

# Intramedulární hřeb v léčbě metastatického postižení diafýz dlouhých kostí: retrospektivní studie s ohledem na srovnání prognózy doby dožití a reálné přežití pacientů

## Intramedullary Nailing in Managing Diaphyseal Metastases of Long Bones: Retrospective Study Comparing the Expected Survival and the Actual Survival of Patients

T. VALOUŠEK, L. PAZOUREK, T. TOMÁŠ, M. MAHDAL, P. JANÍČEK, V. APOSTOLOPOULOS

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

### ABSTRACT

#### PURPOSE OF THE STUDY

The paper focuses on the potential use of nail osteosynthesis in diaphyseal metastases of long bones. The purpose of the paper is to assess the outcomes of intramedullary osteosynthesis in pathologic and impending pathologic fractures, to evaluate patient survival and potential complications.

#### MATERIAL AND METHODS

The retrospective study evaluated a cohort of 42 patients (19 men and 23 women) in whom intramedullary osteosynthesis was performed for complete pathologic fracture (28 patients) or impending pathologic fracture (14 patients) between 2010 and 2019. Of the total number of 42 patients, 31 patients' lower limbs were affected, namely by 17 pathologic fractures and 14 impending fractures. There were 11 humerus fractures. The mean age was 61.8 years (range 41–84 years). In the followed-up cohort, the patient survival after osteosynthesis with intramedullary nails, complications occurred and post-operative mobility of the patient were assessed. The functional outcomes were evaluated using the Musculoskeletal Tumor Society (MSTS) scoring system. The unpaired Mann-Whitney test was used to test the significance of the difference in functional outcomes and survival between the followed-up groups. Survival longer than 6 months was evaluated using Fisher's exact test. The level of statistical significance used for the test was  $p = 0.05$ .

#### RESULTS

The investigated indicator was patient survival, which was 11.3 months (range 1–50 months) on average. In the group of impending fractures, the mean survival was 13.5 months. In the group of pathologic fractures, the survival was 10 months. The functional outcome in 16 followed-up patients at three months after intramedullary osteosynthesis according to the MSTS score was 46.9% (30–66.7%). At the level of significance of  $p = 0.05$ , the statistically significant difference in the functional outcomes between the group with preventive intramedullary osteosynthesis and the group with nail osteosynthesis of the pathologic fracture was not confirmed ( $p = 0.952$ ). When comparing the patient survival after nail osteosynthesis with impending pathologic fracture and the survival of patients with pathologic fracture, a statistically significant difference in survival between these two groups ( $p = 0.520$ ) was not confirmed. The patient survival of longer than 6 months was 71% in the group of impending fractures and 40% in the group of pathologic fractures.

#### DISCUSSION

The occurrence of pathologic fracture is associated with increased pain, loss of function, and according to some authors, a higher risk of death. Surgical treatment options include intramedullary osteosynthesis, plate osteosynthesis with cement filling, implantation of an intercalary spacer, and implantation of tumor endoprotheses. When deciding on a surgical procedure, an account is taken of the expected survival of the patient. In patients with an expected survival of up to 6 months, intramedullary osteosynthesis is indicated as a palliative surgical intervention. The most common complications include implant failure and metastatic progression.

#### CONCLUSIONS

Intramedullary osteosynthesis is the method of choice in treating pathologic fractures or impending pathologic diaphyseal fractures of long bones in patients with an expected predicted survival of up to 6 months. Intramedullary osteosynthesis aims to reduce pain and enable early verticalization. The study confirmed the importance of preventive intramedullary osteosynthesis and its effect on survival compared to the survival of patients with a pathologic fracture.

**Key words:** skeletal metastases, diaphyseal metastases, intramedullary osteosynthesis, pathologic fracture, impending fracture.

