classification,” “syndesmosis injury,” and “surgical fixation.” Original clinical studies, review articles, anatomical and biomechanical studies as well as case reports that provide clinically relevant information on the diagnosis and surgical management of these fractures were included in the review.

The introduction of CT imaging has significantly contributed to a better understanding of the morphology of the posterior margin and led to the development of new classification systems (Haraguchi, Bartoníček and Rammelt, Mason), which serve as a guide in selecting the optimal surgical approach.

Fixation of the posterior malleolus has a positive effect on ankle and syndesmotomic stability even in small fragments. The choice of surgical approach is individualized – the posterolateral, posteromedial, transfibular, or modified lateral approach are used most commonly. Direct reduction and stabilization of the fragment allow for more accurate restoration of the joint surface and are associated with a lower risk of secondary displacement compared to indirect fixation. Surgical treatment of posterior tibial margin fractures should rely on a precise CT scan-based diagnosis and careful assessment of fracture morphology. Direct visualization, anatomical reduction, and fixation of the fragment provide better clinical and functional outcomes and should be preferred in displaced or complex fractures.

Key words: ankle fractures, posterior tibial margin, posterior malleolus, tibial fractures, fracture fixation, computed tomography, syndesmosis injury, surgical approaches, reduction techniques.

ÚVOD

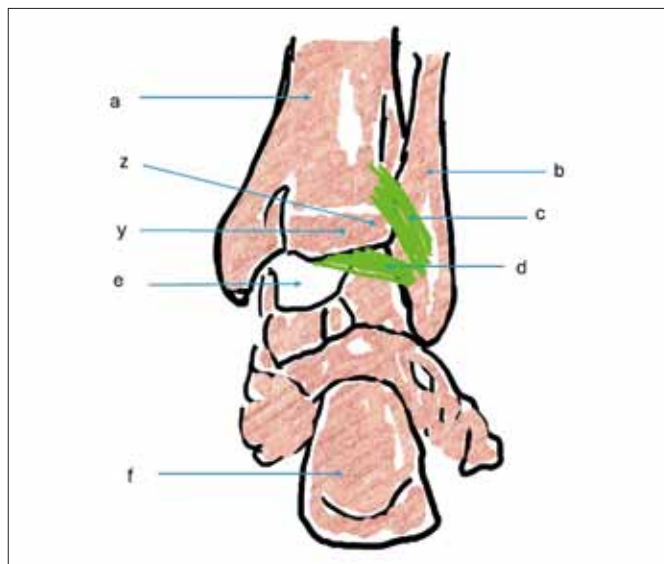
Zlomeniny hlezna patří mezi nejčastější poranění skeletu dolní končetiny (15). Přítomnost zlomeniny zadní hrany tibie (zadního

malleolu) bývá spojena s horší prognózou léčby (27). Zlomeniny zadního malleolu se vyskytují jen zřídka izolovaně a nejčastěji jsou součástí rotačních zlomenin hlezna, spirálních fraktur

diafýzy tibie nebo zlomenin pilonu. Historicky byla indikace k operační léčbě zlomenin zadní hrany tibie založena především na velikosti fragmentu, přičemž osteosyntéza byla doporučována u fragmentů přesahujících 25–33 % kloubní plochy (45). V posledních letech však tento přístup ustupuje přesnějším indikacím, které zohledňují nejen velikost fragmentu, ale i jeho morfologii, dislokaci, přesah lomné linie do fibulární incisury a stav tibiofibulární syndezmózy (47). Významný pokrok v diagnostice a klasifikaci těchto poranění přineslo zařazení CT vyšetření do diagnostického algoritmu. CT umožňuje detailní zobrazení fragmentů zadního malleolu, impakčních zlomenin v blízkosti lomné linie a zhodnocení jejich vztahu k distální tibiofibulární syndezmóze. Na základě těchto nálezů vznikly nové klasifikace (např. Bartoniček a Rammelt, Haraguchi), které pomáhají nejen při volbě konzervativní či operační terapie, ale i při výběru vhodného chirurgického přístupu (53). Cílem tohoto přehledu je shrnout aktuální poznatky o operační léčbě zlomeniny zadní hrany tibie – od anatomie a biomechaniky, přes diagnostiku a klasifikaci, až po chirurgické přístupy a techniky fixace. Tento článek má poskytnout ucelený přehled a sloužit jako praktický průvodce při výběru chirurgického přístupu a způsobu fixace zlomenin zadního malleolu.

METODIKA

Tento přehledový článek vychází z rešerše odborné literatury zaměřené na zlomeniny zadní hrany tibie, jejich diagnostiku, klasifikaci a chirurgickou léčbu. Hlavním cílem bylo shromáždit a systematicky zpracovat relevantní publikace zabývající se tímto tématem z klinického, anatomického i chirurgického pohledu. Vyhledávání proběhlo v databázích PubMed a Web of Science. Byla použita kombinace následujících klíčových slov v angličtině: „posterior malleolus fracture“, „posterior tibial margin“, „ankle fracture“, „CT classification“, „syndesmosis injury“, „surgical fixation“. Do rešerše byly zahrnuty články publikované v letech 1980–2024. 97 % článků pochází z let 2000–2024. Přednostně byly zařazeny články v anglickém jazyce. Do přehledu byly zahrnuty originální klinické studie (prospektivní i retrospektivní), systematické přehledy, metaanalýzy, přehledové články, kazuistiky s unikátním chirurgickým řešením, a dále anatomické, biomechanické a radiografické studie vztahující se k tématu. Byly vyloučeny články, které se výhradně věnovaly jiným typům zlomenin hlezna bez zmínky o zadním malleolu, nebo články s nejasně definovanou metodikou a nízkou vědeckou kvalitou. Relevantní články byly zhodnoceny z hlediska typu zlomeniny, způsobu diagnostiky, použité klasifikace, operačního přístupu, typu osteosyntézy, klinických výsledků a výskytu komplikací. Cíleně byly dohledávány články zaměřené na chirurgické přístupy a způsoby repozice zlomeniny zadní hrany tibie. Na základě dostupné literatury byl vytvořen souhrn chirurgických přístupů ke zlomenině zadní hrany tibie a způsobů její repozice. Pro přehlednost byly doplněny nákresy jednotlivých chirurgických přístupů.



Obr. 1. Pohled zezadu na levé hlezno: zeleně jsou znázorněny zadní tibiofibulární vaz a transverzální tibiofibulární vaz, které se upínají na zadní hranu tibie.

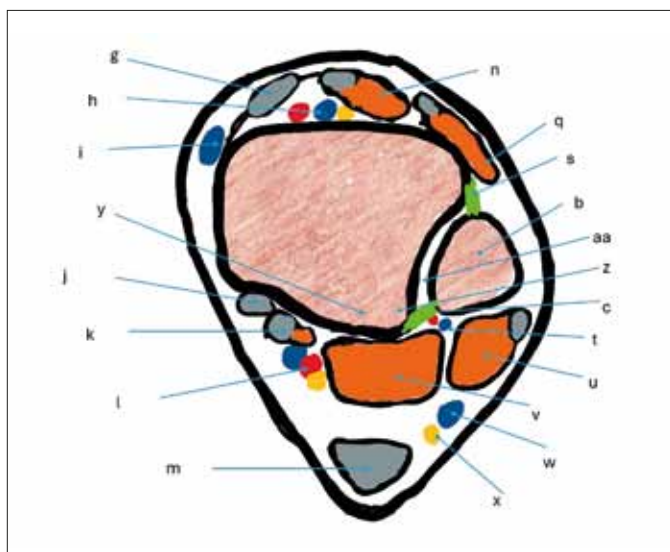
Fig. 1. Posterior view of the left ankle: the posterior tibiofibular ligament and the transverse tibiofibular ligament (highlighted in green) attach to the posterior margin of the tibia.

