

# Operační léčba zlomeniny diafýzy klíční kosti – prospektivní randomizovaná studie

## Surgical Treatment of Clavicle Midshaft Fractures – Prospective Randomized Trial

J. ŠIMEK<sup>1,2</sup>, K. ŠMEJKAL<sup>1</sup>, M. FRANK<sup>2</sup>, R. HYŠPLER<sup>3</sup>, T. DĚDEK<sup>2</sup>, J. PÁRAL<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Katedra vojenské chirurgie, Fakulta vojenského zdravotnictví, Univerzita obrany v Brně, Hradec Králové

<sup>2</sup> Chirurgická klinika, Fakultní nemocnice Hradec Králové

<sup>3</sup> Ústav klinické biochemie a diagnostiky, Lékařská fakulta v Hradci Králové a Fakultní nemocnice Hradec Králové

<sup>4</sup> Katedra chirurgie, Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Hradci Králové

### ABSTRACT

#### PURPOSE OF THE STUDY

Comparison of the outcomes of clavicle midshaft fractures using two different surgical techniques, namely intramedullar osteosynthesis using elastic stable intramedullary nailing (ESIN) with medial cap and extramedullar plate osteosynthesis.

#### MATERIAL AND METHODS

The prospective randomized trial was conducted at the Department of Trauma Surgery of the Department of Surgery of the University Hospital Hradec Králové in the Czech Republic at the Level I Trauma Center between 2014 and 2018 and compared two types of osteosynthesis of clavicle midshaft fractures. 60 patients were enrolled in the study and were randomly assigned to one of the two groups. In Group 1, the participants were treated by ESIN and in Group 2 by plate osteosynthesis. The operative technique was chosen by the sealed envelope method. According to the randomization list created by a specialised statistical company, every envelope was marked with a unique number and contained the intramedullar “IM”, or the extramedullar “EM” sign.

#### RESULTS

The observation of statistical parameters by unpaired t test detected significantly different results: a shorter incision using ESIN osteosynthesis (median = 2.9 cm) compared with plate osteosynthesis (median 14 cm,  $p < 0.001$ ), longer X-ray exposure using ESIN (median = 325 s) compared with plate osteosynthesis (median = 16.5 s,  $p < 0.001$ ) and radiation dose using ESIN (median = 996 cGy/cm<sup>2</sup>) compared with plate osteosynthesis (median = 4 cGy/cm<sup>2</sup>,  $p < 0.001$ ). The difference in other parameters such as operative time, in-patient length of stay and duration of rehabilitation was not statistically significant. The time to clavicle fracture repair was comparable in both the surgical arms, i.e. approximately 3 months. Also, the duration of incapacity for work was not statistically different. Functional Constant Shoulder Score at a one-year follow-up is comparable in both the two arms ( $p = 0.268$ ). The Dunn s method necessitated a longer operative time when treating multifragmental midshaft clavicle fracture by the ESIN compared to simple fractures. No statistically significant difference was detected in the operative time of different procedures and in the number of bone fragments. The functional outcome was excellent in 25 patients (83%) in each method.

#### DISCUSSION

Most midshaft clavicle fractures are still treated non-operatively with good outcomes. The indication for surgical treatment is the dislocation of fragments greater than the width of the clavicle bone, the shortening of fragments greater than 2 cm and the angulation of more than 30°. Patient after operative treatment profits from bone healing by absolute or relative stability. In recent years, new intramedullar techniques other than open plate reduction and fixation have emerged. For example, elastic stable intramedullary titan nailing. Both the methods are full-fledged without functional differences in long-term follow-up.

#### CONCLUSIONS

We consider the intramedullar osteosynthesis to be the most appropriate surgical approach for simple midshaft spiral, oblique and transverse clavicle fractures and also wedge oblique fractures. Plate osteosynthesis is useful for all types of fractures. No statistically significant difference in the rate of bone healing was observed after intramedullar or extramedullar osteosynthesis, but multifragmentary fractures healed faster when plate osteosynthesis was used. The determining factor for the received radiation dose is solely the surgical method, not the type of fracture. There is a statistically significant difference in shorter X-ray exposure and lower received radiation dose in plate fixation and reduction. The complication rate is comparable in both the methods.