## ÚVOD

Metastatické postižení skeletu je třetí nejčastější lokalitou vzdálené diseminace nádorového onemocnění a zároveň se jedná o nejčastější kostní malignitu (25, 26, 27). Patologická zlomenina nebo hrozící zlomenina na podkladě metastatického procesu je jednou ze závažných komplikací léčby nádorového onemocnění. V některých případech se jedná o první projev zatím nediaagnostikovaného novotvaru. Nejvyšší incidenci kostních metastáz nalezneme u karcinomu prsu, prostaty, štítné žlázy, dále pak je častý výskyt u karcinomu plic a ledvin (8). Mezi nejčastěji postižené lokality patří páteř, pánev, femur a humerus (4, 25, 26).

Operační léčba patologických zlomenin a hrozících zlomenin je odlišná od léčby zlomenin kostí nepostižených nádorovým procesem. Optimální typ operačního řešení závisí na mnoha faktorech, zejména však na prognóze pacienta, která se odvíjí od typu a rozsahu základního onemocnění a možností onkologické léčby. Důležité jsou i komorbidita a celkový stav pacienta. Při rozhodování o operační léčbě hraje významnou roli určení přesného místa ložiskové kostní léze a dále posouzení rozsahu poškození kosti metastatickým procesem. Je nutné si uvědomit, že možnosti zhojení zlomeniny v terénu metastatického postižení jsou limitované (18). Na rozdíl od traumatických zlomenin je často před vlastním operačním řešením nutno pacienta vyšetřit a zjistit příčinu patologické zlomeniny a odhadnout prognózu pacienta. V případě známého metastatického kostního postižení je nutné předcházet vzniku patologické zlomeniny. K odhadu rizika jejího vzniku můžeme například použít Mirelsův skórovací systém (12) nebo měření standardizované hodnoty absorpce (SUV) na PET-CT (11). Měřením SUV určujeme úroveň buněčné aktivity v konkrétním místě ve srovnání s aktivitou jinde v těle.

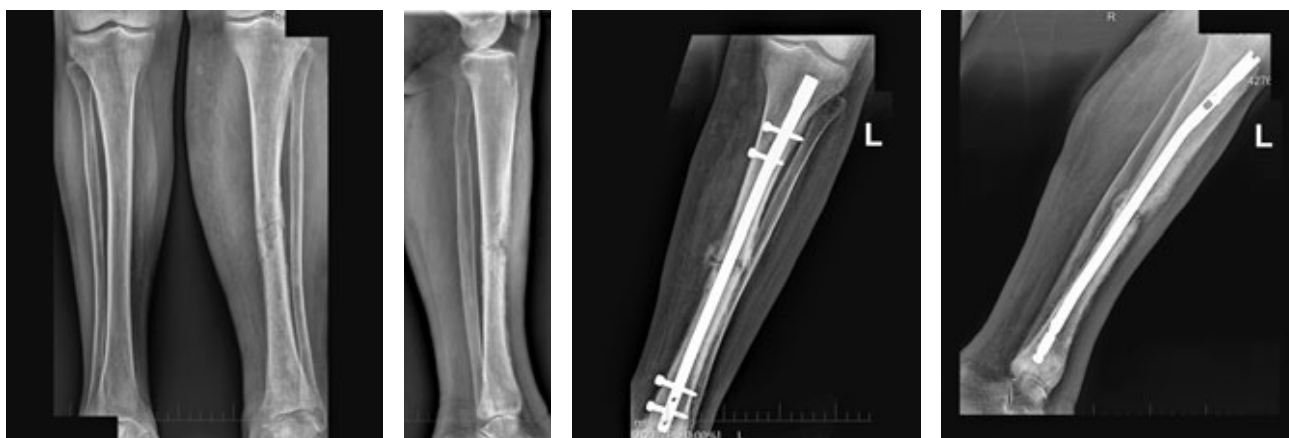
K operační léčbě kostních metastáz můžeme využít nitrodřeňovou osteosyntézu, dlahovou osteosyntézu s cementovou plombou nebo implantaci tumorózní náhrady

(21). Nitrodřeňová osteosyntéza zajistí obnovu anatomické délky končetiny a její osy. Mechanické vlastnosti hřebu zajistí stabilní osteosyntézu umožňující časnou zátěž a brzký návrat pacienta do běžného života s ohledem na prognózu onkologického onemocnění. Jedná se o alternativu dlahové osteosyntézy s menší invazivitou a dobrým funkčním výsledkem (10, 14), a to zejména v diafyzární lokalizaci. Prostá nitrodřeňová osteosyntéza však neřeší vlastní postižení kosti nádorem, které tak může po operaci dále progredovat a může vést k mechanickému selhání.