Epidemiologie

Zlomeniny zadního malleolu (zadní hrany tibie) se vyskytují jen zřídka izolovaně (14, 17, 18). Nejčastěji jsou součástí komplexního poranění hlezna (11). Zlomeniny zadního malleolu doprovázejí rotační zlomeniny hlezna, zlomeniny pilonu a spirální zlomeniny diafýzy tibie. Zlomeniny hlezna patří mezi časté fraktury. Představují přibližně 9–10 % všech fraktur (8, 15, 33). Zlomenina hlezna typu Weber A tvoří 23 %, typu Weber B 65 % a typu Weber C 12 % všech zlomenin hlezna. Zlomenina zadní hrany tibie se vyskytuje u 4 % případů typu Weber A a 43–46 % případů typů Weber B a C (29, 30). Vysoké zlomeniny

Vysvětlivky k obrázkům: a – tibia, b – fibula, c – ligamentum tibiofibulare posterius, d – ligamentum transversum tibiofibulare, e – talus, f – calcaneus, g – tendo m. tibialis anterioris, h – a. et v. tibiales anteriores, n. peroneus profundus, i – v. saphena magna, j – tendo m. tibialis posterioris, k – tendo m. flexoris digitorum longi, l – a. et v. tibiales posteriores, n. tibialis, m – tendo Achilles, n – m. extensor hallucis longus, p – fragmentum proximale fibulae, q – m. extensor digitorum longus, r – fragmentum distale fibulae, s – ligamentum tibiofibulare anterius, t – a. et v. fibulares, u – mm. peroneales, v – m. flexor hallucis longus, w – v. saphena parva, x – n. suralis, y – malleolus posterior tibiae, z – colliculus posterior, aa – incisura fibularis tibiae.

Figure legend: a – tibia, b – fibula, c – posterior tibiofibular ligament, d – transverse tibiofibular ligament, e – talus, f – calcaneus, g – tendon of the tibialis anterior muscle, h – tibialis anterior artery and veins with the deep peroneal nerve, i – great saphenous vein, j – tendon of the tibialis posterior muscle, k – tendon of the flexor digitorum longus muscle, l – tibialis posterior artery and veins with the tibial nerve, m – Achilles tendon, n – extensor hallucis longus muscle, p – proximal fragment of the fibula, q – extensor digitorum longus muscle, r – distal fragment of the fibula, s – anterior tibiofibular ligament, t – fibular artery and vein, u – peroneal muscles, v – flexor hallucis longus muscle, w – small saphenous vein, x – sural nerve, y – posterior malleolus, z – posterior colliculus, aa – fibular notch of the tibia.



Obr. 2. Příčný řez distálním bérce přibližně 1 cm nad tibiotalárním skloubením.

Fig. 2. Transverse section of the distal lower leg approximately 1 cm above the tibiotalar joint.

fibuly (Maisonneuveova zlomenina) jsou spojeny se zlomeninou zadní hrany v 80 % případů (4, 6). Spirální zlomeniny distální diafýzy tibie jsou spojeny se zlomeninou zadní hrany tibie ve 22–50 % případů (28, 42).

Anatomie a význam zadního kotníku

Zadní kotník (*malleolus posterior*) je součástí kloubní plochy hlezenního kloubu (*articulatio talocruralis*) a podílí se na přenosu osového zatížení z tibie na talus. V jeho zevní části se nachází zadní hrbolík (*colliculus posterior*), na který se upíná zadní tibiofibulární vaz (*ligamentum tibiofibulare posterius*). Tento vaz je klíčovou součástí vazivového spojení mezi tibií a fibulou (*syndesmosis tibiofibularis distalis*) a podílí se na udržení správné polohy fibuly ve fibulární incisurě. Jeho distální část někteří autoři označují jako transverzální tibiofibulární vaz (*ligamentum transversum tibiofibulare*) (obr. 1). Zadní kotník dále tvoří zadní část fibulární incisury (obr. 2) a významně ovlivňuje funkci dolní tibiofibulární syndezmózy (3, 9, 46, 49).

Mechanismus úrazu

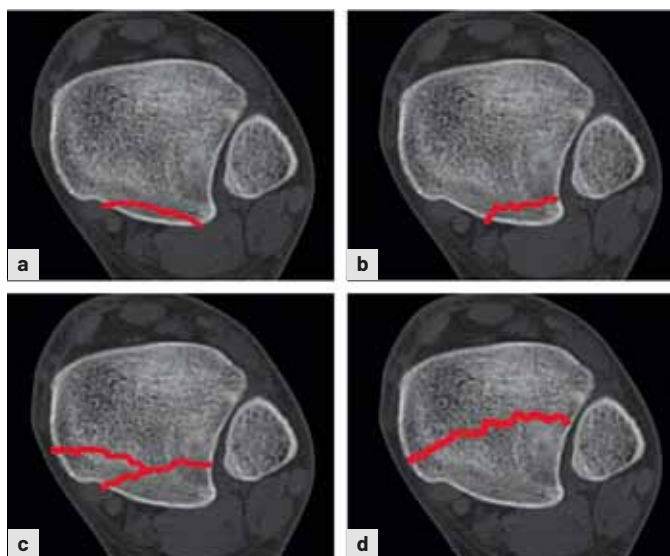
Při vzniku zlomeniny zadního malleolu mohou působit čtyři základní síly: tahová síla zprostředkovaná cestou zadního tibiofibulárního vaz, tlaková síla daná tlakem rotujícího talu na zadní hranu distální tibie (56), střížné síly vyvolané dorzálním posunem talu (12) a axiální síly vyvolané tlakem talu ve směru podélné osy bérce. K odlomení zadního malleolu nejčastěji dochází při zevní rotaci talu, případně při vnitřní rotaci bérce při fixované noze vůči podložce. Zevní rotace talu může vést

ke zlomenině zevního kotníku v úrovni distální tibiofibulární syndezmózy (zlomenina Weber B), nad touto úrovní (zlomenina Weber C) nebo k izolovanému poranění syndezmózy bez skeletárního postižení. Ve všech případech dochází k oddálení fibuly od tibie a tahem zadního tibiofibulárního vaz k odlomení části zadní hrany tibie (2). Na odlomení posterolaterální části zadní hrany tibie se podílí přímý tlak rotujícího talu (56). Při přesahu zlomeniny zadní hrany distální tibie do mediální části se výrazněji uplatňují i síly axiální a střížné (12, 25). Velikost a tvar fragmentu zadní hrany distální tibie ovlivňuje kromě působících sil i výchozí postavení nohy (supinace, pronace) v okamžiku úrazu (56). Zlomeniny vznikající zevní rotací v supinačním postavení nohy obvykle vedou k menšímu fragmentu zadní hrany tibie vlivem převahy rotační složky, zatímco pronačně rotační zlomeniny mívají větší fragment kvůli kombinaci rotační a axiální síly (57). U zlomenin zadního malleolu při vysokoenergetických frakturách pilonu převažuje axiální složka násilí.

Klasifikace zlomenin zadního malleolu

Klasifikace zlomenin zadní hrany tibie prošly významným vývojem – od jednoduchých radiografických hodnocení až po dnešní podrobné CT založené systémy, které umožňují přesnější pochopení morfologie fraktur a tím i cílenější chirurgické rozhodování. Původní klasifikace vycházely ze standardních rentgenových snímků, především z boční projekce. Hodnocena byla zejména velikost fragmentu zadní hrany, která sloužila jako vodítko pro volbu mezi operační a konzervativní léčbou. Tento přístup však trpěl omezenou přesností, protože dvourozměrné zobrazení nedostačovalo k posouzení komplexní geometrie fraktury. Zavedení výpočetní tomografie umožnilo detailnější zobrazení kostních struktur a vedlo ke vzniku prvních CT založených klasifikací. Mezi nejčastěji používané klasifikace patří systémy Bartoníčka a Rammelta, Haraguchiho a Masona. Haraguchi publikoval v roce 2006 jednu z prvních CT klasifikací zlomenin zadního malleolu (26). Rozdělil tyto zlomeniny do tří typů. Typ I zahrnoval posterolaterální fragment – nejčastější variantu. Typ II zasahoval i do mediální části zadní hrany a obsahoval posterolaterální a posteromediální komponentu. Typ III představoval avulzi drobného fragmentu kortiky z dorzální hrany tibie.

V roce 2015 publikovali svou klasifikaci zlomenin zadního malleolu Bartoníček a Rammelt (5). Jejich systém zahrnuje 5 typů podle stupně závažnosti. Bartoníček klasifikoval fragmenty nejen podle velikosti a lokalizace, ale také podle vztahu k fibulární incisurě. Typ I je extrainsurální fragment. Typ II je posterolaterální fragment zasahující do fibulární incisury. Typ III má přesah odlomeného fragmentu do mediální části zadní hrany tibie. Typ IV tvoří velký posterolaterální fragment zahrnující $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{2}$ fibulární incisury. Typ V vyčlenil Bartoníček na nepravidelné osteoporotické zlomeniny, které nespádají do předchozích čtyř skupin (obr. 3). Výhodou Bartoníčkovy a Rammeltovy klasifikace je to, že napomáhá rozhodování



Obr. 3. Bartoničková a Rammeltova klasifikace zlomeniny zadní hrany tibie; na CT skenu distálního bérce je červeně zakreslen průběh lomných linií jednotlivých typů zlomenin: a – typ I (extrainsurální fragment), b – typ II (posterolaterální fragment zasahující do fibulární incisury), c – typ III (přesah fragmentu do mediální části zadní hrany tibie), d – typ IV (velký posterolaterální fragment zahrnující $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{2}$ fibulární incisury).

