

Endoprotéza hlavice radia: řešení nestability lokte a předloktí při tříštivých zlomeninách hlavice radia spojených s luxací lokte

Radial Head Replacement: Management of Elbow and Forearm Instability after Comminuted Radial Head Fractures Associated with Elbow Dislocation

M. STRECK¹, M. VLČEK², D. VEIGL², J. PECH², I. LANDOR^{1,2}

¹ I. chirurgická klinika hrudní, břišní a úrazové chirurgie Všeobecné fakultní nemocnice a 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, Praha

² I. ortopedická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

This manuscript aims to identify an indication algorithm for the surgical treatment of radial head fractures associated with elbow dislocation. The study compares the mid-term functional outcomes of patients with multifragment radial head fracture treated by resection with the outcomes of patients treated with radial head replacement.

MATERIAL AND METHODS

The cohort of 34 patients who sustained a radial head fracture at the mean age of 42.5 years (age range 20–81 years) was broken down into two groups by type of surgery. The EXT group consists of 20 patients with the radial head fracture treated by radial head resection. The END group includes 14 patients treated with the radial head replacement. In all patients, the radial head fracture was associated with elbow dislocation (type IV fracture according to the Mason-Johnston classification).

The modified Kocher's surgical approach was used in all patients of both the groups. In the EXT group, resection of the fragmented radial head was performed. In the END group, the ExploR® Modular Radial Head System (Zimmer, Biomet, USA) was used, consisting of a CoCr (cobalt chromium) alloy head and a titanium stem.

The pain and the range of motion of the elbow and forearm were evaluated after the completion of the outpatient rehabilitation (the mean follow-up period was 2.4 years). Simultaneously, the elbow joint stability was assessed. Radiographs were taken to detect heterotopic ossifications, proximalization of the radius, and any signs of prosthesis loosening. The frequency of reoperations was followed-up. The MEPS (Mayo Elbow Performance Score) was calculated.

RESULTS

In the EXT group, the mean elbow flexion was 117.5° and the mean pronation/supination was 166.9°. In 50% of patients, the MEPS obtained was greater than 90 points, which means an excellent functional outcome. In 1 patient (5%), recurrent elbow dislocation occurred which was the reason for revision surgery (elbow transfixation with the Kirschner wires and medial collateral ligament suture). Revision surgery was also performed in 2 patients (10%) in whom not all the radial head fragments were removed. Moreover, also observed was elbow joint instability (2 patients) and temporary radial nerve palsy (1 patient). In 1 case discrete proximalization of the radius developed.

The patients in the END group showed the mean elbow flexion of 112° and the mean pronation/supination of 135°. The MEPS obtained from 69% of patients was greater than 90 points, which means an excellent outcome. The pain under load was reported by 3 patients (21%). In 5 patients (35%), the X-rays showed radiolucent zone around the stem of the prosthesis. Neither revision surgery, nor prosthesis removal has been performed yet in any patient. No instability, neurological complications or infections have been reported.

In both EXT and END group heterotopic ossifications have developed in 4 patients.

CONCLUSIONS

Radial head replacement compared to the radial head resection in the management of multifragment fractures associated with elbow dislocations increase the elbow and forearm stability. The group of patients with an implanted radial head prosthesis shows a higher percentage of patients achieving excellent functional outcome than the group of patients with radial head resection.

Key words: radial head, elbow, fracture, dislocation, resection, prosthesis.

ÚVOD

Zlomeniny hlavice radia tvoří přibližně 1/3 zlomenin v oblasti loketního kloubu (17, 21), 85% zlomenin hlavice radia se vyskytuje u pacientů mezi 20. a 60. ro-

kem. Mechanismem úrazu je nejčastěji pád na horní končetinu s loktem v extenzi a pronaci (31). Dislokované zlomeniny s či bez přidruženého vazivového poranění jsou indikovány k terapii operační (27). Mezi modalitami operační terapie u zlomenin hlavice radia patří re-

sekcce hlavice radia, osteosyntéza hlavice radia a náhrada hlavice radia (13). Resekce hlavice radia je vytlačována snahou o rekonstrukci či použitím endoprotézy hlavice radia (10).