V naší práci jsme se zaměřili na možnosti využití hřebové osteosyntézy v onkoortopedii vzhledem k dané diagnóze s ohledem na prognózu a přežití pacienta. Cílem práce je posoudit výsledky intramedulární osteosyntézy u patologických a hrozících patologických zlomenin, zhodnotit délku přežití a možné komplikace.

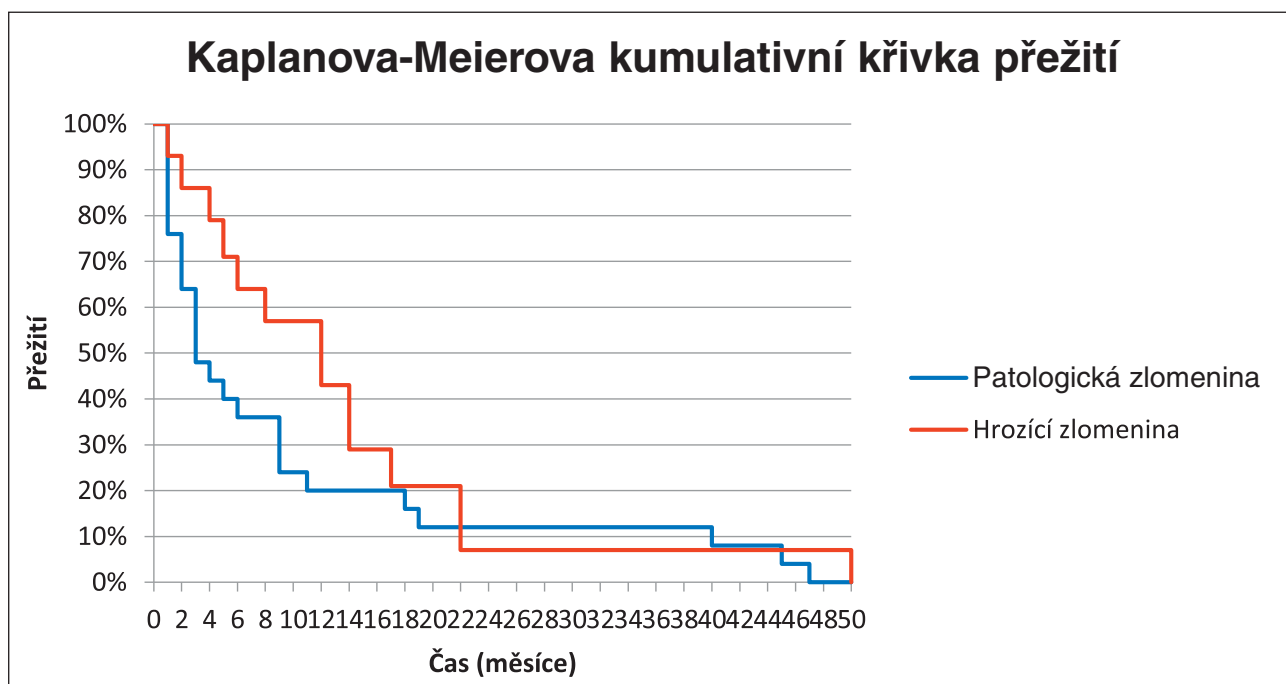
## MATERIÁL A METODIKA

Do hodnoceného souboru bylo zařazeno 42 pacientů, u nichž byla provedena intramedulární osteosyntéza pro vzniklou patologickou zlomeninu (28 pacientů) nebo hrozící patologickou zlomeninu (14 pacientů) v období 2010 až 2019. Z toho bylo 19 mužů a 23 žen. Z celkového souboru 42 pacientů jsme zaznamenali v 31 případech postižení na dolní končetině, 17 patologických zlomenin a 14 hrozících zlomenin. Zlomenin v oblasti humeru bylo 11. Věkový průměr byl 61,8 let (rozmezí 41–84). Pacienti s hrozící patologickou zlomeninou byli indikováni k osteosyntéze na základě Mirelsova skórovacího systému ( $\geq 9$ ). Tento systém hodnotí riziko patologické zlomeniny na základě velikosti ložiska, místa výskytu, typu metastázy a subjektivního vnímání bolesti pacientem. Pacienti indikováni k osteosyntéze intramedulárním hřebem byli posuzováni individuálně ve spolupráci s Komisí pro muskuloskeletální tumory (KMST). O intramedulární osteosyntéze bylo rozhodnuto na základě prognózy, celkového stavu pacienta a lokálního



Obr. 1a–d. 84letá pacientka s nedislokovanou patologickou zlomeninou tibie. Kostní metastáza high-grade uroteliálního karcinomu. Patologická zlomenina ošetřena intramedulární osteosyntézou s následnou radioterapií. Délka přežití pacientky tři měsíce po operaci.

Fig. 1a–d. 84-year-old female patient with a non-displaced pathologic tibial fracture. Bone metastasis of high-grade urothelial carcinoma. Pathologic fracture treated with intramedullary osteosynthesis followed by radiotherapy. Patient survival at three-month follow-up after surgery.



Graf 1. Kaplanova-Meierova křivka přežití: červená křivka znázorňuje přežití u pacientů s hrozící zlomeninou. Modrá křivka zobrazuje přežití u pacientů s patologickou zlomeninou.