**Key words:** elastic stable intramedullary nailing, midshaft clavicle fracture, ESIN, TEN, titan elastic nail, clavicle plate osteosynthesis, 3.5 LCP clavicular plate, indication for midshaft fracture treatment.

Osteosyntetický materiál a operační síto k operační technice metodou ESIN bylo hrazeno ze specifického výzkumu SV/FVZ201511 a studie byla schválena Etickou komisí

[illegible]

## MATERIÁL A METODIKA

V letech 2014–2018 probíhala na oddělení úrazové Chirurgické kliniky Fakultní nemocnice v Hradci Králové prospektivní randomizovaná studie. Porovnány byly dvě operační metody léčby zlomenin diafýzy klíční kosti. Dlahová osteosyntéza zlomeniny klíční kosti a metoda ESIN pomocí TEN.

### 1. Soubor pacientů

Do studie bylo zařazeno celkem 60 pacientů. Vstupní kritéria pro zařazení do studie byla: informovaný souhlas pacienta, zlomenina diafýzy klíční kosti, dislokace úlomků o šíři kosti, zkrat více než 2 cm nebo angulace o více než 30°. Zařazení byli pacienti s monotraumatem, sdruženým poraněním i polytraumatizovaní pacienti ve věku 16–80 let. Vylučujícími kritérii byly neuzavřené růstové štěrby a non compliance pacienta. Do každé skupiny bylo zařazeno 30 pacientů. Sledován byl věk, pohlaví, etiologie úrazu, přidružená poranění, laterality, primární ošetření, rizikové faktory pro hojení (kouření, užívání kortikosteroidů, cukrovka, onemocnění pojiva), délka incize, délka hospitalizace, délka operace, stabilita osteosyntézy, nutnost konverze z metody ESIN na dlahovou osteosyntézu, typ zlomeniny, dislokace zlomeniny, jednalo-li se o otevřenou nebo zavřenou zlomeninu, stav měkkých tkání, stav periferie ipsilaterální končetiny, délka rentgenového ozáření (rtg), obdržená dávka rentgenového záření, délka incize, doba pracovní neschopnosti, doba rehabilitace, délka hojení a výsledné Constant Murley shoulder score, komplikace a nutnost extrakce osteosyntetického materiálu.

Operační postup u jednotlivých pacientů byl náhodný, zvolen obálkovou metodou. První skupina (30 pacientů) byla tvořena pacienty se zlomeninou diafýzy klíční kosti řešenou pomocí metody elastic stable intramedullary nailing (ESIN) mediálně jištěného čepičkou s využitím titanového elastického hřebu (TEN) firmy Synthes®. Ve druhé skupině (30 pacientů) byli pacienti se zlomeninou diafýzy klíční kosti řešenou dlahou – 3,5 clavicular locking compression clavicular plate (LCP) firmy Synthes®. O zvolení absolutní či relativní stability vždy rozhodl operátor podle typu zlomeniny.

Doba sledování byla jeden rok (tab. 1). Ke statistickému zhodnocení byl použit nepárový t-test, ANOVA a Dunnova metoda.

### 2. Operační technika

Všichni pacienti byli operováni v celkové anestezii v poloze „plážové křeslo“ a v antibiotické cloně v režimu „one shot“ 30 minut před incizí. Všem pacientům byl podán 1 g cefazolinu i.v. (Azepo 1 g INJ/INF PLV SOL 10, MEDOPHARM, s.r.o., Praha, Česká republika)

#### Metoda ESIN

Incize byla vedena 1,5 cm laterálně od mediálního konce klíční kosti. Zde byl šídlem vytvořen trepanační otvor a ESIN byl zaveden z mediálního do laterálního úlomku klíční kosti. Byly použity interferenční repoziciční manévry s použitím kleští a kostních háků. U pěti

pacientů (17%) byla nutná přídatná incize nad místem zlomeniny a přímá manipulace s fragmenty k dosažení repozice. U pacientů ošetřených metodou ESIN byl průměr hřebu 2 mm pro ženy a 2,5 mm pro muže.