Aktuálně dostupné endoprotézy hlavice radia umožňují při zručnosti operátora časově i technicky srovnatelné ošetření zlomeniny hlavice radia s prostou resekci hlavice radia. Jsou implantace hlavice radia přínosem pro pacienta ve střednědobém horizontu sledování léčebných výsledků?

MATERIÁL A METODIKA

Od roku 2008 do konce roku 2020 jsme operovali celkem 34 pacientů s diagnózou tříštivé zlomeniny hlavice radia, která byla sdružená s luxací loketního kloubu. Jednalo se o 18 žen a 16 mužů. Věk pacientů se pohyboval od 20 do 81 let, průměrně 42,5 let. U všech pacientů bylo provedeno rtg a CT vyšetření poraněného lokte. Všechny zlomeniny byly 3- a vícefragmentové a klasifikovali jsme je dle Masona-Johnstona jako typ IV (15).

Ve 20 případech jsme provedli resekci hlavice radia (skupina těchto pacientů dále značena **EXT**). Resekci hlavice radia jsme provedli průměrně 13. den po úrazu (0–23 dnů po úrazu). 14 pacientům jsme implantovali endoprotézu hlavice radia (skupina dále značena **END**). Implantaci endoprotézy jsme provedli 0–20 dnů po úrazu, průměrně 10. den po úrazu.

Při operačním ošetření zlomeniny hlavice radia jsme volili modifikovaný Kocherův operační přístup. Na rozdíl od originálního Kocherova přístupu neuvolňujeme

m. anconeus od laterálního epikondylu humeru. Tímto přístupem revidujeme anterolaterální plochu kloubního pouzdra a průběh komplexu *ligamentum collaterale laterale*. Pokud potřebujeme preparovat více distálně a obnažit krček radia, musíme protnout i část *m. supinator*. V tom případě převádíme předloktí do maximální možné pronace, čímž se sníží riziko poranění *r. profundus n. radialis* (3).

Při resekci hlavice radia (20 pacientů) jsme se snažili odstranit všechny fragmenty a oscilační pilou zarovnat krček radia distálně od linie lomu.

V případě implantace endoprotézy byly nejprve odstraněny všechny fragmenty hlavice radia, podle kterých byla určena optimální velikost implantátu (obr. 1). Poté byla implantována endoprotéza Explor® Modular Radial Head System (Zimmer, Biomet, USA) metodou press-fit (obr. 2).

Poraněný laterální kolaterální vaz byl suturován či transoseálně reinzerován do laterálního epikondylu humeru.

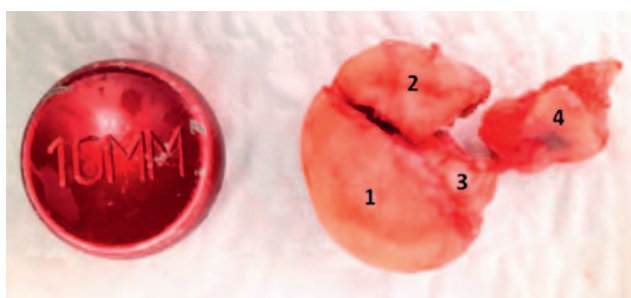
U všech 34 pacientů byla operovaná horní končetina jistěna sádrovým obvazem od poloviny paže k metakarpofalangeálním skloubením ruky v 90stupňové flexi v lokti. Sádrový obvaz byl ponechán po dobu 2 až 3 týdnů.

Rozsah pohybu (flexe, pronace a supinace) a bolestivost loketního kloubu jsme hodnotili po absolvování ambulantní rehabilitace (průměrná doba sledování 2,4 roku). Dále byla vyšetřována varus/valgus stabilita a posterolaterální stabilita loketního kloubu.

V rentgenovém obraze (standardní předozadní a boční projekce) jsme sledovali výskyt heterotopických osifikací, proximalizaci radia, projasnění kolem dráku endoprotézy.

V souboru pacientů jsme sledovali četnost reoperací a důvodů k jejich indikaci.

Bylo vyhodnoceno MEPS (Mayo Elbow Performance Score), které hodnotí 4 parametry (intenzitu bolesti, rozsah pohybu, stabilitu, funkci) a dělí pacienty dle funkčních výsledků do 4 skupin: výborné (skóre větší než 90), dobré (skóre 89 až 75), uspokojivé (skóre 74 až 60) a špatné (skóre 59 a méně).