Fig. 3. Bartoniček and Rammelt classification of posterior tibial margin fractures: a – Type I (extrainsurální fragment), b – Type II (posterolateral fragment involving the fibular notch), c – Type III (fragment extending medially along the posterior tibial margin), d – Type IV (large posterolateral fragment involving $\frac{1}{3}$ to $\frac{1}{2}$ of the fibular notch).

mezi konzervativní a operační léčbou a zároveň určuje vhodný operační přístup. Konzervativní léčba je indikována u zlomenin typu I (extrainsurálních) a nedislokovaných zlomenin typů II a III. Zlomeniny typů II a III s dislokací, vmezeženými fragmenty nebo impakcí kloubní plochy jsou indikovány k otevřené repozici a přímé vnitřní fixaci. Zlomeniny typu IV vyžadují obvykle přímou repozici s následnou vnitřní fixací (46).

Masonova klasifikace publikovaná v roce 2017 zohledňuje také mechanismus úrazu (38).

Diagnostika fraktury zadního malleolu

Zlomenina zadního malleolu bývá nejčastěji součástí komplexního poranění hlezna. Klinický obraz je často ovlivněn přítomností zlomenin zevního či vnitřního kotníku a vazivových poranění, přičemž dominuje lokální bolest, otok, hematom a případná defigurace hlezna u luxačních poranění (9, 23, 37). Izolovaná fraktura zadní hrany tibie je vzácná a obvykle vzniká při extrémní plantární flexi kombinované s axiálním zatížením (např. při doskoku nebo pádu z výšky) (14). Klinický obraz těchto izolovaných zlomenin nemusí být výrazný – pacient může být schopen omezené chůze a otok může chybět. Odlovení zadního malleolu nelze spolehlivě diagnostikovat pouze

fyzikálním vyšetřením. K potvrzení diagnózy je nezbytné zobrazovací vyšetření (50).

Při podezření na zlomeninu zadní hrany tibie je základním vyšetřením rtg ve standardních projekcích – předozadní (AP), šikmé s 15° – 20° vnitřní rotací (tzv. mortise view) a boční projekci. Na rtg se zlomenina zadní hrany tibie projevuje jako lomná linie v dorzální části distální tibie. Na bočním snímku může být patrný trojúhelníkový fragment v dorzální části tibie – tzv. Volkmannův trojúhelník (7). Malé fragmenty zadní hrany však často na prostém rtg nejsou viditelné (13, 21). Rentgenový snímek rovněž neodhalí vmezežené fragmenty mezi tibíí a zadním malleolem ani impakční zlomeniny v blízkosti hlavní lomné linie (35). Prostý rtg spolehlivě detekuje pouze větší a dislované fragmenty zadní hrany tibie.

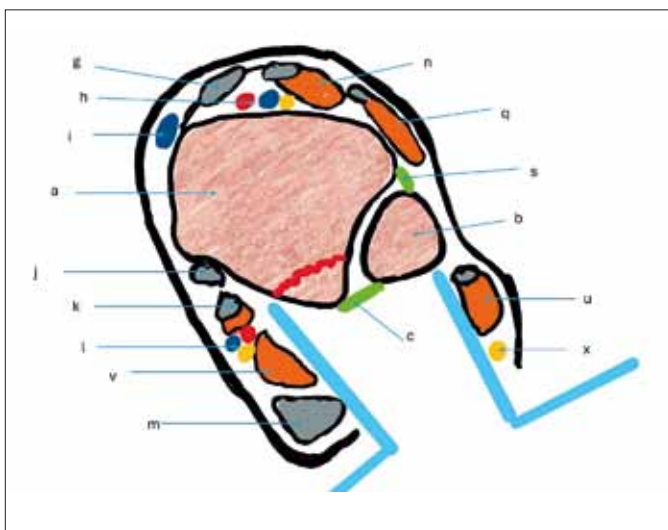
Počítačová tomografie (CT) hraje v současnosti klíčovou roli v diagnostice zlomenin zadní hrany tibie. CT umožňuje detailní zobrazení tvaru, velikosti a lokalizace fragmentu, které na prostém rtg nejsou dostatečně patrné (2). CT zobrazení umožňuje posouzení míry dislokace i přítomnosti vmezežených fragmentů, které znemožňují repozici pomocí ligamentotaxe. CT poskytuje informace o průběhu lomné linie zadního malleolu zasahující do fibulární incisury i o případné impresivní zlomenině distální tibie. Tyto nálezy jsou zásadní pro plánování chirurgického přístupu. CT je rovněž cenné při kontrolním hodnocení kvality repozice a polohy osteosyntetického materiálu po operaci (7, 48).

Indikace k operaci odlomeného zadního malleolu

Konzervativní léčba je vhodná u fraktur zadní hrany tibie, pokud je zachována kongruence kloubní plochy a stabilita talokrurálního skloubení. Původně se osteosyntéza zadního malleolu doporučovala při velikosti fragmentu přesahující 25–33 % kloubní plochy (32). Novější studie však prokázaly, že lepších funkčních výsledků lze dosáhnout i při osteosyntéze menších fragmentů (10). Hlavním kritériem pro osteosyntézu tak již není pouze velikost fragmentu, ale i míra dislokace a narušení funkce tibiofibulární syndezmózy (51). K narušení funkce dolní tibiofibulární syndezmózy dochází buď přímým zásahem lomné linie do fibulární incisury, nebo nepřímo přes zadní tibiofibulární vaz, který se upíná na colliculus posterior zadního kotníku. Dislokace zadního malleolu narušuje fyziologické napětí vazů, což může vést k nesprávnému postavení fibuly ve fibulární incisuře.

Operační přístupy k zadnímu malleolu

Posterolaterální přístup (obr. 4). Umožňuje optimální vizualizaci zadní části fibuly, fibulární incisury a posterolaterální části distální tibie (39). Obvykle se provádí v pronační poloze, která zajišťuje lepší přístup k dorzální části hlezna. Kožní řez je veden středem mezi zadním okrajem fibuly a zevním okrajem Achillovy šlachy. Někteří autoři doporučují vést řez



Obr. 4. Posterolaterální přístup: pro přístup k zadní části tibie postupuje chirurg mezi svalovým bříškem *m. flexor hallucis longus* a peroneálními svaly; v podkoží je třeba vizualizovat a chránit *n. suralis* a *v. saphena parva*.

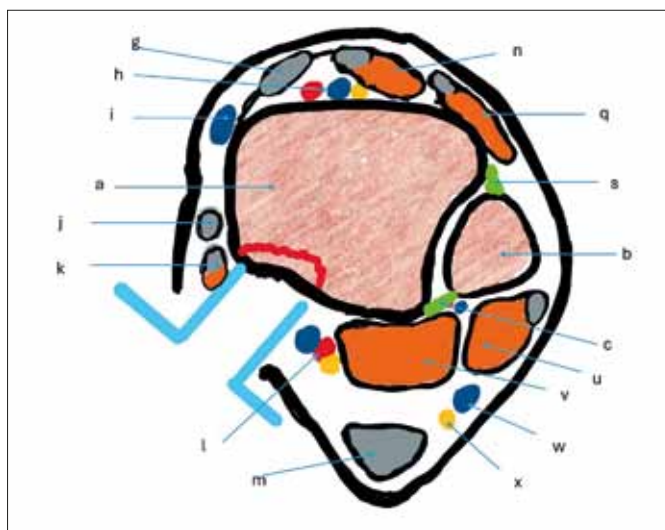
Fig. 4. Posterolateral approach: for access to the posterior tibia, the surgeon proceeds between the muscle belly of the flexor hallucis longus and the peroneal muscles; the sural nerve and small saphenous vein should be visualized and protected in the subcutaneous layer.

blíže k mediálnímu okraji fibuly (2, 20). Během disekce je třeba v podkoží identifikovat a chránit *n. suralis* a *v. saphena parva*. Po otevření fascie se pokračuje k *m. flexor hallucis longus* a k peroneálnímu kompartmentu. Pro přístup k zadní části tibie se postupuje mezi *m. flexor hallucis longus* a peroneálními svaly. Periost tibie se následně inciduje a izoluje z okrajů zlomeniny, aby byla možná anatomická repozice. Posterolaterální fragment lze elevovat a zevně vyklopit, přičemž zůstává fixován pomocí zadního tibiofibulárního vazy k fibule. Přístup umožňuje přesnou repozici fragmentu a jeho fixaci tahovými šrouby nebo opěrnou dlahou.

