

Prediktívne faktory a liečba aseptickéj pseudoartrózy diafýzy humeru

Predictive Factors and Treatment of Aseptic Pseudoarthrosis of the Humeral Shaft

V. POPELKA, JR.¹, V. POPELKA²

¹ Ortopedicko-traumatologické oddelenie, Nemocnica Galanta

² Klinika úrazovej chirurgie a ortopedie, Fakultná nemocnica Nitra, Fakulta sociálnych vied a zdravotníctva, Univerzita Konstantína Filozofa v Nitre

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Aseptic pseudoarthrosis (nonunion, PSA) of the humeral shaft is one of the serious complications in the treatment of fractures in this area. In a retrospective study, the authors described different methods of treating patients with this complication using predictive factors.

MATERIAL AND METHODS

Based on the definition of nonunion and the criteria, 14 patients (N=14) with the mean age of 56 years (32–78), namely 8 men and 6 women were included in the study. All patients were followed up clinically and radiologically at 1, 3, 6, 9, 12 months and every 3 months until the condition stabilized. The follow-up period was 11–72 months, with the average of 22 months. According to the AO classification, the fractures were classified as: 4-A1, 1-A2, 4-A3, 1-B1, 3-B2 and 1-C2. Based on the Weber-Čech classification, 2 cases of pseudoarthrosis were hypertrophic, 4 oligotrophic and 8 atrophic. According to the Non-Union Scoring System (NUSS), 5 patients reached the score under 25 points, 3 patients received 25–50 points, 4 patients 51–75 points and two patients over 76 points. In five cases, the fracture displacement index (FDI) was above 100%. In 11 patients, PSA was in the proximal and middle third and in three patients in the distal third of the humerus.

METHODS

Of the whole group (N=14), the **nail** was used in 5 cases (36%) – in 3 cases NUSS of up to 50 points and in 2 cases over 76 points. The **plate** was used in 9 cases (64%). In patients with NUSS of up to 50 points – in 1 case after conservative treatment, in 1 case for augmentation of nail, in 3 cases for augmentation of Prévot nails. In 4 cases with NUSS of 51–75 points a plate was replaced. Osteosynthesis was always supplemented by Judet's decortication or resection of atrophic bone and spongionoplasty by autologous graft.

RESULTS

Shoulder function measured by the Constant Murley score (C-M) improved from 53 to 89 points (from the range of 36–76 points to the range of 75–100 points). The function of the elbow joint also improved, namely from the Mayo Elbow Performance Score (MEPS) of 65 points to 90 points (from the range of 45–70 points to the range of 80–100 points). In 11 cases (79%) the nonunion was healed and in 3 cases (21%) the failure to heal was reported. In the group with unhealed nonunions, in one case with NUSS of 51–75 points a thermoplastic casting was used and in two patients with NUSS above 76 points a palliative surgery was performed using a 12mm interlocking intramedullary nail.

DISCUSSION

The results of our study focused on the treatment of aseptic nonunion of the humeral shaft confirm the conclusions arrived at by other authors. As to the osteosynthesis materials, the plate remains the gold standard and provides sufficient stability for bone healing. For unhealed treatment-resistant PSA, we offer a stable intramedullary nail instead of prosthetic replacement or amputation, which provides good stability required for limb function.

CONCLUSIONS

When planning the treatment of aseptic pseudoarthrosis of the humeral shaft, it is necessary to have a thorough knowledge of etiopathogenesis with all predictive factors. The NUSS classification provides good guidance in treating this complication.

Key words: aseptic nonunion, NUSS classification, predictive factors.

ÚVOD

Zlomeniny diafýzy humeru dospelých predstavujú asi 3–5% všetkých zlomenín a v rámci celého humeru je to približne 30% zlomenín (9,13,28). V súčasnosti sa primárne liečia buď konzervatívne fixáciou pomocou ortézy prípadne objímky podľa Sarmienta, alebo operatívne intramedulárnou osteosyntézou najčastejšie klin-

com, otvorenou repozíciou a dlahovou osteosyntézou (ORIF) a externou fixáciou (EF). Napriek širokej škále možností liečby zlomenín tejto oblasti stále dochádza k vážnym komplikáciám, a to k poruchám hojenia. Americká spoločnosť pre lieky a výživu (US FDA) r. 1998 definovala spomalené hojenie dlhých kostí (*delayed union*) ako stav, kde nedošlo k zhojeniu zlomeniny po 3–4 mesiacoch liečby a pseudoartrózu (*non union*, PSA),

kde sa nezahojila zlomenina ani po 9 mesiacoch od začatia liečby. V zásade sa vo väčšine literárnych zdrojov akceptuje definícia pakľbu ako nezahojenie zlomeniny do 6 mesiacov s absenciou známok hojenia v posledných troch mesiacoch liečby. Incidencia pseudoartrózy diafýzy humeru je po konzervatívnej liečbe v 2–10% a po operačnej liečbe v 13–33% (14, 26, 27).

Klasifikácie a prediktívne faktory

Najčastejšie používaná klasifikácia pseudoartróz pochádza z r. 1976 od autorov Weber-Čech, a je založená na rtg hodnotení pakľbu. Títo autori rozdelili pakľby na tri typy: hypertrofické, oligotrofické a atrofické. U hypertrofických pakľbov hrá hlavnú úlohu porucha biomechaniky s dobrým prekrvením kosti. Vznikajú nedostatočnou stabilitou, s nadmerným interfragmentárnym

pohybom. Pri oligotrofickom pakľbe je na vine nedostatočný kontakt fragmentov a hlavnou príčinou atrofického pakľbu je porucha krvného zásobenia kosti (30). Ilizarov a Paley prichádzajú s delením pakľbov na pohyblivé a pevné v závislosti od klinického posúdenia stability a prítomnosti defektu kosti (24). Prehľad **etiologických faktorov pakľbov** zhrnuli vo svojich prácach Calori a kol. v rokoch 2008 a 2014, ktorí predstavili novú klasifikáciu pod názvom NUSS (Non-Union Scoring System). Jej základom je posúdenie kvality kosti, charakteru úrazu, počtu operácií, rtg hodnotenie kalusu rovnako ako u Weber-Čech klasifikácie, vzdialenosti úlomkov, kvality mäkkých tkanív a celkového stavu pacienta (tab. 1). Táto klasifikácia poskytuje zároveň aj odporúčania pre najvhodnejší spôsob liečby. Výsledné skóre sa získa súčtom všetkých priradených bodov, ktorý sa vynásobí dvomi. Počet bodov od 0–25 znamená predikciu dobrej odozvy na liečbu a jej hlavnou úlohou je vyriešenie mechanického problému. Interval 26–50 bodov predstavuje zložitejšiu liečbu s nutným vyriešením nielen mechanického, ale aj biologického problému. Ak pacient dosiahne skóre 51–75, okrem biomechaniky je problém aj v cievnom zásobení a vždy sa vyžaduje resekcia kosti s vyplnením defektu náhradou kosti; pacienti so skóre nad 75 sú adepti na náhradu kosti alebo amputáciu končatiny (4, 5).