#### Dlahová osteosyntéza

Dlahy byly vždy umístěny na kosti kraniálně a byl použit přední přístup. Řez byl veden šikmo podle tvaru klíční kosti při jejím spodním okraji v délce 8–10 cm. M. platysma jsme nevyvážovali na stehy. Vždy jsme se snažili identifikovat supraklavikulární nervy a ostrým proniknutím přes klaviektorální fascii jsme ozřejmili trapezius, sternocleidomastoideus a velký prsní sval. Pokaždé přesná identifikace těchto svalů nebyla nutná, ale vždy jsme ponechali meziúlomku maximum měkkých tkání kvůli výživě. Ve všech případech byla použita klavikulární 3,5mm LCP dlahy fixovaná vždy třemi šrouby mediálně a třemi laterálně. O výběru konvenčních nebo úhlově stabilních šroubů rozhodl operátor podle operačního nálezu a typu zvolené stability. Operační rána byla uzavřena opět po anatomických vrstvách. Ve čtvrtině případů byla ke dlaze zavedena Redonova drenáž dle pooperačního krvácení.

### 3. Rehabilitace

Pacienti měli dva týdny po operaci nařízen šetřící režim s končetinou v šátkovém závěsu. Aktivní i pasivní procvičování lokte, zápěstí a prstů bylo dovoleno již první pooperační den. Pasivní rehabilitace ramenního pletence byla poté zahájena nejprve kývavými pohyby v ramenním kloubu. K tomu se podle bolesti přidala pasivní elevace končetiny s dopomocí zdravé končetiny nebo druhé osoby. Sebeobsluha byla umožněna od druhého týdne po operaci. Aktivní rehabilitace do bolesti byla zahájena po 6 týdnech od operace. Plná zátěž byla povolena při klinických a paraklinických (stabilita kosti, absence krepitu, absence neurodeficitu, absence známek zánětu a rentgenový snímek ve dvou projekcích - předozadní a Serendipity) známkách pokročilého hojení po třech měsících od operace.

## VÝSLEDKY

#### Dlahová osteosyntéza

Ve skupině převažovali muži (83 %). Průměrný věk pacientů byl 43 let. Sedmnáct z nich utrpělo zlomeninu klíční kosti na levé straně (57 %). Většina pacientů (83 %) měla zlomeninu v rámci monotraumatu (tab. 1). U 20 pacientů (67 %) se jednalo o důsledek sportovního úrazu. Všechny zlomeniny byly zavřené a způsobené nepřímým mechanismem. Interval mezi úrazem a operací byl v průměru 12 dnů (medián 11 dnů). Nejčastější byla v souboru zlomenina víceúlomková spirální se zónou kominuace a to 7x (23 %) (tab. 2). Průměrný zkrat klíční kosti byl 13 mm, dislokace ad laterus 14 mm a průměrná angulace fragmentu byla 7°. Průměrná délka operace činila 95 minut s délkou rentgenového ozáření v průměru 16 sekund. Redonova drenáž byla zavedena ke dlaze

Tab. 2. Zlomeniny u pacientů randomizovaných k dlahové osteosyntéze / Table 2. Fractures in patients randomized for plate osteosynthesis

Typ zlomeniny	Četnost	%
Jednoduchá spirální	6	20
Jednoduchá šikmá	4	13
Jednoduchá příčná	3	10
Spirální s meziúlomkem	7	23
Ohybová s mezifragmentem	6	20
Zóna kominuce	4	13

Tab. 3. Zlomeniny u pacientů randomizovaných k řešení metodou ESIN / Table 3. Fractures in patients randomized for treatment with ESIN