Obr. 1. Čtyřfragmentová zlomenina po exstirpaci fragmentů hlavice radia pro neproveditelnost osteosyntézy. Zachycena na instrumentačním stolku při její rekonstrukci pro výběr adekvátní hlavice endoprotézy. Velikost endoprotézy volíme stejnou či menší než původní hlavice; 1 – fragment hlavice radia původně související s diafyzární částí kosti, 2 – samostatný celistvý fragment, 3 – impaktovaný fragment, 4 – zcela zrušovaný fragment.

Fig. 1. Four-fragment fracture after radial head resection (reconstruction impossible). Depicted on the instrument table during its reconstruction in order to choose the right radial head prosthesis. The same size or a little bit smaller size than the resected radial head size is chosen for the prosthesis; 1 – radial head fragment originally attached to radial diaphysis, 2 – separated solid fragment, 3 – impacted fragment, 4 – completely destroyed fragment.



Obr. 2. Explor® Modular Radial Head System (Zimmer Biomet, USA), implantovaná endoprotéza – předozadní a boční rtg projekce.

Fig. 2. Explor® Modular Radial Head System (Zimmer Biomet, USA), implanted prosthesis, anteroposterior and lateral view X-ray.

VÝSLEDKY

Ve skupině **EXT** byl průměrný rozsah flexe 117,5° (11,9°–129,4°) a 166,9° pronace-supinace (85°–0–81,9°). V rámci vyhodnocení MEPS mělo 10 pacientů (50 %) výborný funkční výsledek, 6 pacientů (30 %) dobrý funkční výsledek, 1 pacient (5 %) uspokojivý funkční výsledek a 3 pacienti (15 %) neuspokojivý funkční výsledek (graf 1).

Komplikace námi vyhodnocené jako závažné se vyskytly u 3 pacientů. U 1 pacienta (5 %) došlo k reluxaci loketního kloubu, což bylo důvodem k reoperaci (sutura mediálního kolaterálního vazů a transfixace lokte Kirshnerovými dráty na 6 týdnů) (obr. 3). Po následné rehabilitaci měl pacient rozsah flexe v loketní kloubu 115° a rozsah pronace-supinace 160°. Reoperace byla dále provedena u 2 pacientů (10 %), kterým nebyly odstraněny všechny fragmenty hlavičky radia. U 2 pacientů (10 %) byla zaznamenána lehká varózní instabilita (do 10°) při axiálním zatížení operované končetiny. Žádný z pacientů neudával bolestivost při zatížení operovaného lokte.

Ve 4 případech (20%) jsme v rentgenovém obraze pozorovali heterotopické osifikace, které však nebyly důvodem k dalšímu výkonu. V 1 případě (5 %) byla zaznamenána proximalizace radia, což mělo za následek plus variantu ulny. Tento stav byl řešen abreviací ulny (obr. 4).

U 1 pacienta (5 %) se pooperačně rozvinula paréza *n. radialis*, která spontánně odezněla. Infekční komplikace jsme nezaznamenali.

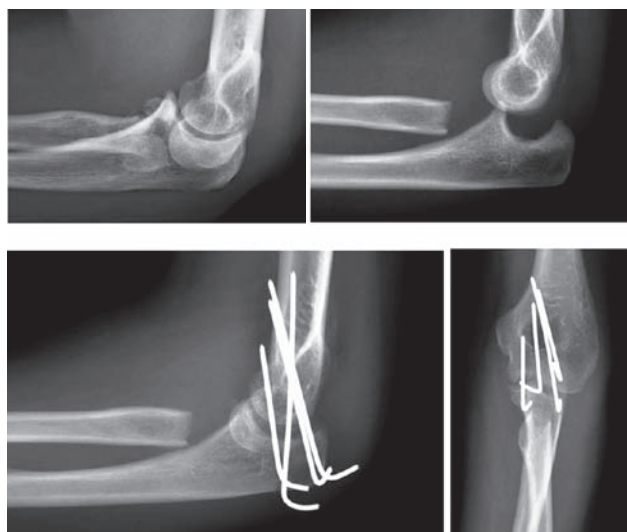
Pacienti, ve skupině **END** měli průměrný rozsah flexe 111,7° (11,3° až 122,9°) a 135,0° pronace-supinace (65,8° až 69,2°). Bolestivost udávalo 5 pacientů (38 %). 69% pacientů vykazovalo MEPS se skórem větším než 90 bodů, tj. výborný funkční výsledek (graf 2).