Arealis a kol. považujú za hlavný prediktívny faktor pseudoartrózy diafýzy humeru **vzdialenosť medzi fragmentmi**, ktorá sa dá zmerať meracími počítačovými nástrojmi priamo na rtg alebo počítačovej tomografii pomocou zobrazovacej technológie PACS (Picture Archiving and Communication System) alebo percentuálnym vyjadrením dislokácie fragmentov pomocou FDI indexu (fracture displacement index). FDI index sa vypočíta ako pomer $100 : \text{šírka humeru}$ a násobok rozdielu najväčšej vzdialenosti dislokácie a šírky humeru

$$FDI = 100 : a \cdot (b-a).$$

Výhodou percentuálneho vyjadrenia pomocou FDI indexu oproti priamemu meraniu je odstránenie kalibračnej chyby pri hodnotení vzdialenosti fragmentov na rtg snímke (obr. 1). Hodnota FDI nad 100 predstavuje vysoké riziko vzniku pseudoartrózy (3).

Cieľ práce

Hlavným cieľom tejto retrospektívnej štúdie bola analýza súboru pacientov s aseptickou pseudoartrózou diafýzy humeru s použitím Caloriho skórovacieho systému (NUSS), merania dislokácie fragmentov pomocou PACS systému a FDI indexu a z toho vyplývajúci návrh optimálnej liečby.

$$\begin{aligned} FDI &= 100 : a \cdot (b-a) \\ FDI &= 100 : 25 \text{ mm} \cdot (55 \text{ mm} - 25 \text{ mm}) \\ FDI &= 120\% \end{aligned}$$

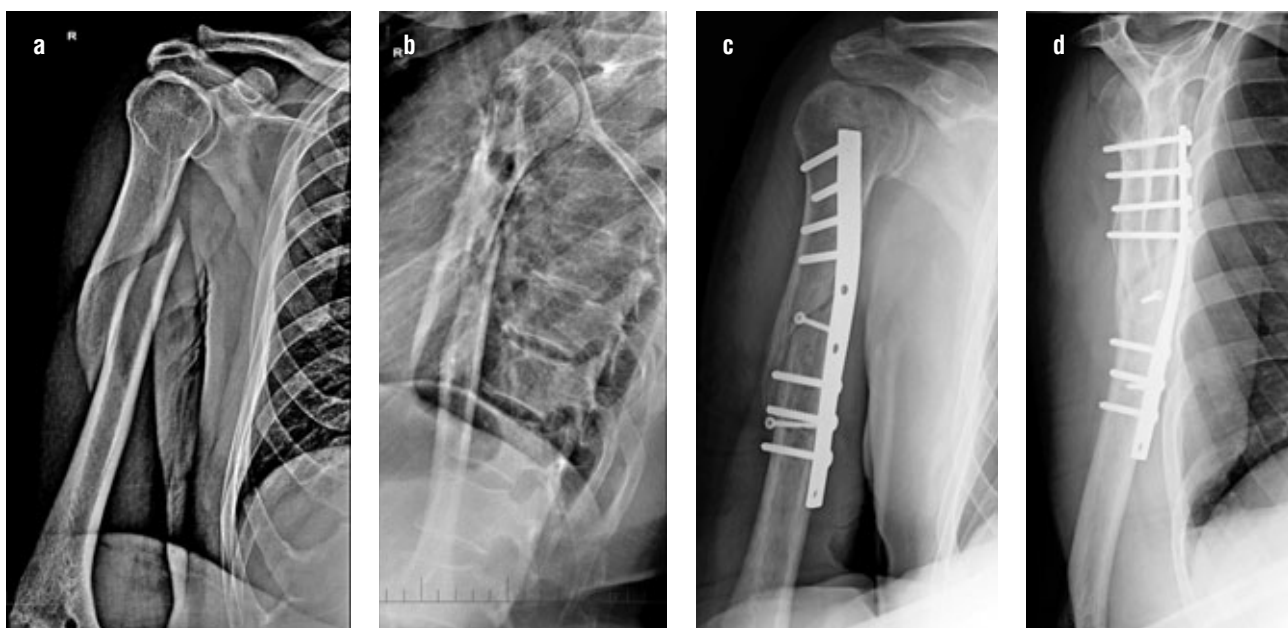
Obr.1. Príklad výpočtu FDI indexu 5. pacientky súboru.

Fig.1. Example of a FDI calculation of the female patient number 5 in the group.



Tabuľka 1. Non-Union Scoring System (NUSS) podľa Caloriho (4, 5)
Table 1. Non-Union Scoring System (NUSS) according to Calori (4, 5)

	Kosť	Skóre	Max. skóre
Kvalita kosti	dobrá	0	3
	mierne osteoporotická	1	
	ťažko osteoporotická	2	
	nekrotická	3	
Primárny úraz	zatvorená zlomenina	0	5
	otvorená stupeň I	1	
	otvorená stupeň II – IIIA	3	
	otvorená stupeň IIIB-IIIC	5	
Počet predošlých OP	bez OP	1	4
	menej ako 2	2	
	2–4	3	
	viac ako 4	4	
Invazivita predchádzajúcich výkonov	minimálne invazívny /zatvorený/	0	3
	intramedulárna OS - klinec	1	
	dlahová OS	2	
	dlahová OS, dekortikácia, spongioplastika	3	
Stabilita primárneho výkonu	stabilita adekvátna	0	1
	stabilita inadekvátna	1	
Weber-Čech klasifikácia	hypertrofický kalus	1	5
	oligotrofický kalus	3	
	atrofický kalus	5	
Repozícia	neanatomická	0	1
	anatomická	1	
Defekt kosti	0,5–1 cm	2	5
	1–3 cm	3	
	väčší ako 3 cm	5	
Mäkké tkanivá			
Stav mäkkých tkanív	intaktné	0	6
	minimálne zjazvené	2	
	defekt po predchádzajúcom výkone	3	
	defekt riešený voľným lalokom	4	
	zlé prekrvenie	5	
	prítomný defekt kože	6	
Celkový stav pacienta			
ASA skóre	1 alebo 2	0	1
	3 alebo 4	1	
Diabetes mellitus	bez diabetu	0	2
	dobře kontrolovaný	1	
	zle kontrolovaný	2	
Krvné testy	leukocyty nad 12000	1	3
	sedimentácia nad 20/hod	1	
	C-reaktívny proteín nad 20	1	
Klinické známky infektu	neprítomné	0	4
	predchádzajúci infekť alebo podozrenie	1	
	prítomný infekť	4	
Lieky	steroidy	1	2
	nesteroidné antireumatiká	1	
Fajčenie	nie	0	5
	áno	5	