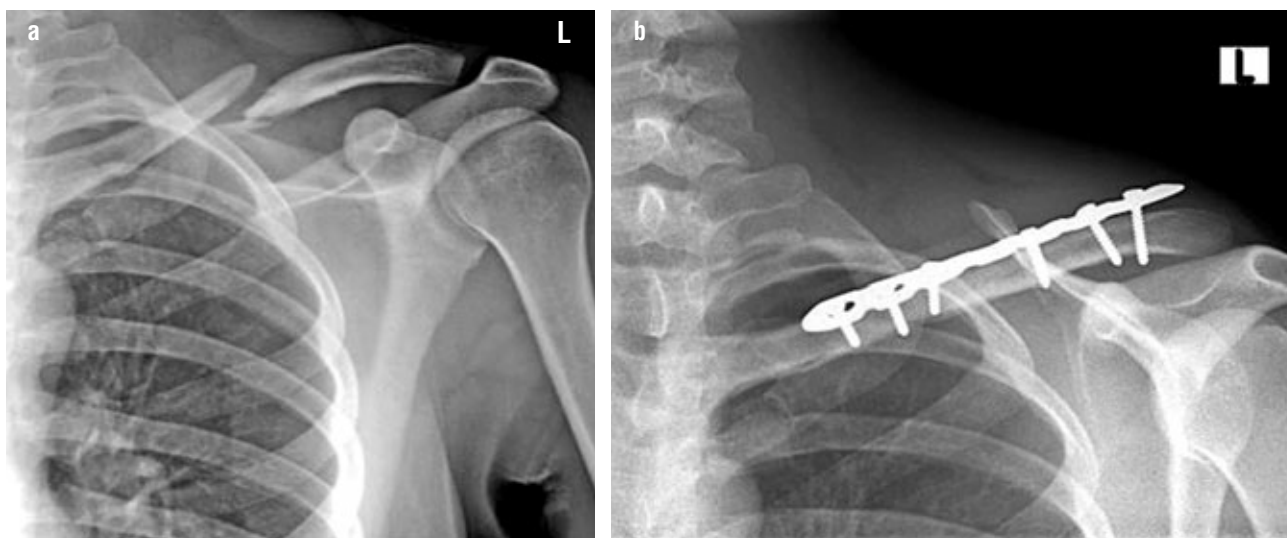
Typ zlomeniny	Četnost	%
Jednoduchá spirální	4	13
Jednoduchá šikmá	10	33
Jednoduchá příčná	9	30
Spirální s meziúlomkem	6	20
Zóna kominuce	1	3

u 8 pacientů (24 %) a délka incize byla v průměru 14 cm. Zlomenina se zhojila při dlahové osteosyntéze v průměru za 12 týdnů (obr. 1a, 1b). Délka hospitalizace byla průměrně 3 dny. Princip absolutní stability byl použit u 21 osteosyntéz (80 %). Doba pracovní neschopnosti trvala v průměru 5 týdnů, rehabilitace pak trvala v průměru 8 týdnů. Výsledné Constant Murley shoulder score bylo u této metody 90 bodů (medián 94) (tab. 1). Funkční výsledek byl excelentní u 25 pacientů (83 %). Pooperační komplikace byla zaznamenána 1x (3 %). Jednalo se hluboký infekt s nutností extrakce

dlahy. Následně došlo k refraktuře, pacient se dohodil konzervativním postupem pomocí Madzenovy ortézy, kultivačně byl detekován *Staphylococcus aureus*. Plánovaná extrakce dlahy byla provedena u 9 pacientů (30 %). Všichni tito pacienti udávali před vynětím dlahy nepříjemný pocit při nošení břemene.

### Metoda ESIN

Ve skupině převažovali muži (70 %). Průměrný věk pacientů byl 29 let. Devatenáct pacientů (63%) utrpělo zlomeninu klíční kosti na levé straně. Většina pacientů (83 %) si přivodila zlomeninu v rámci monotraumatu (tab. 1). U 17 pacientů (56 %) se jednalo o sportovní úraz. Na druhém místě byla zlomenina způsobená při dopravní nehodě – 7 pacientů (23 %). Všechny zlomeniny byly zavřené a způsobené nepřímým mechanismem. Interval mezi úrazem a operací byl v průměru 12 dnů. Nejčastějším typem zlomeniny byla u 10 pacientů (33%) jednoduchá šikmá zlomenina (tab. 3). Průměrný zkrat klíční kosti byl 16 mm, dislokace ad latus 18 mm a průměrná angulace zlomeniny byla 12°. Průměrná délka operace činila 90 minut s délkou záření v průměru 477 sekund. Celková délka incize včetně osteosyntéz s nutností přidatné incize byla v průměru 46 mm. Pomocná incize k otevřené repozici musela být provedena u 5 pacientů (17 %). Ve všech případech byl využit princip relativní stability. Zlomenina se zhojila při použití metody ESIN v průměru za 16 týdnů (obr. 2a, 2b). Délka hospitalizace byla průměrně 5 dnů. Doba pracovní neschopnosti trvala v průměru 2 týdny, doba rehabilitace pak 4 týdny. Výsledné Constant Murley shoulder score bylo v průměru 90 bodů (medián 94) (tab. 1). Funkční výsledek byl excelentní u 25 pacientů (83 %). Komplikace byla zaznamenána 3x (10 %). Jednou se jednalo o migraci prutu a dvakrát o malpozici zlomeniny. Dvakrát se jednalo o jednoduchou příčnou zlomeninu a 1x o zlomeninu s kominutivní zónou. K migraci došlo v pooperačním