Ze stejného přístupu lze ošetřit i zlomeninu fibuly. Peroneální kompartment se mobilizuje laterálně (přístup k fibule spodinou peroneálního kompartmentu) a dlahu na fibulu se přikládá z posterolaterální strany („antiglide plate“). Posterolaterální přístup je považován za bezpečný z hlediska hojení i dlouhodobých výsledků (1). Při správném provedení poskytuje lepší biomechanickou stabilitu než anteroposteriorní fixace, protože umožňuje přímou vizualizaci a manipulaci s fragmentem (36, 45).

Posteromediální přístup. Poskytuje širokou expozici dorzální části tibie, avšak jeho využití je omezené při potřebě přístupu k fibulární incisurě a posterolaterálnímu okraji tibie (47). Tento přístup je indikován především v případech, kdy je odlomený fragment situován posteromediálně.

Při klasickém posteromediálním přístupu je pacient obvykle uložen do supinační polohy. Pod kontralaterální kyčel se



Obr. 5. Posteromediální přístup s antepozicí šlach flexorů: na obrázku je patrná antepozice šlachy šlachy *m. tibialis posterior* a *m. flexor digitorum longus*, které umožňují dobrý přístup k posteromediální hraně distální tibie.

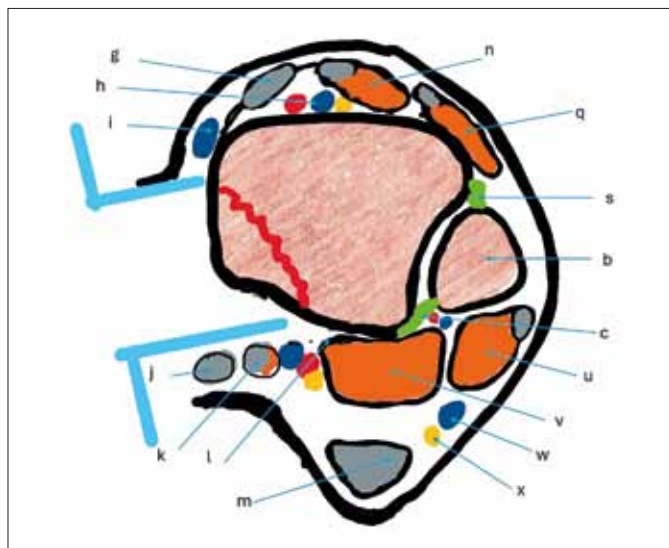
Fig. 5. Posteromedial approach with anterior transposition of the flexor tendons: the image shows the anterior transposition of the tendons of the tibialis posterior and flexor digitorum longus muscles, providing good access to the posteromedial margin of the distal tibia.

umístí podložka a operovaná končetina se nastaví do polohy ve tvaru čísla čtyři (pata operované končetiny na druhé koleno), což umožňuje lepší přístup k posteromediální části hlezna. Kožní řez je veden podél posteromediálního okraje distální tibie a mediálního malleolu a pokračuje v ose šlachy *m. tibialis posterior* směrem k talonavikulárnímu kloubu (12). Po provedení řezu se kožní laloky elevují v plné tloušťce. Přední lalok se předsune dopředu, přičemž je nutné chránit *v. saphena magna* a *n. saphenus*. Následuje protěti fascie podél zadního okraje tibie a retinakula flexorové skupiny. Poté se inciduje pochva šlachy *m. tibialis posterior* a další postup je určen charakterem zlomeniny.

Jednou z možností je anteromediální mobilizace šlachy *m. tibialis posterior*, zatímco šlachy *m. flexor digitorum longus* a nervov cévní svazek (*a. tibialis posterior*, doprovodné žíly, *n. tibialis*) jsou odtaženy laterálně. Přes spodinu pochvy šlachy *m. tibialis posterior* se provádí ostrá preparace k lomným liniím zadního malleolu (12).

Další možností je anteromediální odtažení šlachy *m. tibialis posterior* a *m. flexor digitorum longus*, které umožňuje dobrý přístup k posteromediální hraně tibie (obr. 5). V této ventrální poloze je možné šlachy dočasně fixovat pomocí Kirschnerova drátu (K. drátu) zavedeného do vnitřního kotníku.

Pokud lomná linie posteromediálního fragmentu navazuje na zlomeninu vnitřního kotníku, je vhodné retrahovat obě šlachy i nervov cévní svazek posterolaterálním směrem (obr. 6). Mediální malleolus lze distálně vyklopit přes deltový vaz, čímž



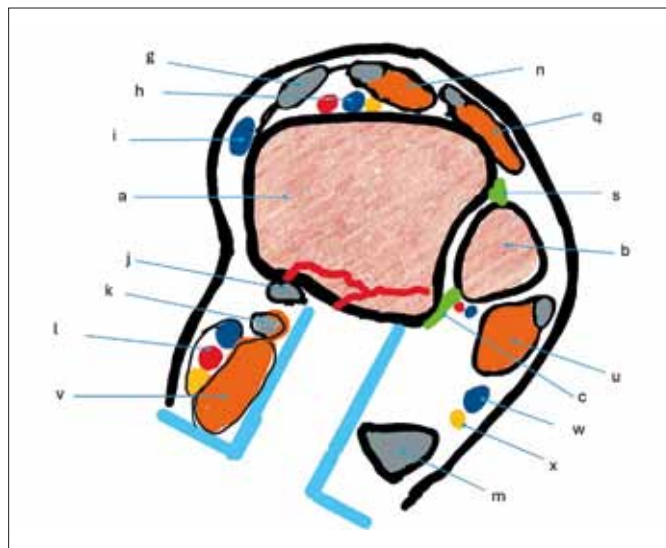
Obr. 6. Posteromediální přístup s retropozicí šlach flexorů: odtažení šlachy *m. tibialis posterior* a *m. flexor digitorum longus* dorzálně umožní přístup ke zlomenině vnitřního kotníku a mediální části zadní hrany tibiae.

Fig. 6. Posteromedial approach with posterior retraction of the flexor tendons: dorsal retraction of the *tibialis posterior* and *flexor digitorum longus* tendons allows access to the medial malleolus fracture and the medial part of the posterior margin of the tibia.

se zpřístupní tibiotalární kloub a umožní přímá repozice kloubní plochy. Při zavádění osteosyntetického materiálu je nutné vyvarovat se dráždění šlachy *m. tibialis posterior*, zejména v oblasti *sulcus m. tibialis posterioris* (20). Na závěr operace je třeba navrátit šlachy do fyziologické polohy a rekonstruovat pochvu *m. tibialis posterior* a retinakulum flexorů.

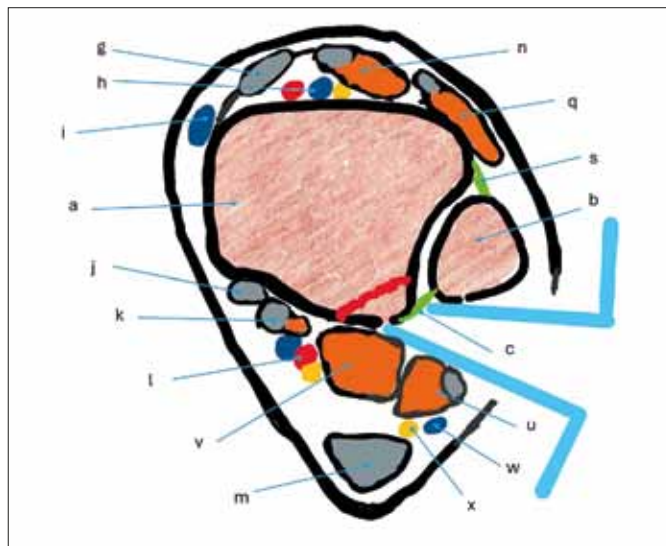
Pokud je nutné ošetřit i posterolaterální část zadního malleolu, lze zvolit modifikovaný posteromediální přístup (47). Pacient bývá obvykle uložen v pronační poloze. Kožní řez je veden podél mediálního okraje Achillovy šlachy, přičemž je nutné vyhnout se její paratenonové vrstvě, aby se minimalizovalo riziko jižev a adhezí. Po incizi povrchové fascie se zpřístupní hluboká fascie nad *m. flexor hallucis longus*. Tato vrstva se otevírá co nejvíce laterálně v rámci rozsahu řezu. Při preparaci je nutná opatrnost, neboť posteromediálně od *m. flexor hallucis longus* probíhá nervovcévní svazek. Tyto struktury je nutné přesně identifikovat a chránit po celou dobu přístupu. *M. flexor hallucis longus* se elevuje mediálně a slouží jako ochranná bariéra pro nervovcévní svazek (obr. 7). Po dosažení zadní části tibiae se periost inciduje v rozsahu odpovídajícím lomné linii. Podle průběhu lomných linií však lze zvolit k přístupu ke skeletu i interval mezi *m. flexor hallucis longus* a nervovcévním svazkem. Pokud je zadní malleolus rozštěpen na dva fragmenty a vzniká samostatný posterolaterální úlomek, je často nutné doplnit posterolaterální přístup (12).