Obr. 2. a–b – úrazové snímky, 60-ročný pacient, typ zlomeniny B1, konzervatívne liečená; c–d – osteosyntéza pseudoartrózy dvomi skrutkami a neutralizačnou dlahou 8 mesiacov od úrazu.

Fig. 2. a–b – trauma X-rays, a 60-year-old patient, type B1 fracture, treated conservatively; c–d – osteosynthesis of pseudoarthrosis by two screws and neutralization plate at 8 months after the injury.

MATERIÁL A METODIKA

Do štúdie bolo zahrnutých celkovo 14 pacientov (N=14) po operačnej revízii aseptickéj pseudoartrózy diafýzy humeru za obdobie od 1/2015 do 12/2021 (7 rokov), ktorí boli ošetrení a sledovaní na Klinike úrazovej chirurgie a ortopedie FN Nitra a Ortopedickom oddelení nemocnice Galanta. Priemerný vek súboru bol 56 rokov (32–78), pričom prevládali muži nad ženami v pomere 8 : 6. (V danom súbore sa nachádzajú pacienti, ktorí boli primárne ošetrení v inej nemocnici a boli k nám zaslaní až so pseudoartrózou na operačné riešenie. Preto v tejto štúdii neuvádzame celkový počet pacientov so zlomeninou diafýzy humeru ošetrených na našich pracoviskách a ani pomer počtu pseudoartróz ku celkovému počtu zlomenín humeru.)

Pacienti boli prijatí do súboru na základe nasledujúcich kritérií :

1. rtg vyšetrením alebo počítačovou tomografiou boli jasne preukázané známky pseudoartrózy v oblasti diafýzy humeru, pričom PSA bola potvrdená minimálne 6 mesiacov od úrazu a posledné 3 mesiace liečby neboli známky hojenia zlomeniny;
2. išlo o symptomatickú pseudoartrózu, ktorá sa prejavovala bolesťami, patologickou pohyblivosťou v lakťbe, slabosťou končatiny a stratou jej funkcie;
3. u všetkých pacientov bola vylúčená septická pseudoartróza, a to laboratórnym vyšetrením sedimentácie erytrocytov (FW), C-reaktívneho proteínu (CRP) a posúdením lokálneho klinického stavu;
4. vek pacientov minimálne 18 rokov.

Pacienti, ktorí nespĺňali tieto kritériá, boli vyradení zo štúdie.

Všetci pacienti (N=14) boli ambulantne sledovaní klinicky a röntgenologicky s odstupom 1, 3, 6, 9 a 12 mesiacov a po jednom roku každé 3 mesiace až do zahojenia pakľbu alebo dosiahnutia stacionárneho stavu. Čas sledovania pacientov bol 11–72 mesiacov s priemerom 22 mesiacov. Pri hodnotení sa porovnávala funkcia ramenného a lakťového kĺbu postihnutej končatiny v čase pakľbu, s funkciou oboch kĺbov po ustálení zdravotného stavu. Boli použité dva skórovacie systémy Constant-Murley skóre a na funkciu lakťa Mayo Elbow performans score (MEPS) (6, 19).

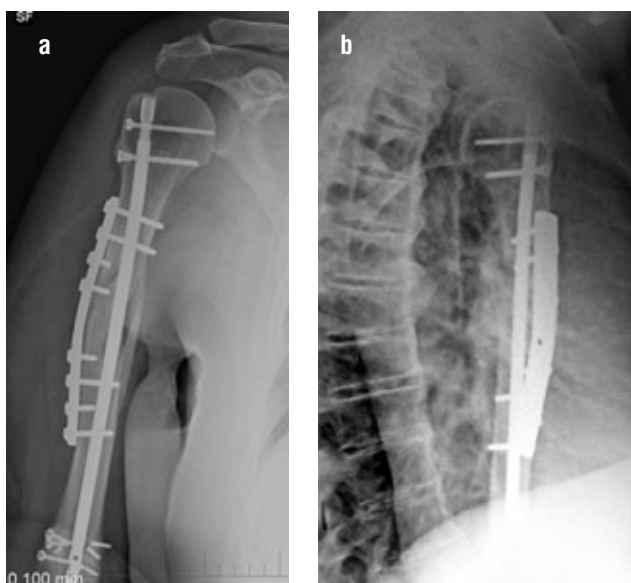
Analýza súboru pri prvotnom ošetrení

Zlomeniny, po ktorých vznikla pseudoartróza, boli klasifikované podľa AO klasifikácie, pričom 4 pacienti utrpeli zlomeninu typu A1, jeden pacient A2, 4 pacienti A3. U jedného pacienta bola zlomenina B1, u troch B2 a u jedného C2 zlomenina. Všetky zlomeniny boli zatvorené a ani jedna nebola otvorená.

Pre vznik pseudoartrózy bol rozhodujúci spôsob prvotného ošetrenia. V 2 prípadoch vznikla pseudoartróza po konzervatívnej liečbe, pričom v jednom prípade bol na fixáciu použitý obväz – Dessault a v druhom visiaca sadra-hanging cast. Päť pacientov bolo primárne ošetrených retrográdne zavedenými Prévotovými prútmi, traja antegrádne zavedeným klincom a v 4 prípadoch bola použitá dlahu.

Analýza súboru pred revíziou operáciou pseudoartrózy

Pakľb bol potvrdený rtg alebo CT vyšetrením, čo v našom súbore bolo 6 až 12 mesiacov po prvotnej operácii. Pacienti boli rozdelení na základe analýzy rtg sní-



Obr. 3. a–b – 62-ročný pacient, typ zlomeniny A1, primárna osteosyntéza staticky zaisteným klincom, s následnou zlomeninou distálnych skrutiek, riešenie pseudoartrózy augmentáciou DCS dlahou + spongioplastikou.