V rtg obraze jsme zaznamenali přítomnost heterotopických osifikací u 3 pacientů

Projasnění kolem dřívku endoprotézy se vyvinulo u 6 pacientů. U všech 5 pacientů, kteří udávali bolestivost, bylo toto projasnění pozorováno (obr. 5, 6, 7). Reoperace či extrakce endoprotézy jsme zatím neprovedli u žádného pacienta. Nestabilita loketního kloubu pozorována nebyla. Infekční komplikace se v této skupině nevyskytly.

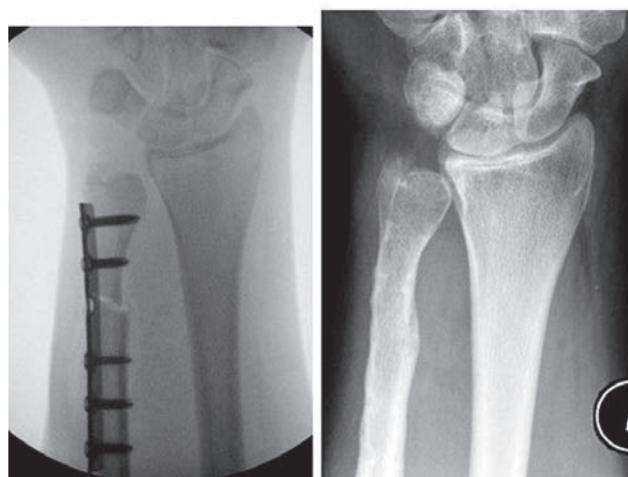
DISKUSE

Zlomeniny hlavičky radia jsou nejčastější zlomeniny v oblasti lokte (17). Doporučuje se je považovat spíše za osteoligamentózní poranění než za jednoduché zlomeniny, a to i u nedislokovaných nebo minimálně dislokovaných zlomenin, jelikož jsou často doprovázeny poraněním vazů (6, 19). Přidružená poranění jsou důležitým determinantem léčby zlomeniny hlavičky radia (1). Luxace lokte se současnými zlomeninami hlavičky radia obvykle potřebují chirurgickou léčbu. V závislosti na počtu, velikosti a posunutí všech fragmentů zlomeniny byly popsány různé možnosti chirurgické léčby.



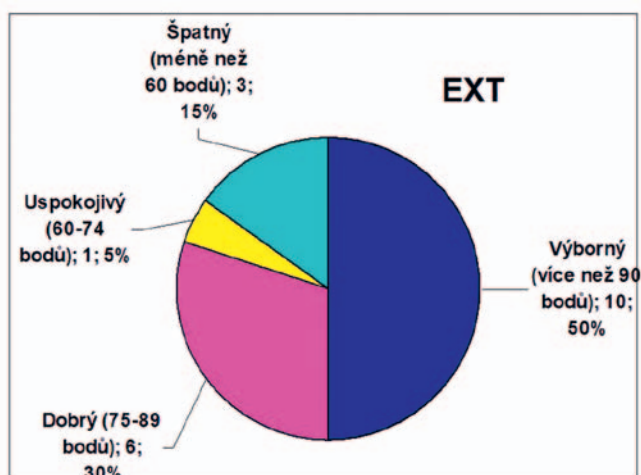
Obr. 3. Reluxace loketního kloubu po extirpaci hlavičky radia. Stav po repozici a transfixaci lokte K-dráty.

Fig. 3. Recurrent elbow dislocation after radial head resection. Reduced elbow joint transfixated with K-wires.



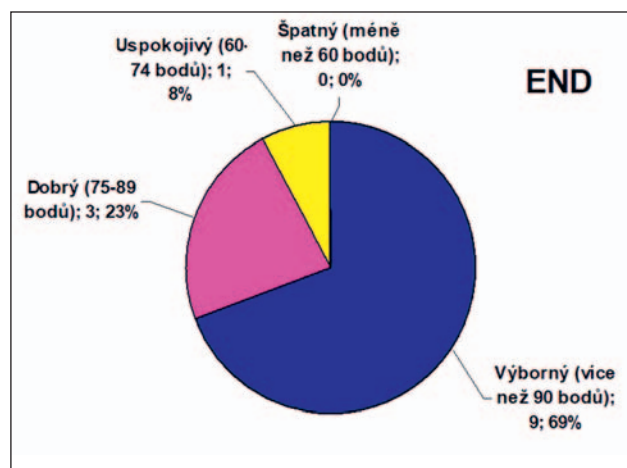
Obr. 4. Proximalizace radia po resekci hlavičky radia. Plus varianta ulny řešena její abreviací.