Modifikovaný laterální přístup na zadní malleolus. McGoldrick et al. popsali přístup k zadnímu malleolu pomocí jediné



Obr. 7. Modifikovaný posteromediální přístup: na obrázku zachycen přístup s odtažením *m. flexor hallucis longus* mediálně.

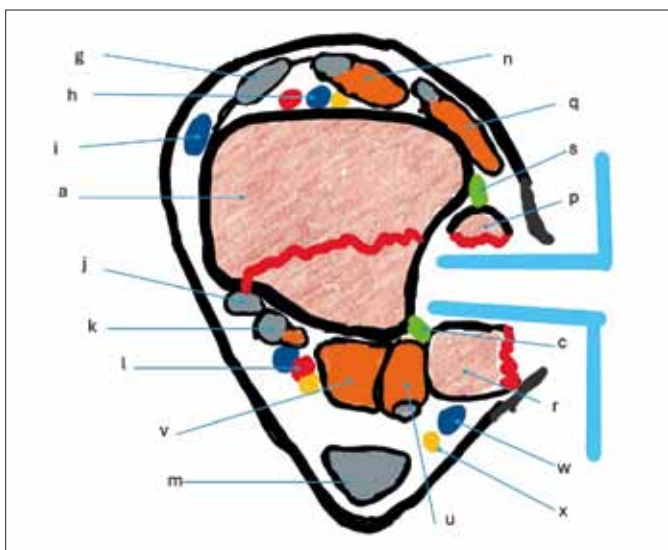
Fig. 7. Modified posteromedial approach: the figure shows medial retraction of the *flexor hallucis longus* muscle.



Obr. 8. Modifikovaný laterální přístup: vlastní přístup na zadní malleolus jde intervalem mezi posterolaterální plochou fibuly a peroneálními svaly.

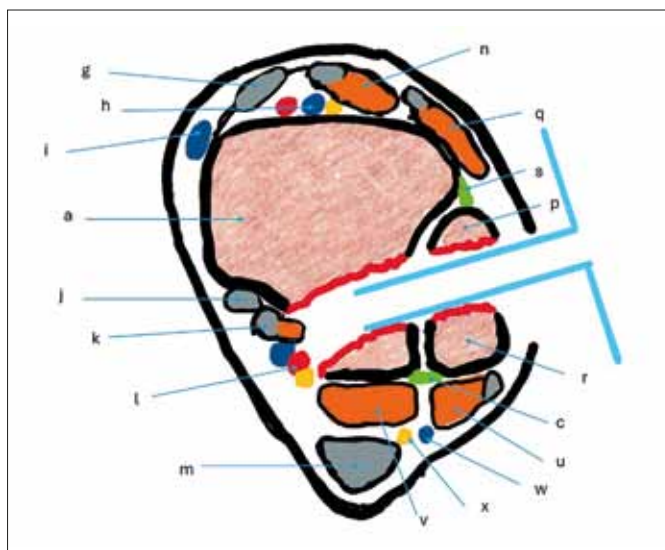
Fig. 8. Modified lateral approach: access to the posterior malleolus is achieved through the interval between the posterolateral surface of the fibula and the peroneal muscles.

šikmé incize nad laterálním aspektem hlezna (41). Pacient je uložen na poloboku s podložením ipsilaterální končetiny v oblasti kyčle. Kožní řez začíná přibližně 2 cm ventrokaudálně od apexu laterálního kotníku a vede šikmo dorzokraniálně v délce přibližně 12 cm nad průběhem peroneálních svalů. Tento přístup umožňuje současně ošetření přední části dolní



Obr. 9. Modifikovaný laterální transmalleolární přístup: k zadnímu malleolu se dostává chirurg po zevní rotaci periferního fragmentu laterálního kotníku, který zůstává fixován k zadnímu malleolu zadním tibiofibulárním vazem.

Fig. 9. Modified lateral transmalleolar approach: the surgeon reaches the posterior malleolus by externally rotating the distal fragment of the lateral malleolus, which remains attached to the posterior malleolus via the posterior tibiofibular ligament.



Obr. 10. Transfibulární přístup: do lomné linie fibuly je vložen kostní distraktor tak, že dochází při jeho rozevření k posunu distálního fragmentu fibuly dorzálně a tahem zadního tibiofibulárního vazy se posouvá dorzálně i fragment zadního malleolu.

Fig. 10. Transfibular approach: a bone distractor is inserted into the fracture line of the fibula. Upon opening, the distal fibular fragment shifts dorsally, pulling the posterior malleolar fragment dorsally through tension on the posterior tibiofibular ligament.

syndezmózy, zlomeniny laterálního kotníku i zlomeniny zadního malleolu, konkrétně posterolaterálního fragmentu (typ II dle klasifikace Bartoníčka a Rammelta). Přístup k zadnímu malleolu vede intervalem mezi posterolaterálním povrchem fibuly a peroneálními svaly (obr. 8). Během disekce je nutné vyvarovat se poranění peroneálních retinakul, jejichž poškození by mohlo vést k chronické subluxaci peroneálních šlach. Peroneální svaly se odtahují dorzálně a *m. flexor hallucis longus* se mobilizuje mediálně, čímž se zpřístupní zadní hrana tibie s posterolaterálním fragmentem. Po provedení debridementu následuje osteosyntéza fragmentu pomocí tahových šroubů nebo opěrné dlahy. Poté lze ze stejného přístupu provést osteosyntézu fibuly dlahou a ošetřit také přední část syndezmózy, konkrétně fragmenty Tillaux-Chaput a Wagstaffe-Le Fort.

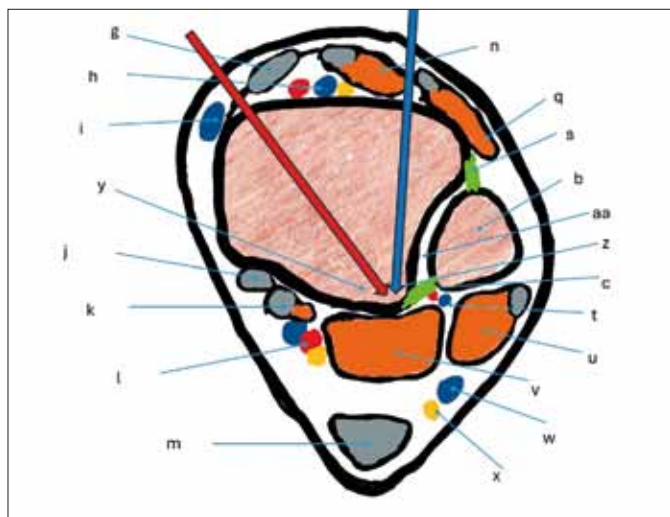
Modifikovaný laterální transmalleolární přístup. Tento přístup popsali ve své práci Kim et al. (34). Indikují ho u zlomenin zadní hrany tibie zasahující do fibulární incisury, pokud velikost fragmentu přesahuje 30 % kloubní plochy distální tibie (obr. 9). Pacient je uložen do supinační polohy. Kožní řez je veden od apexu zevního kotníku proximálně podél zadní hrany fibuly. Pokud není úrazem poraněn přední talofibulární vaz a distální část interoseální membrány, provádí operatér jejich šetrnou disekci. Současně je třeba pečlivě chránit zadní fibulotalární a fibulokalkaneární vaz, kolem kterých se následně distální fragment fibuly zevně vykloupí. Tím se zpřístupní zlomenina zadního malleolu, přičemž distální fragment fibuly zůstává fixován pomocí zadního tibiofibulárního vazy. Po vizualizaci

lomné linie je proveden její debridement, repozice fragmentu a dočasná fixace pomocí K. drátů. Definitivní fixace fragmentu se provádí několika samozávrtnými šrouby (obvykle více než čtyři, průměr 2,7 mm), směřovanými anteromedálně. Následně se provede osteosyntéza fibuly a případně i mediálního malleolu. Stabilizace dolní tibiofibulární syndezmózy se provádí pomocí syndezmálního šroubu (plně závitový poziční kortikální šroub průměru 3,5 mm), který prochází přes tři kortiky.