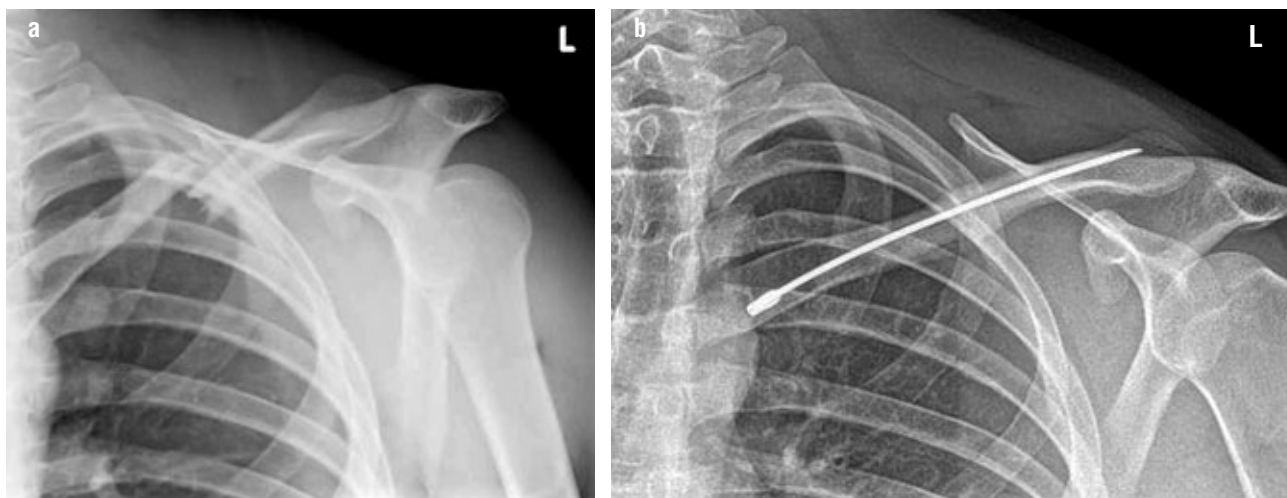
Obr. 1a. Úrazový snímek – muž, 41 let, bez komorbidit, prostý pád, monotrauma, typ zlomeniny dle OTA 15-B1.3.

Fig. 1a. Trauma X-ray – male, 41 years, with no comorbidities, simple fall, monotrauma, type of fracture according to the OTA classification – 15-B1.3.

Obr. 1b. Zhojená zlomenina léčená dlahovou osteosyntézou 12 týdnů od operace.

Fig. 1b. Healed fracture treated with plate osteosynthesis at 12 weeks postoperatively.





Obr. 2a. Úrazový snímek – muž, 28 let, bez komorbidit, motonehoda, monotrauma, typ zlomeniny dle OTA 15-B1.1.

Fig. 2a. Trauma X-ray – male, 28 years, no comorbidities, motorcycle accident, monotrauma, type of fracture according to the OTA classification – 15-B1.1.

Obr. 2b. Zhojená zlomenina léčená metodou ESIN za 16 týdnů od operace.

Fig. 2b. Healed fracture treated with ESIN at 16 weeks postoperatively.

období a k malpozici vždy primárně. Stav byl řešen až po zhojení zlomeniny pouze extrakcí prutu. Bylo provedeno celkem 7 plánovaných (23 %) extrakcí po intra-medulární osteosyntéze. Pět pacientů (17 %) projevilo přání extrakce po zhojení kosti, protože si nepřáli mít v těle cizí materiál. Dvakrát (7 %) byl TEN extrahován pro nepříjemný pocit ze zajišťovací čepičky, která prominovala v podkoží.