Chart 1. Kaplan-Meier survival curve: Red curve indicates the survival of patients with an impending fracture. The blue curve indicates the survival of patients with a pathologic fracture.

nálezů. Prognóza byla stanovena ošetřujícím onkologem. Cílem indikace hřebové osteosyntézy bylo dosažení stabilní osteosyntézy s možnou časnou, nebolestivou vertikalizací. V kontrolovaném souboru jsme se zaměřili na hodnocení přežití pacientů po provedené osteosyntéze intramedulárním hřebem, dále pak na komplikace, možnost pooperační vertikalizace a celkovou mobilitu pacienta po operaci. V hodnoceném souboru byla sledována rozdílná délka přežití u pacientů po provedené hřebové osteosyntéze z indikace patologické zlomeniny nebo hrozící patologické zlomeniny. Funkční výsledky byly hodnoceny podle skórovacího systému MSTS. Na základě MSTS skóre je bodově ohodnocena bolest, funkce končetiny, nutnost kompenzačních pomůcek a chůze. V případě kostní léze na horní končetině je místo chůze a užití kompenzačních pomůcek hodnocena jemná motorika a schopnost úchopu. Hodnocení bylo provedeno 3 měsíce od operace. Toto skóre bylo možné zhodnotit pouze u 16 pacientů, protože část pacientů časně zemřela a velká část se ztratila ze sledování vzhledem k další onkologické léčbě na vzdálených pracovištích.

Pro intramedulární osteosyntézu na horní končetině bylo využito humerálního hřebu (11 pacientů), který byl zaveden antegrádně. Na dolní končetině jsme při postižení femuru použili univerzální femorální hřeb (19 pacientů), rekonstrukční hřeb (5 pacientů) a retrográdní hřeb (3 pacientů). Pro osteosyntézu tibie byl využitý nepředvrtaný tibiální hřeb (4 pacientů).

Ve sledovaném souboru byl nejčastější výskyt metastáz (17 pacientů) světlobuněčného renálního karcinomu (Grawitz), dále pak metastázy karcinomu prsu (6 pacientů) a karcinomu plic (5 pacientů). Nejčastěji

postiženou lokalitou byl femur (28 pacientů), následován humerem (10 pacientů) a tibií (4 pacientů).