Transfibulární přístup k zadnímu malleolu. Gonzales et al. popsali transfibulární přístup k zadnímu malleolu (24). Tento přístup je vhodný u zlomenin zadního malleolu kombinovaných se šikmou zlomeninou fibuly v úrovni zadního malleolu. Naopak není vhodný u zlomenin s příliš malými nebo kominitivními fragmenty, případně při posteromedálním přesahu zlomeniny zadního malleolu.

Pacient je uložen v supinační poloze. Operační přístup je veden tradičně laterálně, obdobně jako při osteosyntéze laterálního kotníku (obr. 10). Do lomné linie fibuly je zaveden kostní distraktor, jehož rozevřením se distální fragment fibuly posouvá dorzálně. Zároveň se tahem za zadní tibiofibulární vaz dorzálně posouvá i fragment zadního malleolu. Tím se zpřehlední zadní konvexita talu a lze provést debridement lomné linie zadního malleolu včetně odstranění drobných mezifragmentů skeletu a chrupavky, které nejsou vhodné k osteosyntéze.

Fixaci zadního malleolu provádí Gonzales pomocí dvou šroubů vedených po K. drátech v předozadním směru, které



Obr. 11. Možnosti perkutánní fixace zadního malleolu AP šroubem: K. drát lze zavádět z krátké incize v laterální třetině přední plochy tibie (modrá šipka) anebo z krátké incize mediálně od šlachy *m. tibialis anterior* (červená šipka).

Fig. 11. Options for percutaneous fixation of the posterior malleolus with an AP screw: a K-wire can be inserted through a small incision in the lateral third of the anterior surface of the tibia (blue arrow) or through a small incision medial to the tendon of the tibialis anterior muscle (red arrow).



Obr. 12. Rtg levého hlezna (mortise view): modrá šipka označuje tibiofibulární overlap (TFO), zelená šipka tibiofibulární clear space (TFCS); v mortise view by špička K. drátu (oranžová čára) zavedeného do kortiky zreponovaného zadního malleolu neměla zasahovat do TFCS.

Fig. 12. X-ray of the left ankle (mortise view): the blue arrow indicates the tibiofibular overlap (TFO), and the green arrow marks the tibiofibular clear space (TFCS); in the mortise view, the tip of the K-wire (orange line) inserted into the cortex of the reduced posterior malleolus should not extend into the TFCS.

se zavádějí ze dvou incizí na přední ploše tibie v úrovni fyzární jizvy (radiologicky patrné kondenzace spongiózy v místě zaniklé růstové ploténky). Kožní incize jsou vedeny v délce přibližně 1,5–2 cm proximálně od fyzární linie. Správnou polohu K. drátů kontroluje operátor opticky i palpačně prostřednictvím transfibulárního přístupu. Před repozicí zadního malleolu se K. dráty povytáhnou pod úroveň lomné linie, aby nebránily finální repozici fragmentu.

Repozice zadního malleolu se provádí ligamentotaxí při dorziflexi hlezna a podložením paty, současně s reponováním fibuly tahem distálně a ventrálně za periferní fragment. Reponovaná fibula je dočasně stabilizována hrotnatými repozičními kleštěmi přiloženými přes lomnou linii. Pokud repozice nevede k uspokojivému klinickému a rentgenologickému výsledku, provádí se korekce postavení zadního malleolu perkutánně pomocí kostního háku nebo periartikulárních „C“ kleští. Po dosažení optimální repozice se přes lomnou linii zavedou K. dráty a následně tahové šrouby s podložkami v předozadním směru. Poté se provede standardní ošetření zlomeniny laterálního kotníku a zhodnotí se stabilita dolní tibiofibulární syndezmózy pomocí hook testu.

Způsoby repozice a fixace zadního malleolu

Repozice zadního malleolu může být provedena přímou nebo nepřímou technikou. Nepřímá repozice vychází z ligamentotaxe prostřednictvím zadního tibiofibulárního vazy při repozici zevního malleolu, kdy je periferní fragment

fibuly tažen distálně a ventrálně. Tento repoziční manévra je podpořen podložením paty pacienta ležícího v supinační poloze a dorzální flexi hlezna, čímž dochází k napnutí kloubního pouzdra fixovaného mezi zadní hranou tibie a talem a tím ke zlepšení repozice zadního malleolu. Nezbytnou podmínkou úspěšné nepřímé repozice metodou ligamentotaxe je nepřítomnost formovaných koagul nebo vmezených kostních a chrupavčitých fragmentů v lomné linii, které by bránily dosažení anatomické repozice. Vlastní fixace při užití techniky nepřímé repozice ligamentotaxí se obvykle provádí zavedením perkutánního šroubu v předozadním směru (anteroposteriorní, AP šroub). Jedná se většinou o kanylovaný šroub zaváděný po K. drátě. K. drát lze zavádět z krátké incize v laterální třetině přední plochy tibie, nebo z krátké incize mediálně od šlachy *m. tibialis anterior* (obr. 11) (16). Incize se obvykle provádí přibližně v úrovni fyzární jizvy. V místě incize je nutné provést tupou preparaci peánem až na skelet, přičemž je třeba dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k poranění struktur předního kompartmentu bérce – zejména šlach extenzorů a neurovaskulárního svazku (*a. tibialis anterior*, *n. peroneus profundus*). Poloha zavedeného vodiče (K. drátu) se kontroluje pomocí skiaskopie. V projekci mortise view by špička K. drátu zavedeného do kortikalis zreponovaného zadního malleolu neměla zasahovat do TFCS (tibiofibular clear space) (obr. 12). V opačném případě hrozí vysoké riziko prominence šroubu do fibulární incisury, což může vést k narušení správné funkce dolní tibiofibulární syndezmózy.

Při zavádění K. drátu v předozadním směru do fragmentu zadního malleolu navíc existuje riziko jeho dislokace z reponované pozice vlivem tlaku špičky vodiče. Tomuto nežádoucímu efektu lze předejít použitím hrotnatých reпозиčních kleští – jeden hrot je fixován na zadní malleolus, druhý na přední plochu tibie v její laterální třetině – ještě před samotným zavedením K. drátu.

Dalším problematickým aspektem předozadně zaváděných šroubů je zajištění jejich tahového efektu. Závítová část šroubu musí být plně umístěna ve fragmentu odlomeného zadního malleolu, přičemž tloušťka tohoto fragmentu musí být dostatečná k zajištění adekvátní komprese. Z tohoto pohledu je technika nepřímé repozice metodou ligamentotaxe s následnou fixací AP šroubem vhodná pouze pro větší fragmenty zadní hrany tibie, u pacientů operovaných časné – tedy v době, kdy ještě nejsou přítomny formovaná koagula znemožňující repozici – a při absenci vmezeřených fragmentů, což je nutné ověřit předoperačním CT vyšetřením. Dostatečnou kompresi i u menších fragmentů lze zajistit zavedením šroubu v zadopředním směru (posteroanteriorní, PA šroub). K. drát, který je primárně zaveden v předozadním směru, se perkutánně vyvede v dorzální části hlezna, laterálně od Achillovy šlachy. Kolem K. drátu se provede peánem tupá disekce až ke skeletu zadního zreponovaného malleolu a po tomto drátě se zavede ve směru zezadu dopředu (postero-anteriorně) kanylovaný šroub s podložkou (PA šroub). Kontrola repozice zadního malleolu při nepřímé repozici se provádí skiaskopii, především v laterální projekci. Z tohoto důvodu je nezbytné provést finální osteosyntézu fibuly (např. dlahou) až po skiaskopickém ověření správné repozice a fixace zadního malleolu. V opačném případě může přiložená dlaho znemožnit nebo významně ztížit správné hodnocení repozice v boční rtg projekci.