U 4 pacientů (13 %) byl výkon konvertován na dlahovou osteosyntézu pro technickou náročnost, která by si vyžádala delší operační čas a delší expozici rentgenového záření. Jednalo se o jednoduchou, dlouze spirální zlomeninou s úzkou dřevovou dutinou, takže zavedení prutu do laterálního fragmentu bylo velmi obtížné. Třikrát (75 %) se jednalo o spirální zlomeninu s meziúlomkem. Jednou (25 %) se jednalo o zlomeninu s jednoduchou šikmou lomnou linií.

#### • Statistické hodnocení

Při statistickém hodnocení sledovaných parametrů s použitím nepárového t-testu byly zjištěny významné rozdílné výsledky: menší délka incize u metody ESIN (medián = 2,9 cm) v porovnání s dlahou (medián = 14 cm,  $p < 0,001$ ), delší expozice rtg u metody ESIN (medián = 325 s) v porovnání s dlahou (medián = 16,5 s,  $p < 0,001$ ) – (tab. 1 a tab. 4).

Ostatní parametry nebyly statisticky významně rozdílné. Doba operace, hospitalizace a rehabilitace byly srovnatelné. Doba do zhojení zlomeniny byla u obou metod také srovnatelná, cca 3 měsíce. Délka pracovní neschopnosti také není statisticky významně rozdílná. Funkční výsledek Constant Murley shoulder score je u obou metod po jednom roce sledování na hladině statistické významnosti srovnatelný ( $p = 0,268$ ).

Dunnovou metodou (3) byl zjištěn delší operační čas při řešení víceúlomkových zlomenin metodou ESIN než u zlomenin jednoduchých. Desetkrát delší doba záření byla u víceúlomkových zlomenin operovaných

metodou ESIN než dlahovou osteosyntézou,  $p < 0,001$ . Byl zaznamenán signifikantní rozdíl delší doby hojení u víceúlomkových zlomenin operovaných metodou ESIN oproti dlahové osteosyntéze,  $p < 0,001$ . Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks (ANOVA) (14) ukázala nejkratší dobu hojení u víceúlomkových zlomenin operovaných dlahou, nejdelší pak u víceúlomkových zlomenin operovaných metodou ESIN. U jednoduchých i kominutivních zlomenin léčených dlahou obdrželi pacienti menší dávku záření než u stejných typů zlomenin léčených metodou ESIN. Funkční výsledek byl excelentní u 25 pacientů každé z metod.

#### DISKUSE

Obě metody, ESIN i dlahová osteosyntéza, jsou plnohodnotné a bez funkčních rozdílů při dlouhodobém sledování (7, 9, 10, 23). Obecně pro výhody operační léčby chyběl dostatečný počet důkazů, které přinesli například Šponer, Khan a Davids (2, 12, 28). Studií o operační léčbě metodou ESIN je již dnes poměrně velká řada, ale ve většině z nich se hřeb mediálně nezajišťuje (11, 15, 26), nebo se hřeb zavádí laterálně (27). Frigg ve svém souboru prokazuje, že mediální jištění

Tab. 4. Statistické hodnocení základních sledovaných parametrů souboru / Table 4. Statistical evaluation of basic monitored parameters of the group

Delší doba rentgenového záření u metody ESIN	$p < 0,001$
Menší incize u metody ESIN	$p < 0,001$
Constant Murley shoulder score obou metod	$p = 0,268$
Doba do zhojení zlomeniny u obou metod	$p = 0,616$
Délka doby rehabilitace	$p = 0,008$
Délka operace	$p = 0,116$
Doba hospitalizace	$p = 0,295$