Fig. 3. a–b – a 62-year-old patient, type A1 fracture, primary osteosynthesis using a locked nail with subsequent fracture of distal screws, pseudoarthrosis managed by augmentation with DCS plate + spongioplasty.

mok a dokumentácie podľa **Weber-Čech a Caloriho NUSS klasifikácie**. Na základe Weber-Čech klasifikácie išlo v 2 prípadoch o hypertrofickú pseudoartrózu, v 4 prípadoch o oligotrofickú a 8 prípadov o atrofickú pseu-

doartrózu. Podľa NUSS klasifikácie 5 pacienti boli v intervale do 25 bodov, traja boli v intervale 25–50 bodov, 4 v intervale 51–75 bodov a dvaja v intervale nad 76b. Súčasťou NUSS klasifikácie bolo aj hodnotenie vzdialenosti medzi fragmentmi pomocou PACS nemocničného počítačového systému. Hodnotenie vzdialenosti sme v určitých prípadoch doplnili aj výpočtom FDI indexu. Vo všetkých prípadoch na iníciaľných rtg snímkach bola zistená dislokácia fragmentov 0,5mm–5cm a v piatich prípadoch bol vypočítaný FDI index nad 100 (tab. 2).

U pacientov s **NUSS do 50 bodov** bolo cieľom vyriešenie mechanického problému. Vždy išlo o pseudoartrózu, ktorá vznikla nesprávnou primárnou liečbou. U dvoch konzervatívne liečených pacientov bola použitá nesprávna fixácia, ktorá nezabezpečovala dostatočnú stabilitu zlomeniny. V jednom prípade hanging cast a v druhom Dessault. U prvého pacienta bola vykonaná osteosyntéza dvomi skrutkami a neutralizačnou dlahou so spongioplastikou a v druhom predvŕtaným 10mm hrubým klincom (obr. 2). Tri nestabilné osteosyntézy Prévotovými prúťmi a jedna nestabilná osteosyntéza tenkým staticky zaisteným klincom boli augmentované DCP 3,5mm dlahou (dynamic compression plate) so spongioplastikou (obr. 3). V dvoch prípadoch boli nestabilné osteosyntézy Prévotovými prúťmi nahradené 10mm hrubým predvŕtaným staticky zaisteným klincom.

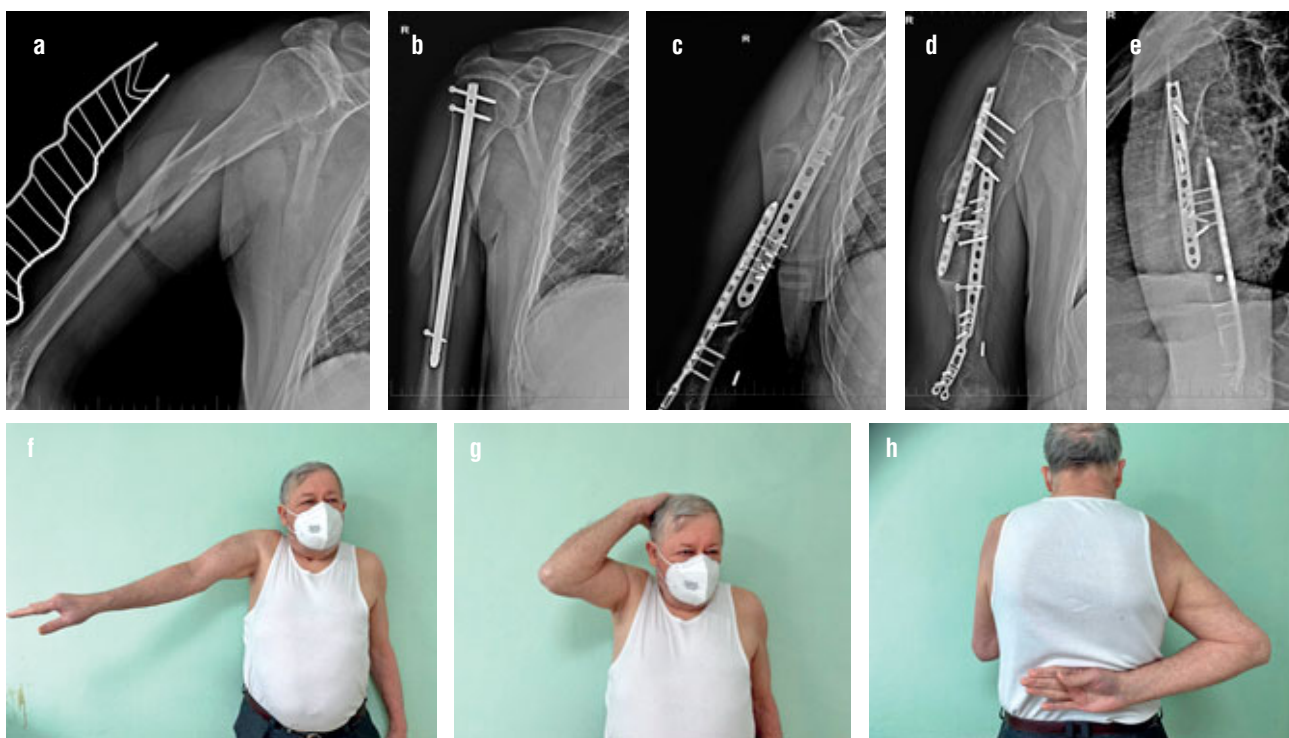
Pri štyroch pacientoch s **NUSS v intervale 51–75 bodov**, s avitálnou pseudoartrózou jednoduché výkony nestačili. Musela byť vykonaná rozsiahla dekortikácia alebo resekcia avitálnych koncov kosti podľa Judeta, so spongioplastikou a vždy stabilnou osteosyntézou LCP 3,5mm dlahou (locking compression plate) (16).