Hodnocení souboru bylo provedeno retrospektivně na základě dat získaných ze zdravotnické dokumentace a funkční hodnocení (MSTS) pomocí dotazníku. Statisticky byly zhodnoceny obě skupiny (se zlomeninou a s hrozící zlomeninou). Statistické zpracování výsledků bylo provedeno pomocí softwaru R verze 4.0.3. Při testování významnosti rozdílu funkčních výsledků a délky přežití mezi sledovanými skupinami bylo užito nepárového Mannova-Whitneyho testu. Hladina statistické významnosti byla testována na úrovni  $p < 0,05$ . Přežití delší než 6 měsíců v obou skupinách bylo porovnáno a statisticky zhodnoceno pomocí Fischerova exaktního testu.

## VÝSLEDKY

Prvním sledovaným ukazatelem bylo přežití pacientů, které bylo v průměru 11,3 měsíců (interval 1–50 měsíců). Do tohoto hodnocení nebyli zařazeni dva pacienti, kteří při hodnocení souboru byli stále žijící. V případě hrozících zlomenin bylo průměrné přežití 13,5 měsíců. V souboru patologických zlomenin byla doba přežití 10 měsíců. Kaplanova-Meierova křivka znázorňuje v grafu 1 přežití pacientů s kompletní patologickou zlomeninou s následnou osteosyntézou ve srovnání s přežitím pacientů po preventivní osteosyntéze. Ve 24 případech byla provedena doplňující léčba, viz tabulka 1.

U 31 operovaných pacientů pro metastatické postižení na dolní končetině byla ve 28 případech úspěšná vertikalizace buď na berlích, nebo v chodítku. Z toho ve skupině patologických zlomenin bylo vertikalizováno

14 z celkových 17 operovaných pacientů. Ve skupině hrozících zlomenin bylo vertikalizováno všech 14 pacientů s metastatickým postižením dolní končetiny.

Mezi komplikacemi bylo zastoupeno selhání osteosyntézy s následnou reoperací ve třech případech. Ve dvou případech šlo k selhání osteosyntetického materiálu s nutností reosteosyntézy ve skupině patologických zlomenin a v jednom případě se jednalo o pacienta s preventivní osteosyntézou.

U jednoho pacienta byla zaznamenána paréza *n. peroneus*. Septický stav se pooperačně rozvinul u jedné pacientky s diseminovaným karcinomem prsu. Septický stav vznikl na podkladě relapsu bronchopneumonie a současně ranné infekce. Progrese tumorózního procesu vedla ve dvou případech k exartikulaci a v jednom případě k implantaci tumorózní náhrady a v jednom případě k implantaci totálního femuru. Z toho u dvou pacientů došlo k progresi i přes provedenou radioterapii.

Funkční výsledek u sledovaných pacientů tři měsíce po nitrodřeňové osteosyntéze byl dle MSTS skóre 46,9 % (rozmezí 30–66,7 %). Interval spolehlivosti je 46,9±5,7 (95% CI 41,2 – 52,6). Jednotlivé funkční výsledky jsou znázorněny v tabulce 2. Na základě primární hypotézy jsme statisticky porovnali funkční výsledky pacientů s hrozící patologickou zlomeninou a pacientů s patologickou zlomeninou diafýzy pomocí Mannova-Whitneyho testu. U-hodnota testu se rovná 27,5 a Z-score se rovná 0,0567. Na hladině významnosti  $p < 0,05$  jsme neprokázali statisticky významného rozdílu funkčních výsledků mezi skupinou s preventivní nitrodřeňovou osteosyntézou a skupinou hřebové osteosyntézy patologické zlomeniny ( $p=0,952$ ). Dále jsme pomocí Mannova-Whitneyho testu porovnali délku přežití u pacientů po hřebové osteosyntéze s hrozící patologickou zlomeninou a pacientů s patologickou zlomeninou. Distribuce výsledku se ukázala normální a nebylo prokázáno statisticky významného rozdílu v délce přežití mezi oběma skupinami ( $p=0,520$ ). Osteosyntéza intramedulárním hřebem u pacientů s metastatickým postižením se primárně indikuje u pacientů s prognózou kratší než 6 měsíců. V našem souboru se ukázalo, že 71 % pacientů s hřebovou osteosyntézou v terénu hrozící zlomeniny se dožilo déle než 6 měsíců. V případě hřebové osteosyntézy u patologické zlomeniny se 40 % pacientů dožilo déle než 6 měsíců. Tento fakt jsme statisticky zhodnotili pomocí Fischerova exaktního testu. Hodnocení se ukázalo jako statisticky nevýznamné ( $p=0,1858$ ).