TEN u metody ESIN snižuje pooperační komplikace (5). Frima ve svém souboru uvádí, že menší dráždění měkkých tkání čepičkou je u komplexních zlomenin (6). Govindasamy metodu ESIN považuje za bezpečnou, s dobrým funkčním a kosmetickým výsledkem. Doba hojení však udává 7,5 týdne, oproti 12 týdnům v našem souboru. To připisujeme faktu, že my hodnotíme zlomeninu jako zhojenou při jasně vytvořeném svalku, kdežto Govindasamy považuje zlomeninu za zhojenou již při pokročilých známkách hojení. Doba pracovní neschopnosti je v jeho souboru oproti našim 5 týdnům dvojnásobná (8). Sawalha zjistil, že dlahová osteosyntéza, reoperace s využitím dlahy a řešení paklobů s využitím dlahy nenese větší počet komplikací (24). Sidler-Maier jako jediný zatím i k léčení paklobů naopak využil i metodu ESIN bez komplikací (25). Lechler uvádí, že i komplikace spojená s operační technikou ESIN nemá statisticky významný vliv na funkční klinický výsledek (15). Operačně lze využít také intramedulární vnitřní fixaci pomocí několika metod, které jsou však až na metodu ESIN otevřené (7). Wendsche uvádí, že záleží na typu implantátu a preformované klavikulární dlahy se mohou lámat. My však tuto zkušenost nemáme. Dále uvádí, že ventrální operační přístup je výhodnější oproti kraniálnímu. U zlomenin s více než třemi úlomky doporučuje využití LCP dlahy (29). Jako indikace k operačnímu řešení je zkrat klíční kosti o více než 2 cm. Logicky nastává otázka, co se děje s délkou klíční kosti při konzervativní terapii. Figueiredo ve své práci neupozoroval u konzervativně léčených zlomenin se zkratem více jak dva centimetry negativní vliv na funkci ramenního kloubu. Jedná se však pouze o pozorování na 59 pacientech (4).

## ZÁVĚR

Z výsledků naší studie vyplývá, že k nitrodřeňové osteosyntéze jsou indikovány zlomeniny s jednoduchou lomnou linií šikmou, příčnou nebo spirální, a také šikmé zlomeniny s mezifragmentem. Ostatní víceúlomkové zlomeniny, především víceúlomkové spirální, vzhledem k obtížnosti výkonu nejsou indikovány k ošetření touto technikou. Dlahovou osteosyntézu lze použít u všech typů zlomenin. Statisticky se nepotvrdilo rychlejší zhojení při užití intramedulární nebo extramedulární osteosyntézy, ale byl zaznamenán staticky signifikantní rozdíl v délce hojení prokazující výhodu léčby víceúlomkových zlomenin dlahou.

Determinujícím faktorem obdržené dávky rtg záření je operační metoda, nikoliv typ zlomeniny. U dlahové osteosyntézy je kratší doba rtg expozice, a proto menší obdržená dávka rentgenového záření.