Tabuľka 2. Prehľad súboru pacientov
Table 2. Overview of the group of patients

	Sex	Vek	Typ	Lokalita	Primárna OP	Posledná revízná OP	NUSS	FDI	Defekt
1.	M	62	A1	med.	klinec	Dlaha, klinec, SP	34	50	0,5–1
2.	M	60	A1	med.	konz	Dlaha, SP	22	140	1–3
3.	Ž	56	C2	med-dist.	dlaha	Dlaha, SP	52	120	3–5
4.	M	72	B1	med.	klinec, dlaha	Dlaha, SP	62	130	1–3
5.	Ž	78	A1	med.	dlaha, Ki,	klinec cem.	76	120	3–5
6.	M	32	A2	med.	klinec	dlaha	18	60	0,5–1
7.	Ž	45	B2	med.	Prévoty, klinec	klinec, SP	26	50	0,5–1
8.	Ž	52	A3	prox.	konz	klinec, SP	51	120	3–5
9.	Ž	73	A1	med.	Prévoty, dlaha	klinec, dlaha, SP	40	70	1–3
10.	M	57	B2	dist	Prévoty	Prévoty, dlaha, SP	38	50	0,5–1
11.	M	36	A3	med.	Prévoty	Prévoty, dlaha	18	50	0,5–1
12.	M	67	A3	med.	dlaha	klinec, cem.	78	50	1–3
13.	Ž	47	B2	med.	dlaha	dlaha, SP	24	50	1–3
14.	M	52	A3	med.	Prévoty	klinec	32	50	1–3

SP – spongioplastika, med. – stredná, dist. – distálna, prox. – proximálna (tretiny diafýzy humeru), klinec cem. – staticky zaistený klinec so zacementovanými koncami

SP – spongioplasty, med. – medial, dist. – distal, prox. – proximal (thirds of humeral diaphysis), klinec cem. – statically locked intramedullary nail with cement augmentation ends



Obr. 4. a–b – 72-ročný pacient, typ zlomeniny B1, primárne ošetrovaný staticky zaisteným klincom, FDI index nad 100; c – pseudoartróza ošetrovaná dvomi LCP dlahami, 7 mesiacov po primárnom výkone; d–e – uvoľnenie proximálnej dlahy, ktorá je zachytená v kaluse, pseudoartróza nezhojená, 3 roky po primárnom výkone; f–h – dobrý funkčný výsledok, pacient používa ortézu.

Fig. 4. a–b – a 72-year-old patient, type B1 fracture, primary osteosynthesis using a locked nail, FDI index above 100; c – pseudoarthrosis treated by two LCP plates, at 7 months after the primary surgery; d–e – a loosened proximal plate held in place by callus formation, unhealed pseudoarthrosis, 3 years after primary surgery; f–h – good functional outcome patient uses a brace.

Dvaja pacienti boli s **NUSS nad 76 bodov**. Tu bol veľmi zlý stav kosti a nepredpokladali sme, že nejakou operáciou by došlo k zahojeniu pakľbu. U oboch pacientov sme indikovali paliatívny výkon ako definitívne riešenie. Bola vykonaná osteosyntéza predvrtaným 12mm klincom fi. Fiving so stabilným zaistením a ukotvením klinca na oboch stranách do antibiotického cementu.

Z osteosyntetických materiálov v 5 (36%) prípadoch bol použitý hrubší kliniec a v 9 (64%) prípadoch dlahu.

Klinec bol použitý v **jednom** prípade pseudoartrózy hornej tretiny po konzervatívnej liečbe a v **dvoch** prípadoch pseudoartrózy strednej tretiny diafýzy po extrakcii Prévotových prútov. U **dvoch** starších pacientov vo veku 67 rokov a 78 rokov bol použitý 12mm hrubý zaistený predvrtaný kliniec, s ukotvením oboch koncov cementom. Vždy išlo o antegrádne zavedený predvrtaný staticky zaistený kliniec.

Dlahu bola použitá v **jednom** prípade pseudoartrózy po konzervatívnej liečbe (osteosyntéza dvomi skrutkami doplnená neutralizačnou dlahou), ďalej v **troch** prípadoch na augmentáciu osteosyntézy Prévotovými prútmi a v **jednom** na augmentáciu klinca (DCP 3,5mm dlahu). V **4 ďalších prípadoch** bola dlahová osteosyntéza nahradená znovu dlahou (LCP 3,5mm dlahu). Cieľom dlahovej osteosyntézy bolo dosiahnutie maximálnej stability, potrebnej pre zahojenie pseudoartrózy.

Operačné prístupy boli indikované podľa lokalizácie pseudoartrózy. U jedenástich pacientov s pseudoartrózou lokalizovanou v proximálnej a strednej tretine bol použitý anterolaterálny prístup, u troch pacientov so pseudoartrózou distálnej tretiny humeru zadný prístup a v dvoch prípadoch s etážovou zlomeninou kombinovaný prístup.

Pooperačná liečba

Dvanástim pacientom s rekonštrukčným revíznym výkonom bol po operácii do zahojenia rany a ústupu opuchu naložený Dessault, ktorý bol vymenený za termoplastovú objímku ramena s možnosťou pohybu v ramennom a lakt'ovom kĺbe, až do doby zahojenia pakľbu. V pooperačnej liečbe sme sa opierali o tvrdenia autorov, ktorí porovnávali stabilitu jednou a dvomi dlahami. V prípade použitia jednej dlahy nebola dosiahnutá úplná stabilita a bola nutná dodatočná fixácia (2, 8, 9). Poslední dvaja pacienti s paliatívnym výkonom nepotrebovali fixáciu a hneď po operácii sme začali s funkčnou liečbou.

VÝSLEDKY

Funkčné výsledky

U každého pacienta nášho súboru (N=14) sme porovnávali funkciu ramena a lakt'a postihnutej končatiny pred operáciou PSA a po liečbe. V celom súbore došlo k výraznému zlepšeniu funkcie ramena z C-M skóre 53 na 89

bodov (z rozsahu 36–76 na rozsah 75–100 bodov). Taktiež sa zlepšila aj funkcia lakťového kĺbu z MEPS skóre 65 bodov na 90 bodov (z rozsahu 45–70 na rozsah 80–100 bodov). Vo všetkých prípadoch došlo po ustálení zdravotného stavu k ústupu bolesti a k získaniu stability končatiny.