## DISKUSE

Rostoucí incidence kostních metastáz souvisí s vyšší mírou přežívání onkologických pacientů (23). Nejvyšší riziko vzniku kostních metastáz je u karcinomu prsu a prostaty (3). V našem souboru jsme zaznamenali nejčastější výskyt světlobuněčného renálního karcinomu, následován karcinomem prsu a plic. Nejčastějšími místy výskytu kostních metastáz jsou femur, pánev, páteř, žebra a humerus (20, 26). Ward a kol. poukázali na femur, jako na nejvíce postiženou dlouhou kost metastatickým procesem (22). Polovina ložiskových procesů femuru je

Tab. 1. Doplnující onkologická léčba a její kombinace u pacientů po nitrodřeňové osteosyntéze pro hrozící patologickou zlomeninu nebo vzniklou patologickou zlomeninu

Table 1. Complementary cancer treatment and its combination in patients after intramedullary osteosynthesis for an impending pathologic fracture or a complete pathologic fracture

Typ doplňující léčby	
Radioterapie	16
Chemoterapie	3
Chemoterapie + radioterapie	2
Biologická léčba	1
Biologická léčba + radioterapie	2
Celkem pacientů s doplňující léčbou	24

Tab. 2. Funkční výsledky tři měsíce od operace. MSTS skóre u pacientů po intramedulární osteosyntéze

Table 2. Functional outcomes at three-month follow-up after surgery. MSTS score in patients after intramedullary osteosynthesis

	MSTS skóre	
	body	%
1.	10	33,3
2.	11	36,7
3.	15	50
4.	11	36,7
5.	20	66,7
6.	9	30
7.	18	60
8.	17	56,7
9.	19	63,3
10.	12	40
11.	13	43,3
12.	12	40
13.	17	56,7
14.	13	43,3
15.	10	33,3
16.	18	60
		46,9 %

lokalizována do krčku femuru, 20 % metastáz do peritrochanterické oblasti a 30 % do subtrochanterické oblasti (20). V souboru jsme zaznamenali nejvíce ložiskových procesů s výskytem na femuru. Druhou nejčastěji postiženou dlouhou kostí byl humerus. Frassica a Frassica ve své práci uvedli humerus jako druhou nejčastější diafyzární kost s výskytem metastáz (7). Vznik patologické zlomeniny je spojený s vyšším rizikem úmrtí, jak prokázali Saad a kol. (19). V souladu s touto prací jsme ve sledovaném souboru potvrdili rozdíl délky přežití u pacientů se zlomeninou a hrozící zlomeninou.

Na základě charakteristiky kostní léze, lokality metastatického procesu, celkového stavu pacienta a jeho



prognózy je zvolen optimální operační postup (2). Mezi možnostmi operační léčby řadíme intramedulární osteosyntézu, dlahovou osteosyntézu s cementovou plombou, implantaci interkalárního spaceru a implantaci tumorózní náhrady. Užití dlahové osteosyntézy s cementovou plombou umožňuje lepší vizualizaci, korektní repozici a možnost rigidní fixace s užitím zamykatelných šroubů (25). Nejčastěji je dlahová osteosyntéza využívána pro ložiskové kostní léze humeru a v oblasti distálního femuru (2). V případě nálezu ložiskového procesu v epifyze a metafýze je vhodná resekce s následnou implantací tumorózní náhrady (16). Implantace tumorózní náhrady zajišťuje vysokou stabilitu, snižuje riziko progresu metastatického procesu a eliminuje komplikace stran hojení zlomeniny (9). Využití interkalárního spaceru je možné u resekce v oblasti diafýzy u pacientů s dobrou prognózou. O dobrém funkčním výsledku referovali ve své studii Pu a kol. (15).