Repozice zadního malleolu přímou technikou se nejčastěji provádí z posterolaterálního nebo posteromediálního přístupu. Posterolaterální fragment zadní hrany tibie lze vyklopit laterálně, přičemž zůstává fixován k fibule prostřednictvím zadního tibiofibulárního vazy. Následuje důkladný debridement lomných linií – odstranění koagul a drobných mezifragmentů, které nelze bezpečně zajistit osteosyntézou. Kloubní plocha distální epifyzy tibie, která ventrálně navazuje na lomnou linii odlomeného zadního kotníku, bývá často impaktována do spongiózy (12 19). Po odklopení zadního malleolu lze provést desimpakci kloubní plochy a případný defekt vyplnit spongií či syntetickým substitučním materiálem. Větší mezifragmenty lze reponovat a dočasně ventrálně fixovat K. drátem, který je perkutánně vyveden na přední plochu tibie. K. drát se poté posune tak, aby byl zcela zanořen v reponovaném mezifragmentu a nebránil zpětnému přiklopení hlavního fragmentu zadního malleolu. Po dokončení osteosyntézy se K. drát extrahuje ventrálním směrem. Repozice zadního malleolu při otevřeném přístupu spočívá v přesném sesazení apexu kortikální části zadního kotníku s kortikou distální tibie v místě zlomeniny. Poloha se dočasně zajišťuje K. drátem. Definitivní

osteosyntéza se následně provádí buď jednotlivými tahovými šrouby, nebo opěrnou dlahou. Stejně jako při nepřímé repozici a fixaci zadní hrany tibie je vhodné provést finální osteosyntézu fibuly dlahou až po skiaskopické kontrole repozice a fixace zadního malleolu, aby dlaho nebránila zobrazení zadní hrany tibie v boční rtg projekci (12, 52). Při použití posterolaterálního přístupu lze provést osteosyntézu fibuly z téhož přístupu. Peroneální svaly se šetrně posunou laterálně a dlaho se následně umístí do posterolaterální pozice (tzv. antiglide plate), která je z biomechanického hlediska výhodnější než klasická laterální dlaho. V případě, že je odlomená zadní hrana tibie tvořena dvěma fragmenty – posteromediálním a posterolaterálním (typ 3 dle klasifikace Bartoníčka a Rammelta) – je nezbytné nejprve reponovat posteromediální fragment a teprve poté přiklopit fragment posterolaterální. Obrácené pořadí by znemožnilo anatomickou repozici mediálního fragmentu.

DISKUSE

Přístup k repozici a fixaci zlomeniny zadní hrany tibie prošel v posledních desetiletích významným vývojem. Zatímco dříve byla indikace k osteosyntéze založena primárně na velikosti fragmentu – přičemž se doporučovala fixace při rozsahu přesahujícím 25–33 % kloubní plochy tibie – současné poznatky ukazují, že rozhodujícím faktorem není pouze velikost fragmentu. Důležitou roli hraje rovněž míra dislokace, zapojení fragmentu do tibiofibulární syndezmózy a přítomnost vmezeřených fragmentů v lomné linii (43, 44, 47, 54). Gardner et al. ve své studii poukázali na to, že fixaci zadního malleolu bylo dosaženo přibližně 70 % původní pevnosti syndezmózy, zatímco při fixaci syndezmózy pomocí syndezmálního šroubu pouze 40 % (22). Tento nálezu podporuje doporučení, že i malé zlomeniny zadního malleolu by měly být ošetřeny v případě zlomenin hlezna spojených s poraněním syndezmózy. Tato změna paradigmatu je reflektována v přístupech k diagnostice i chirurgické léčbě.

Vývoj diagnostických metod významně ovlivnil rozhodovací proces při řešení těchto zlomenin. Zatímco v minulosti byla diagnostika zlomenin zadní hrany tibie založena primárně na laterálních rtg projekcích, v současnosti hraje klíčovou roli CT vyšetření, které umožňuje přesné zhodnocení morfologie zlomeniny, rozsahu kloubního postižení, přítomnosti vmezeřených fragmentů a případného zapojení fragmentů do tibiofibulární syndezmózy (40, 46, 55, 58). Solan et al. ve své práci uvedli, že CT vyšetření by mělo být provedeno u všech zlomenin hlezna, u nichž existuje podezření na zlomeninu zadního malleolu (51). To je v kontrastu s přístupy, které stále určují indikaci k fixaci pouze na základě velikosti fragmentu bez detailní analýzy jeho postavení a vztahu k syndezmóze.

Další oblastí, v níž přetrvávají rozdílné názory, je volba chirurgického přístupu a fixační techniky. Zatímco dříve – a na některých pracovištích i nadále – bývá preferována perkutánní

fixace AP šroubem, současné trendy upřednostňují přímou vizualizaci a anatomickou repozici prostřednictvím posterolaterálního či posteromediálního přístupu (2, 20, 31, 39). Kalem et al. ve své studii uvedli, že fixace PA šroubem a opěrnou dlahou s přímou repozicí pomocí posterolaterálního přístupu prokázala lepší radiologické i funkční výsledky než fixace AP šroubem (31).

ZÁVĚR

Moderní přístupy k léčbě zlomenin zadní hrany tibie zdůrazňují zásadní význam CT diagnostiky, která umožňuje detailní zhodnocení morfologie zlomeniny a výběr optimální chirurgické

strategie. Fixace zadní hrany tibie se v současnosti prosazuje i u fragmentů menších než 25 % kloubní plochy, zejména pokud dochází k postižení fibulární incisury nebo je přítomna porucha funkce dolní tibiofibulární syndezmózy. Přímá repozice a fixace prostřednictvím posterolaterálního či posteromediálního přístupu vykazuje v recentních studiích lepší radiologické i funkční výsledky než tradiční fixace AP šrouby, zejména v případech, kdy je nutná korekce impaktovaných kloubních fragmentů.

Přesto zůstává řada otázek otevřených, včetně optimálního rozsahu fixace syndezmózy a dlouhodobého vlivu jednotlivých fixačních technik na funkční výsledky. Další prospektivní a randomizované studie jsou potřebné k definování jasnějších doporučení pro chirurgickou léčbu těchto komplexních zlomenin. ■

Literatura

1. Abdelgawad AA, Kadous A, Kanlic E. Posterolateral Approach for Treatment of Posterior Malleolus Fracture of the Ankle. *J Foot Ankle Surg.* 2011;50:607–611.
2. Bartoniček J, Rammelt S, Tuček M, Naňka O. Posterior malleolar fractures of the ankle. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2015;41:587–600.
3. Bartoniček J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. *Surg Radiol Anat.* 2003;25:379–386.
4. Bartoniček J, Rammelt S, Kašper Š, Malík J, Tuček M. Pathoanatomy of Maisonneuve fracture based on radiologic and CT examination. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139:497–506.
5. Bartoniček J, Rammelt S, Kostlivý K, Vanecek V, Klika D, Trešl I. Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135.
6. Bartoniček J, Rammelt S, Tuček M. Maisonneuve fractures of the ankle: a critical analysis review. *JBJS Rev.* 2022;10:e21.00160.
7. Bartoniček J, Rammelt S, Tuček M. Posterior malleolar fractures: changing concepts and recent developments. *Foot Ankle Clin.* 2017;22:125–145.
8. Bergh C, Wennergren D, Möller M, Brisby H. Fracture incidence in adults in relation to age and gender: A study of 27,169 fractures in the Swedish Fracture Register in a well-defined catchment area. *PLOS ONE.* 2020;15:e0244291.
9. Bergman C, Morin M, Lawson K. Anatomy, classification, and management of ankle fractures involving the posterior malleolar fragment: a literature review. *Foot Ankle Orthop.* 2019;4:2473011419887724.
10. Berkes MB, Little MTM, Lazaro LE, Pardee NC, Schottel PC, Helfet DL, Lorch DG. Articular congruity is associated with short-term clinical outcomes of operatively treated SER IV ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:1769–1775.
11. Blom RP, Meijer DT, De Muinck Keizer R-JO, Stufkens SAS, Sierevelt IN, Schepers T, Kerkhoffs GMMJ, Goslings JC, Doornberg JN. Posterior malleolar fracture morphology determines outcome in rotational type ankle fractures. *Injury.* 2019;50:1392–1397.
12. Bois AJ, Dust W. Posterior fracture dislocation of the ankle: technique and clinical experience using a posteromedial surgical approach. *J Orthop Trauma.* 2008;22:629.
13. Büchler L, Tannast M, Bonel HM, Weber M. Reliability of radiologic assessment of the fracture anatomy at the posterior tibial plafond in malleolar fractures. *J Orthop Trauma.* 2009;23:208.
14. Comat G, Barbier O, Ollat D. The posterior malleolar fracture: a parachute injury not to be overlooked. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100:419–422.
15. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury.* 2006;37:691–697.
16. Czerwonka N, Momenzadeh K, Stenquist DS, O'Donnell S, Kwon JY, Nazarian A, Miller CP. Anatomic structures at risk during posterior to anterior percutaneous screw fixation of posterior malleolar fractures: a cadaveric study. *Foot Ankle Spec.* 2022;15:50–58.
17. De Vries JS, Wijgman AJ, Sierevelt IN, Schaap GR. Long-term results of ankle fractures with a posterior malleolar fragment. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44:211–217.
18. Dimitroulias A, Putur D, Bogdan Y, Sen MK. Percutaneous posterior to anterior screw fixation through achilles tendon for posterior malleolus fractures: technique description and case series. *OTA Int.* 2024;7:e321.
19. Donohoe S, Alluri RK, Hill JR, Fleming M, Tan E, Marecek G. Impact of computed tomography on operative planning for ankle fractures involving the posterior malleolus. *Foot Ankle Int.* 2017;38:1337–1342.
20. Duan X, Kadakia AR. Operative treatment of posterior malleolar fractures. *Open Orthop J.* 2017;11:732–742.
21. Ferries JS, DeCoster TA, Firoozbakhsh KK, Garcia JF, Miller RA. Plain radiographic interpretation in trimalleolar ankle fractures poorly assesses posterior fragment size. *J Orthop Trauma.* 1994;8:328.