Rtg výsledky

Okrem funkcie priľahlých kĺbov sme na rtg sledovali stav hojenia pakľbu. V celom súbore 14 pacientov (N=14) došlo v 11 prípadoch (79%) ku zhojeniu pakľbu a v troch prípadoch (21%) sa pseudoartróza nezahojila. K zahojeniu PSA došlo v intervale 5–12 mesiacov (v priemere 6,7 mesiaca). V skupine troch nezahojených pakľbov išlo v prvom prípade o 72-ročného pacienta so zlomeninou B1 AO klasifikácie, kde bola primárne vykonaná osteosyntéza antegrádne predvrtaným klincom. Išlo o nestabilnú osteosyntézu s ponechanou dislokáciou medzi fragmentami a FDI indexom nad 100 a s NUSS 62b (v rozmedzí 51–75b). Následne došlo k vzniku pakľbu a 7 mesiacov po prvotnej operácii boli vykonané dve operácie dlahovou osteosyntézou z kombinovaného anterolaterálneho a dorzálneho prístupu dvomi dlahami s repozíciou fragmentov a spongioplastikami. V pooperačnom sledovaní došlo k 20° uhlovej dislokácii fragmentov, s uvoľnením distálneho konca proximálnej dlahy, ktorá bola ale obalená kalusom. Stav sa zároveň komplikoval aj prechodnou parézou *n. radialis*. Pacient mal pocit nestability len pri rotačných pohyboch končatiny, ale dokázal vykonávať bežné domáce práce. Preto sme ustúpili od ďalšej operácie a pacient pri väčšej záťaži používal ortézu (obr. 4). V dvoch

d'alších prípadoch s neprehojenou pseudoartrózou starších pacientov, s NUSS viac ako 76 bodov sme použili 12mm hrubý predvrtaný klinec (fi. Fiving), ktorý sme na oboch koncoch zafixovali ešte cementom. U 78-ročnej pacientky po chybné vykonanej primárnej dlahovej osteosyntéze (krátka dlahy) došlo k zlyhaniu materiálu. Potom bola znovu vykonaná dlahová osteosyntéza krátkou dlahou a po jej zlyhaní nasledovala len adaptačná osteosyntéza Ki-drôtmí. Táto pacientka absolvovala celkovo 8 operačných výkonov, ktorých výsledkom bola chirurgicky neriešiteľná avitálna pseudoartróza. Humerus bol stabilizovaný 12mm klincom. Rok po tomto paliatívnom výkone došlo k ďalšej komplikácii, k pádu, s následnou suprakondylickou zlomeninou v mieste dolnej časti klinca a bola nutná ďalšia operácia – osteosyntéza dvomi LCP. dlahami. Napriek tejto komplikácii došlo k zlepšeniu funkcie ramena z C-M 36 na 78 bodov a zlepšeniu funkcie lakťa z MEPS 55 na 85 bodov (obr. 5). U posledného 67-ročného pacienta po rovnakej paliatívnej operácii došlo taktiež k zlepšeniu funkcie ramena z C-M 52 na 82 bodov a zlepšeniu funkcie lakťa z MEPS 60 na 90 bodov. Výsledky liečby sú znázornené v tabuľke 3.

DISKUSIA

Etiopatogenéza pseudoartrózy je vždy multifaktoriálna. Vo všeobecnosti sa činitele podieľajúce na vzniku pakľbu môžu rozdeliť na faktory zo strany pacienta, samotného úrazu a ošetrenia (2, 17). Calori a kol. vo svojich prácach rokoch 2008 a 2014 popísali NUSS klasi-

Tabuľka 3. Výsledky liečby
Table 3. Treatment outcomes

	Čas sledovania (mesiace)	Výsledok	Čas hojenia (mesiace)	C-M (body) pred a po rev. OP	MEPS (body) pred a po rev. OP	Počet všetkých výkonov	Komplikácie
1.	15M	Z	7M	72/94	70/95	2	0
2.	11M	Z	5M	68/95	65/100	1	0
3.	24M	Z	12M	56/90	60/90	3	0
4.	36M	N	0	55/75	65/95	4	prechodná paréza <i>n. radialis</i> , uhl. disloc. 20°
5.	72M	N	0	36/78	55/85	8	Fr. supracondyl.
6.	12M	Z	6M	76/100	75/100	2	0
7.	30M	Z	7M	54/86	70/90	3	0
8.	36M	Z	9M	36/82	45/80	1	0
9.	28M	Z	6M	42/78	50/90	3	0
10.	13M	Z	6M	66/96	65/100	2	0
11.	14M	Z	6M	72/100	70/100	2	0
12.	48M	N	0	52/82	60/90	3	0
13.	15M	Z	7M	60/92	75/95	2	0
14.	16M	Z	6M	66/96	75/100	2	0

Z – zhojený, N – nezhojený, M – mesiace, rev. OP – revízná operácia

Z – healed, N – unhealed, M – number of months, rev. OP – revision surgery



Obr. 5. a–b – úrazové snímky, 78-ročná pacientka, typ zlomeniny A1; c–d – zlomenina primárne ošetrovaná DCP 3,5mm dlahou (chybné naloženie dlahy); e – snímka 8 mesiacov po prvotnom výkone, uvoľnenie dlahy; f–g – reosteosyntéza pseudoartrózy DCP dlahou 24 mesiacov po primárnom výkone a jej zlyhanie; h–ch – stav po intramedulárnej osteosyntéze 12mm staticky zaisteným klincom s augmentáciou cementom na koncoch klinca; i – stav komplikovaný suprakondylárskou zlomeninou humeru riešenej LCP dlahami 6 rokov po primárnom výkone; j–m – konečná funkcia končatiny po 8 operáciách.

Fig. 5. a–b – trauma X-rays, a 78-year-old female patient, type A1 fracture; c–d – fracture primarily treated with a 3.5 mm DCP plate (wrong positioning of the plate); e – X-ray at 8 months after the primary surgery, plate loosening; f–g – re-osteosynthesis of pseudoarthrosis with a DCP plate at 24 months after the primary surgery and its failure; h–ch – status after osteosynthesis with a 12mm statically locked intramedullary nail with cement augmentation ends; i – condition complicated by a supracondylar humerus fracture managed by LCP plates at 6 years after the primary surgery; j–m – resulting function of the limb after 8 surgical procedures.

fikáciu, kde definovali najdôležitejšie prediktívne faktory vzniku pakľbu (4, 5, 30). V našom súbore (N=14) 8 pacientov bolo zaradených podľa NUSS klasifikácie do skupiny menej ako 50 bodov. U všetkých týchto prípadov na zahojenie PSA stačilo vyriešiť mechanický problém, a to stabilnou osteosyntézou alebo augmentáciou pô-

vodnej osteosyntézy. V skupine 51–75 bodov sme ošetrili 4 pacientov a vždy bol nutný rozsiahly výkon, s resekciou kosti a jej náhradou autológny kostným štepom.

Niektorí autori sú toho názoru, že **priečne a krátke šikmé** zlomeniny majú väčšiu predispozíciu pre vznik pseudoartrózy ako dlhé šikmé a špirálovité zlomeniny

(1, 23). My sme zaznamenali rovnaké množstvo pakľbov u dlhých šikmých zlomenín A1 ako aj priečných zlomenín typu A3.