Cílem indikace intramedulární osteosyntézy je dosažení stabilní osteosyntézy a odstranění bolesti pacienta. V případě rozhodování o typu operačního řešení zohledňujeme prognózu přežití pacienta. Forsberg a kol. ve své práci doporučili u pacientů s prognózou přežití do jednoho roku méně invazivní operační metody z důvodu možné časně rehabilitace (6).

U pacientů s prognózou přežití do šesti měsíců indikujeme intramedulární osteosyntézu jako paliativní výkon. U pacientů s prognózou přežití od šesti měsíců do jednoho roku je indikováno intralezionální odstranění nádoru s cementovou plombou a dlahovou osteosyntézou, kdy cementová augmentace zvyšuje stabilitu fixace (1). V případech pacientů se solitární metastázou či oligometastatickým postižením skeletu u některých typů nádorů (karcinom ledviny a štítné žlázy) a u pacientů s postižením kloubního konce kosti (typicky proximální femur) je indikována tumorózní náhrada nebo v diafyzární lokalizaci interkalární spacer.

Komplikace operační léčby patologických zlomenin nebo hrožících zlomenin jsou buď systémové, nebo lokální. Mezi nejčastější komplikace patří selhání implantátu, jak uvedli Wedin a kol. (24), a dále pak progresu metastatického procesu (26). Příčinou těchto komplikací je nejčastěji chybná indikace na základě nepřesného zhodnocení prognózy pacienta nebo technická chyba v provedení osteosyntézy. Riziko lokální progresu nádorového postižení lze snížit pooperační radioterapií, jak ve své práci popsali Drost a kol. (5). Díky nižší invazivitě je zaznamenáván nižší výskyt infekčních komplikací. Mezi další uváděné komplikace v literatuře patří peroperační zlomenina, nestabilita implantátu a dále pak paréza *n. radialis* po dlahové osteosyntéze humeru (13, 17). Dle výsledků kontrolovaného souboru odpovídá výskyt a četnost komplikací údajům uváděných v recentní literatuře.

## ZÁVĚR

Hřebová osteosyntéza je metodou volby léčby patologických zlomenin nebo hrožících patologických zlomenin v oblasti diafýzy dlouhých kostí u pacientů s pro-

gnózou přežití do 6 měsíců. Přes stanovenou prognózu pacientů byl významný počet pacientů s přežitím více než 6 měsíců. Cílem intramedulární osteosyntézy je odstranění bolestivosti a umožnění časně vertikalizace. Ve studii byl potvrzen význam preventivní intramedulární osteosyntézy a její vliv na délku přežití ve srovnání s přežitím u pacientů s patologickou zlomeninou.