22. Gardner MJ, Brodsky A, Briggs SM, Nielson JH, Lorch DG. Fixation of posterior malleolar fractures provides greater syndesmotic stability. *Clin Orthop Relat Res* 1976–2007. 2006;447:165–171.
23. Gardner MJ, Graves ML, Higgins TF, Nork SE. Technical considerations in the treatment of syndesmotic injuries associated with ankle fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23:510.
24. Gonzalez TA, Watkins C, Drummond R, Wolf JC, Toomey EP, DiGiovanni CW. Transfibular approach to posterior malleolus fracture fixation: technique tip. *Foot Ankle Int*. 2016;37:440–445.
25. Haraguchi N, Armiger RS. Mechanism of posterior malleolar fracture of the ankle: a cadaveric study. *OTA Int Open Access J Orthop Trauma*. 2020;3:e060.
26. Haraguchi N, Haruyama H, Toga H, Kato F. Pathoanatomy of posterior malleolar fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88:1085–1092.
27. Heim D, Niederhauser K, Simbrey N. The Volkmann dogma: a retrospective, long-term, single-center study. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2010;36:515–519.
28. Hendrickx LAM, Cain ME, Siersevelt IN, Jadav B, Kerkhoffs GMMJ, Jaarsma RL, Doornberg JN. Incidence, predictors, and fracture mapping of (occult) posterior malleolar fractures associated with tibial shaft fractures. *J Orthop Trauma*. 2019;33:e452–e458.
29. Jaskulka RA, Ittner G, Schedl R. Fractures of the posterior tibial margin: their role in the prognosis of malleolar fractures. *J Trauma*. 1989;29:1565–1570.
30. Jehlička D, Bartoniček J, Svatoš F, Dobíáš J. Luxační zlomeniny hlezna u dospělých. I. Část: Epidemiologické zhodnocení ročního souboru [Fracture-dislocations of the ankle joint in adults. Part I: epidemiologic evaluation of patients during a 1-year period]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2002;69:243–247.
31. Kalem M, Şahin E, Songür M, Keser S, Kinik H. Comparison of three posterior malleolar fixation methods in trimalleolar ankle fractures. *Acta Orthop Belg*. 2018;84:203–212.
32. Kang C, Hwang D-S, Lee J-K, Won Y, Song J-H, Lee G-S. Screw fixation of the posterior malleolus fragment in ankle fracture. *Foot Ankle Int*. 2019;40:1288–1294.
33. Kang HJ, Lee JW, Kwon YM, Kim SJ. Epidemiology of ankle fractures in Korea: a nationwide population-based study. *J Korean Med Sci*. 2022;37:e288.
34. Kim MB, Lee YH, Kim JH, Lee JE, Baek GH. Lateral transmalleolar approach and miniscrews fixation for displaced posterolateral fragments of posterior malleolus fractures in adults: a consecutive study. *J Orthop Trauma*. 2015;29:105–109.
35. Leung KH, Fang CXS, Lau TW, Li Leung FK. Preoperative radiography versus computed tomography for surgical planning for ankle fractures. *J Orthop Surg*. 2016;24:158–162.
36. Li Y, Liu S, Jia J, Zhou J. [Choice of internal fixation methods for posterior malleolus fracture in both biomechanics and clinical application]. *Beijing Da Xue Xue Bao*. 2011;43:718–723.
37. Magan A, Golano P, Maffulli N, Khanduja V. Evaluation and management of injuries of the tibiofibular syndesmosis. *Br Med Bull*. 2014;111:101–115.
38. Mason LW, Marlow WJ, Widnall J, Molloy AP. Pathoanatomy and associated injuries of posterior malleolus fracture of the ankle. *Foot Ankle Int*. 2017;38:1229–1235.
39. Mason LW, Kaye A, Widnall J, Redfern J, Molloy A. posterior Malleolar Ankle Fractures: An Effort at Improving Outcomes. *JB JS Open Access*. 2019;4:e0058.
40. Massri-Pugin J, Morales S, Serrano J, Mery P, Filippi J, Villa A. Percutaneous Fixation of posterior malleolar fractures: a contemporary review. *Foot Ankle Orthop*. 2024;9:24730114241256371.
41. McGoldrick NP, Murphy EP, Kearns SR. Single oblique incision for simultaneous open reduction and internal fixation of the posterior malleolus and anterior syndesmosis. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55:664–667.
42. Mitchell PM, Harms KA, Lee AK, Collinge CA. Morphology of the posterior malleolar fracture associated with a spiral distal tibia fracture. *J Orthop Trauma*. 2019;33:185–188.
43. Mueller E, Kleinert H, Tessarzyk M, Rammelt S, Bartoniček J, Frosch KH, Barg A, Schlickewei C. Intercalary fragments in posterior malleolar fractures: incidence, treatment implications, and distribution within CT-based classification systems. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2023;49:851–858.
44. O'Connor TJ, Mueller B, Ly TV, Jacobson AR, Nelson ER, Cole PA. "A to P" screw versus posterolateral plate for posterior malleolus fixation in trimalleolar ankle fractures. *J Orthop Trauma*. 2015;29:e151–156.
45. Psb S, Kumar RP, Reddy H. Comparative study of posterior malleolus fixation in trimalleolar ankle fractures treated with anterior to posterior screw versus posterolateral plate. *Int J Orthop Sci*. 2021;7:587–591.
46. Rammelt S, Bartoniček J. Posterior malleolar fractures: a critical analysis review. *JBJS Rev*. 2020;8:e19.00207.
47. Rammelt S, German J, Guillermo A, Leandro C, Luciano M. Quadrimalleolar fractures of the ankle: think 360°—a step-by-step guide on evaluation and fixation. *J Foot Ankle Surg Asia Pac*. 2021;8:193–200.
48. Rammelt S, Gonzalez Salas JI, Marx C. Syndesmotic ankle fractures. *Fuß Sprunggelenk*. 2024;22:94–111.
49. Rammelt S, Zwipp H, Grass R. Injuries to the distal tibiofibular syndesmosis: an evidence-based approach to acute and chronic lesions. *Foot Ankle Clin*. 2008;13:611–633.
50. Serbest S, Tiftikçi U, Kesgin E, Karatas M. Isolated posterior malleolus fracture: A rare injury mechanism. *Pan Afr Med J*. 2015;20:123.
51. Solan MC, Sakellariou A. Posterior malleolus fractures: worth fixing. *Bone Joint J*. 2017;99-B:1413–1419.
52. Strenge KB, Idusuyi OB. Technique Tip: Percutaneous screw fixation of posterior malleolar fractures. *Foot Ankle Int*. 2006;27:650–652.
53. Terstegen J, Weel H, Frosch KH, Rolvien T, Schlickewei C, Mueller E. Classifications of posterior malleolar fractures: a systematic literature review. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;143:4181–4220.
54. Tosun B, Selek O, Gök U, Ceylan H. Posterior malleolus fractures in trimalleolar

- ankle fractures: malleolus versus transyndesmal fixation. *Indian J Orthop.* 2018;52:309–314.
55. Vidović D, Elabjer E, Muškardin IVA, Milosevic M, Bekic M, Bakota B. Posterior fragment in ankle fractures: anteroposterior vs posteroanterior fixation. *Injury.* 2017;48(Suppl 5):S65–S69.
56. Vosoughi AR, Jayatilaka MLT, Fischer B, Molloy AP, Mason LW. CT Analysis of the posteromedial fragment of the posterior malleolar fracture. *Foot Ankle Int.* 2019;40:648–655.
57. Yi Y, Chun D-I, Won SH, Park S, Lee S, Cho J. Morphological characteristics of the posterior malleolar fragment according to ankle fracture patterns: a computed tomography-based study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19:51.
58. Yu T, Zhang Y, Zhou H, Yang Y. Distribution of posterior malleolus fracture lines in ankle fracture of supination-external rotation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107:103000.