Viacero autorov sa zaoberalo otázkou, **aký veľký defekt** zapríčiňuje pakľb. Neuhaus a kol. tvrdili, že každý milimeter medzery medzi fragmentami zvyšuje riziko vzniku pseudoartrózy (23). Drosos a kol. vo svojej štúdii dokázali, že medzera nad 3mm výrazne prolonguje hojenie zlomeniny a Ferrara a kol. potvrdili, že medzera väčšia ako 6mm vedie ku pseudoartróze (7, 10). Arealis a kol. tvrdili, že meranie defektu na rtg snímkach je nepresné, lebo sa nepočíta s kalibráciou rtg snímkov. Preto zaviedli FDI index (fracture displacement index), ktorý eliminuje kalibračnú chybu, a to percentuálnym vyjadrením dislokácie fragmentov (3). Z našich pacientov malo 5 (36%) defekt 0,5mm – 1cm, 6 (43%) v rozmedzí 1–3cm a traja (21%) väčší ako 3cm. Veľkosť defektu bola meraná PACS nemocničným počítačovým systémom. U 5 pacientov (36%) bol väčší index ako 100, čo sme považovali za významný prediktívny faktor pre vznik pseudoartrózy.

Podľa nášho názoru **najväčšie chyby sa robia pri primárnom ošetrení zlomeniny**, pri ktorom sa ponechá dislokácia fragmentov, a tým sa naruší hojenie kosti. Hlavne intramedulárne osteosyntézy Prévotovými prútmi a klincami vyžadujú správnu repozíciu, bez distrakcie úlomkov a uhlovej dislokácie. Väčšina autorov odporúča zaviesť kliniec až do zreponovanej zlomeniny. Pokiaľ sa repozícia nepodarí zatvorene, je nutné ju vykonať otvorene, s použitím pásky alebo cerklážneho drôtu (29). Pri primárnom ošetrení je dôležitá stabilita osteosyntetického materiálu. V našom súbore až päť (36%) pakľbov vzniklo po osteosyntéze Prévotovými prútmi. Rovnako je dôležité aj naplánovanie hrúbky klinca; tá by sa mala približovať hrúbke najužšej časti intramedulárnej dutiny humeru. Stabilitu zvyšuje adekvátne dĺžka klinca so stabilným zaistením oboch koncov klinca vo všetkých rovinách.

Neustále sa polemizuje, aký **osteosyntetický materiál** je najvhodnejší pri asepticknej pseudoartróze diafýzy humeru. Niektorí autori navrhli hrubší predvrtaný staticky zaistený **intramedulárny kliniec** (15, 17). Lin a kol. dosiahli pri použití klinca až 95% zhojenie pseudoartrózy humeru (18). Naproti tomu McKee a kol. dosiahli zhojenie pakľbu len v 40% a Flinkkilä a kol. v 46% (11, 20). Iní autori poukázali pri použití antegrádne zavedeného klinca aj na vznik impingementu a iatrogénne poškodenie rotátorovej manžety (31). My sme použili hrubší 10mm antegrádny kliniec len v troch prípadoch dobrej odpovede na liečbu s NUSS do 50b a veľmi hrubý 12mm kliniec ako definitívne riešenie nezhojeného pakľbu u pacientov s NUSS nad 75b.

Ďalšou možnosťou riešenia aseptického pakľbu diafýzy humeru je použitie **externej fixácie**. Pri správnej technike sa dá docieľiť dobrá stabilita a kompresia. Veľkou nevýhodou však je vznik infekcie v mieste pinov a dlhý čas hojenia pakľbu spojený s diskomfortom (21).

Zlatým štandardom v liečbe pakľbov diafýzy humeru zostáva **dlahová osteosyntéza**. Okrem otvoreného ošetrenia pakľbu dovoľuje aj korekciu dislokácie a vyplnenie

defektu kosti. Nadkarni a kol. v r. 2008 prišli s nápadom použitia dlahy na augmentáciu intramedulárnej osteosyntézy (22). Gessmann a kol. použili u 37 aseptických pseudoartróz diafýzy humeru dlahu na augmentáciu. V 36 prípadoch (97%) dosiahli zahojenie pakľbu (12). Peters a kol. použili samotnú dlahu s autológym štepom kosti a v 98% došlo k úspešnému výsledku (25). Feng a kol. použili na zvýšenie stability dve dlahy. Výhodu tohto riešenia videli v tom, že pacienti po operácii nepotrebovali fixáciu a už druhý deň po výkone mohli mobilizovať končatinu. Ani v jednom prípade nedošlo k zlyhaniu materiálu a vo všetkých 15 prípadoch došlo k zhojeniu pakľbu (7, 8, 9). My máme rovnaké skúsenosti ako autori. Osvedčilo sa nám použitie dlahy pri všetkých typoch pakľbov aj na augmentáciu Prévotových prútov alebo klinca spojenú s dekortikáciou podľa Judeta a spongioplastikou (16).

ZÁVER

Pseudoartróze diafýzy humeru sa dá predchádzať jedine **správnym prvotným ošetrením zlomeniny**. Dôležitá je hlavne optimálna repozícia s elimináciou distrakcie fragmentov a zabezpečenie dostatočnej stability potrebnej pre hojenie. Intramedulárne osteosyntézy Prévotovými prútmi a tenkým klincom považujeme za nespôľahlivé a preto odporúčame primárne použiť hrubší kliniec zavedený do už zreponovanej zlomeniny alebo stabilnú dlahovú osteosyntézu.

Pri ošetrení pakľbu odporúčame zohľadniť všetky prediktívne faktory s použitím NUSS klasifikácie.

- U pacientov s poruchou mechaniky, **NUSS do 50 bodov**, sa nám osvedčila augmentácia pôvodného intramedulárneho osteosyntetického materiálu dlahou alebo použitie samotnej dlahy.
- Tam kde je prítomná porucha výživy kosti, **NUSS 50–75 bodov**, okrem stabilnej osteosyntézy sa musí vykonať resekcia avitálnej kosti a jej náhrada spongioplastikou.
- Pri **NUSS nad 75 bodov**, a to hlavne u starších ľudí, sa vyhýbame amputácii alebo náhrade humeru protézou. Nám sa osvedčila stabilná intramedulárna osteosyntéza hrubým staticky zaisteným klincom s ponechaním pakľbu.