## Literatura

1. Al-Jahwari A, Schemitsch EH, Wunder JS, Ferguson PC, Zdero R. The biomechanical effect of torsion on humeral shaft repair techniques for completed pathological fractures. *J Biomech Eng.* 2012;134:024501.
2. Bryson DJ, Wicks L, Ashford RU. The investigation and management of suspected malignant pathological fractures: a review for the general orthopaedic surgeon. *Injury.* 2015;46:1891–1899.
3. Coleman RE. Metastatic bone disease: clinical features, pathophysiology and treatment strategies. *Cancer Treat Rev.* 2001;27:165–176.
4. Damron TA, Sim FH. Surgical treatment for metastatic disease of the pelvis and the proximal end of the femur. *Instr Course Lect.* 2000;49:461–470.
5. Drost L, Ganesh V, Wan BA, Raman S, Chan S, Christakis M, Tsao M, Barnes E, Ford M, Finkelstein J, Yee A, Turner A, Lam H, Chow E.. Efficacy of postoperative radiation treatment for bone metastases in the extremities. *Radiation Oncol.* 2017;124:45–48.
6. Forsberg JA, Eberhardt J, Boland PJ, Wedin R, Healey JH. Estimating survival in patients with operable skeletal metastases: an application of a bayesian belief network. *PLoS ONE.* 2011;6:e19956.
7. Frassica FJ, Frassica DA. Evaluation and treatment of metastases to the humerus. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;415Suppl:S212–218.
8. Hage WD, Aboulafia AJ, Aboulafia DM. Incidence, location, and diagnostic evaluation of metastatic bone disease. *Orthop Clin North Am.* 2000;31:515–528.
9. Harvey N, Ahlmann ER, Allison DC, Wang L, Menendez LR. Endoprostheses last longer than intramedullary devices in proximal femur metastases. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470:684–691.
10. van der Hulst RR, van den Wildenberg FA, Vroemen JP, Greve JW. Intramedullary nailing of (impending) pathologic fractures. *J Trauma.* 1994;36:211–215.
11. Kinahan PE, Fletcher JW. PET/CT standardized uptake values (SUVs) in clinical practice and assessing response to therapy. *Semin Ultrasound CT MR.* 2010;31:496–505.
12. Mirels H. Metastatic disease in long bones. A proposed scoring system for diagnosing impending pathologic fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;249:256–264.
13. Moura DL, Alves F, Fonseca R, Freitas J, Casanova J. Treatment of pathological humerus-shaft tumoral fractures with rigid static interlocking intramedullary nail-22 years of experience. *Rev Bras Ortop.* 2019;54:149–155.
14. Piatek S, Westphal T, Bischoff J, Schubert S, Holmenschlager F, Winkler S. [Intramedullary stabilisation of metastatic fractures of long bones]. *Zentralbl Chir.* 2003;128:131–138.
15. Pu F, Zhang Z, Wang B, Liu J, Shao Z. En bloc resection and intercalary prosthesis implantation for the treatment of humeral diaphyseal bone metastases. *Int Orthop.* 2021;45:281–288.
16. Quinn R. Metastatic disease to the hip and pelvis: surgical management. *Tech Orthop.* 2007;22:78–87.
17. Ricard M-AM, Stavropoulos NA, Nooh A, Ste-Marie N, Goulding K, Turcotte R. Intramedullary nailing versus plate osteosynthesis for humeral shaft metastatic lesions. *Cureus.* 2021;13:e13788.
18. Rizzo SE, Kenan S. Pathologic fractures. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2021.
19. Saad F, Lipton A, Cook R, Chen Y-M, Smith M, Coleman R. Pathologic fractures correlate with reduced survival in patients with malignant bone disease. *Cancer.* 2007;110:1860–1867.
20. Sim FH. Metastatic bone disease of the pelvis and femur. *Instr Course Lect.* 1992;41:317–327.
21. Tanaka T, Imanishi J, Charoenlap C, Choong PFM. Intramedullary nailing has sufficient durability for metastatic femoral fractures. *World J Surg Oncol.* 2016;14:80.

22. Ward WG, Spang J, Howe D. Metastatic disease of the femur: surgical management. *Orthop Clin North Am.* 2000;31:633–645.
23. Weber KL, Randall RL, Grossman S, Parvizi J. Management of lower-extremity bone metastasis. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(Suppl 4):11–19.
24. Wedin R, Hansen BH, Laitinen M, Trovik C, Zaikova O, Bergh P, Kalén A, Schwarz-Lausten G, Vult von Steyern F, Walloe A, Keller J, Weiss RJ. Complications and survival after surgical treatment of 214 metastatic lesions of the humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21:1049–1055.
25. Willeumier JJ, van der Linden YM, van de Sande MAJ, Dijkstra PDS. Treatment of pathological fractures of the long bones. *EFORT Open Rev.* 2016;1:136–145.
26. Yazawa Y, Frassica FJ, Chao EY, Pritchard DJ, Sim FH, Shives TC. Metastatic bone disease. A study of the surgical treatment of 166 pathologic humeral and femoral fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;251:213–219.
27. Yu H-HM, Tsai Y-Y, Hoffe SE. Overview of diagnosis and management of metastatic disease to bone. *Cancer Control.* 2012;19:84–91.

**Korespondující autor:**

MUDr. Tomáš Valoušek

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

Pekařská 664/53

656 91 Brno

E-mail: tomas.valousek@fnusa.cz