## Literatura

1. Allman FL. Fractures and ligamentous injuries of the clavicle and its articulation. *J Bone Joint Surg Am.* 1967;49:774–784.
2. Davids PH, Luitse JS, Strating RP, van der Hart CP. Operative treatment for delayed union and nonunion of midshaft clavicular fractures: AO reconstruction plate fixation and early mobilization. *J Trauma.* 1996;40:985–986.
3. Dunn OJ. Multiple Comparisons Among Means. *J Am Stat Assoc.* 1961;56:52–64.
4. Figueiredo GS de L, Tamaoki MJS, Dragone B, Utino AY, Netto NA, Matsumoto MH, Matsunaga FT. Correlation of the degree of clavicle shortening after non-surgical treatment of midshaft fractures with upper limb function. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:151.
5. Frigg A, Rillmann P, Ryf C, Glaab R, Reissner L. Can complications of titanium elastic nailing with end cap for clavicular fractures be reduced? *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:3356–3363.
6. Frima H, Hulsman MHJ, Houwert RM, Ahmed Ali U, Verleisdonk EJMM, Sommer C, et al. End cap versus no end cap in intramedullary nailing for displaced midshaft clavicle fractures: influence on implant-related irritation. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2018;44:119–124.
7. Fuglesang HFS, Oksum MA, Wikerøy AKB. Mini-Invasive intramedullary fixation of displaced midshaft clavicle fractures with an elastic titanium nail. *JBJS Essent Surg Tech.* 2018;8:e16.
8. Govindasamy R, Kasirajan S, Meleppuram JJ, Thonikadavath F. A retrospective study of titanium elastic stable intramedullary nailing in displaced mid-shaft clavicle fractures. *Rev Bras Ortop.* 2017;52:270–277.
9. Hoogervorst P, van Schie P, van den Bekerom MP. Midshaft clavicle fractures. *EFORT Open Rev.* 2018;3:374–80.
10. Houwert RM, Wijdicks F-J, Steins Bisschop C, Verleisdonk E-J, Kruyt M. Plate fixation versus intramedullary fixation for displaced mid-shaft clavicle fractures: a systematic review. *Int Orthop.* 2012;36:579–585.
11. Keihan Shokouh H, Naderi MN, Keihan Shokouh M. Treatment of midshaft clavicular fractures with elastic titanium nails. *Trauma Mon.* 2014;19:e15623.
12. Khan LAK, Bradnock TJ, Scott C, Robinson CM. Fractures of the clavicle. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:447–460.
13. Kihlström C, Möller M, Lönn K, Wolf O. Clavicle fractures: epidemiology, classification and treatment of 2 422 fractures in the Swedish Fracture Register; an observational study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18:82.
14. Kruskal WH, Wallis WA. Use of Ranks in one-criterion variance analysis. *J Am Stat Assoc.* 1952;47:583–621.
15. Lechler P, Sturm S, Boese CK, Bockmann B, Schwarting T, Ruchholtz S, Lahner M, Frink M. Surgical complications following ESIN for clavicular mid-shaft fractures do not limit functional or patient-perceived outcome. *Injury.* 2016;47:899–903.
16. Lenza M, Faloppa F. Surgical interventions for treating acute fractures or non-union of the middle third of the clavicle. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;CD007428.
17. Liu W, Xiao J, Ji F, Xie Y, Hao Y. Intrinsic and extrinsic risk factors for nonunion after nonoperative treatment of midshaft clavicle fractures. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* 2015;101:197–200.
18. Naidoo P. Migration of a Kirschner Wire from the clavicle into the abdominal aorta. *Arch Emerg Med.* 1991;8:292–295.
19. Nguyen TD, Sandhaus T, Doenst T. Chronic perforation of the aortic arch by Kirschner wires. *Thorac Cardiovasc Surg Rep.* 2016;5:65–67.
20. Nordqvist IA, Petersson C. The incidence of fractures of the clavicle. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;300:127–32.

21. Postacchini F, Gumina S, De Santis P, Albo F. Epidemiology of clavicle fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11:452–456.
22. Robinson CM. Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80:476–484.
23. sang qh, gou zg, zheng hy, yuan jt, zhao jw, he hy, liu c, liu z. the treatment of mid-shaft clavicle fractures. *Chin Med J (Engl).* 2015;128:2946–2951.
24. Sawalha S, Guisasola I. Complications associated with plate fixation of acute midshaft clavicle fractures versus non-unions. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol.* 2018;28:1059–1064.
25. Sidler-Maier CC, Dedy NJ, Schemitsch EH, McKee MD. Clavicle malunions: surgical treatment and outcome-a literature review. *HSS J Musculoskelet J Hosp Spec Surg.* 2018;14:88–98.
26. Smekal V, Irenberger A, Struve P, Wambacher M, Krappinger D, Kralinger FS. Elastic stable intramedullary nailing versus nonoperative treatment of displaced midshaft clavicular fractures-a randomized, controlled, clinical trial. *J Orthop Trauma.* 2009;23:106–112.
27. Sommerfeldt DW, Schmittenbecher PP. Elastic stable intramedullary nailing (ESIN) in the adolescent patient—perils, pearls, and pitfalls. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2014;40:3–13.
28. Sponer P, Neumann D, Karpas K. [Congenital pseudoarthrosis of the clavicle in a boy with Prader-Willi's syndrome]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2008;75:134–136.
29. Wendsche P, Kužma J, Veselý R. Zlomeniny střední části klíční kosti v dospělém věku – analýza selhání dlahových osteosyntéz. *Úraz Chir.* 2017;25:1–9.
30. Wijdicks F-JG, Meijden OAJV der, Millett PJ, Verleisdonk EJMM, Houwert RM. Systematic review of the complications of plate fixation of clavicle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132:617–625.

**Korespondující autor:**

MUDr. Jan Šimek

Fakulta vojenského zdravotnictví Hradec Králové

Univerzita obrany v Brně

Katedra vojenské chirurgie

Třebešská 1575

500 01 Hradec Králové

E-mail: jan.simek@fnhk.cz