V Slovenskej úrazovej chirurgii existuje pojem „Rebelujúce pseudoartrózy“, ktoré často používal vo svojich prednáškach emeritný prednosta Kliniky úrazovej chirurgie Bratislava profesor Jiří Látal u ťažko riešiteľných pseudoartróz diafýzy humeru. Týmto by sme mu chceli poďakovať za jeho odborné pripomienky a cenné rady pri písaní tohto článku.

Literatúra

1. Ali E, Griffiths D, Obi N, Tytherleigh-Strong G, Van Rensburg L. Nonoperative treatment of humeral shaft fractures revisited. J Shoulder Elbow Surg. 2015;24:210–214.

2. Andrzejowski P, Giannoudis PV. The 'diamond concept' for long bone non-union management. *J Orthop Traumatol*. 2019;12:20–21. doi.org/10.1186/s10195-019-0528-0
3. Arealis G, Faria G, Kucera M. Treatment of midshaft humerus fractures using early functional bracing: results and prognostic factors. *Cureus*. 2021;13,5:e14852. doi.org/10.7759/cureus.14852
4. Calori GM, Phillips M, Jeetle S, Tagliabue L, Giannoudis PV. Classification of nonunion: need for a new scoring system?. *Injury*. 2008;39,2:59–63.
5. Calori GM, Colombo M, Mazza EL. Validation of the Non-Union Scoring System in 300 long bone non-unions. *Injury*. 2014;45(Suppl 6):S93–97.
6. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;214:160–164.
7. Drosos GI, Bishay M., Karnezis IA. Factors affecting fracture healing after intramedullary nailing of the tibial diaphysis for closed and grade I open fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88:227–231.
8. Feng D, Zhang J, Zhu Y. Plate fixation with autogenous bone grafting for longstanding humeral shaft nonunion: a retrospective study of 6 cases. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97:e11974.
9. Feng D, Wang X, Sun L, Cai X, Zhang K, Wang Z, Zhu Y. Double plating with autogenous bone grafting as a salvage procedure for recalcitrant humeral shaft nonunion. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21:769.
10. Ferrata F, Biancardi E, Touloupakis G, Bibiano L, Ghirardelli S, Antonini G, Grippa C. Residual interfragmentary gap after intramedullary nailing of fragility fractures of the humeral diaphysis: short and midterm term results. *Acta Biomed*. 2019;90,4:432–438. doi.org/10.23750/abm.v90i4.7315
11. Flinkkilä T, Ristiniemi J, Hämäläinen M. Nonunion after intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *J Trauma*. 2001;50,3:540–544. doi.org/10.1097/00005373-200103000-0002
12. Gessmann J, Königshausen M, Coulibaly MO. Anterior augmentation plating of aseptic humeral shaft nonunions after intramedullary nailing. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016;136, 5:631–638. doi.org/10.1007/s00402-016-2418-8. 29.
13. Gogoua R, Traoré M, Yépié A, Kouamé M, Anoumou, M. Aseptic pseudoarthrosis of the humeral diaphysis. Epidemiological features – therapeutic assessment. *Open J Orthop*. 2017;7:147–155. doi.org/10.4236/ojo.2017.76017
14. Hems TE, Bhullar TP. Interlocking nailing of humeral shaft fractures: the Oxford experience 1991 to 1994. *Injury*. 1996;27:485–489.
15. Hierholzer C, Friederichs J, Glowalla C. Reamed intramedullary exchange nailing in the operative treatment of aseptic tibial shaft nonunion. *Int Orthop*. 2017;41,8:1647–1653.
16. Judet R, Orlandini J, Patel A. Osteo-Muscular Decortication. *Rev Chir Orthop Repar Appar Mot*. 1967;53:43–63.
17. Leng Y, Yang F, Wang Q, Li Z. Material-based therapy for bone nonunion. *Mater Des*. 2019;183:108161. doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108161
18. Lin J, Chiang H, Hou SM. Open exchange locked nailing in humeral nonunions after intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;411:260–268. doi.org/10.1097/01.blo.0000069898.31220.9e
19. Longo UG, Franceschi F, Loppini M, Maffulli N, Denaro V. Rating systems for evaluation of the elbow. *Br Med Bull*. 2008;87:131–161.
20. McKee MD, Miranda MA, Riemer BL. Management of humeral nonunion after the failure of locking intramedullary nails. *J Orthop Trauma*. 1996;10,7:492–499.
21. Miska M, Findeisen S, Tanner M. Treatment of nonunions in fractures of the humeral shaft according to the Diamond Concept. *Bone Joint J*. 2016;98-B1:81–87.
22. Nadkarni B, Srivastav S, Mittal V. Use of locking compression plates for long bone nonunions without removing existing intramedullary nail: review of literature and our experience. *J Trauma*. 2008;65:482–486.
23. Neuhaus V, Menendez M, Kurylo JC, Dyer GS, Jawa A, Ring D. Risk factors for fracture mobility six weeks after initiation of brace treatment of mid-diaphyseal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96:403–407.
24. Paley D, Catagni MA, Argani F, Villa A, Benedetti GB, Cattaneo R. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;241:146–165.
25. Peters RM, Claessen FM, Doornberg JN, Kolovich GP, Diercks RL, van den Bekerom MP. Union rate after operative treatment of humeral shaft nonunion – a systematic review. *Injury*. 2015;46:2314–2324. doi.org/10.1016/j.injury.2015.09.041.
26. Rosen H. The treatment of nonunions and pseudoarthroses of the humeral shaft. *Orthop Clin North Am*. 1990;21:725–742.
27. Rupp M, Biehl C, Budak M. Diaphyseal long bone nonunions – types, aetiology, economics, and treatment recommendations. *Int Orthop*. 2018;42:247–258. doi.org/10.1007/s00264-017-3734-5
28. Šmejkal K, Lochman P, Dědek T, Trlica J. Operační léčba zlomenin diafýzy humeru. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2014;81:129–134.
29. Veselý R, Pavlacký T, Gajdošíková K, Paša L. Paklouby po nitro-dřeňovém hřebování zlomenin diafýzy humeru. *Úraz Chir*. 2018;26:143–148.
30. Weber BG, Cech O. Pseudoarthrosis: pathology, biomechanics, therapy, results. Hans Huber, Bern, 1976.
31. Zhao JG, Wang J, Wang C, Kan S. Intramedullary nail versus plate fixation for humeral shaft fractures: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Medicine*. 2015;94:11.

Korešpondující autor:

Doc. MUDr. Vladimír Popelka, Ph.D.

KÚCHaO FN Nitra

Špitálska 6

949 01 Nitra, Slovenská republika

E-mail : mudr.popelkavlado@gmail.com