Fig. 4. Proximalization of the radius after radial head resection. Positive ulnar variance managed with abbreviation.



Graf 1. Výsledky Mayo Elbow Performance Score ve skupině EXT.

Diagram 1. Results of Mayo Elbow Performance Score in the EXT group.



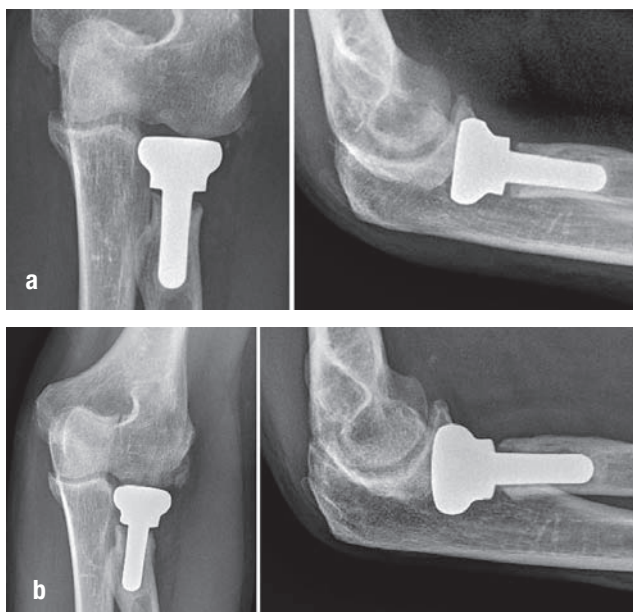
Graf 2. Výsledky Mayo Elbow Performance Score ve skupině END.

Diagram 2. Results of Mayo Elbow Performance Score in the END group.

Otevřená repozice a vnitřní fixace, artroplastika nebo resekce hlavice radia jsou hlavní chirurgické možnosti, které vedou k různým klinickým výsledkům (11, 18). Přesto léčba těchto poranění zůstává kontroverzní tematickou (26).

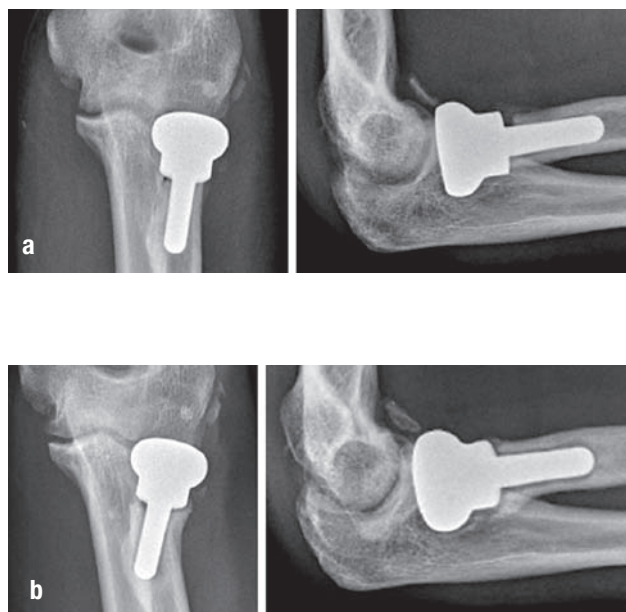
S luxacemi lokte bývají většinou spojeny zlomeniny hlavice tříštivého charakteru, jejichž jedinou možností

je rekonstrukce mimo operační pole, v zahraniční literatuře nazývaná “ex situ” nebo “on table”. Přestože mnozí autoři tuto techniku apriori zavrhuje (32), nacházíme i zcela aktuální studie například rakouských chirurgů dokumentující úspěšnost takových rekonstrukcí s velice dobrými klinickými i radiologickými výsledky (18). K výslednému dobrému funkčnímu stavu v těchto



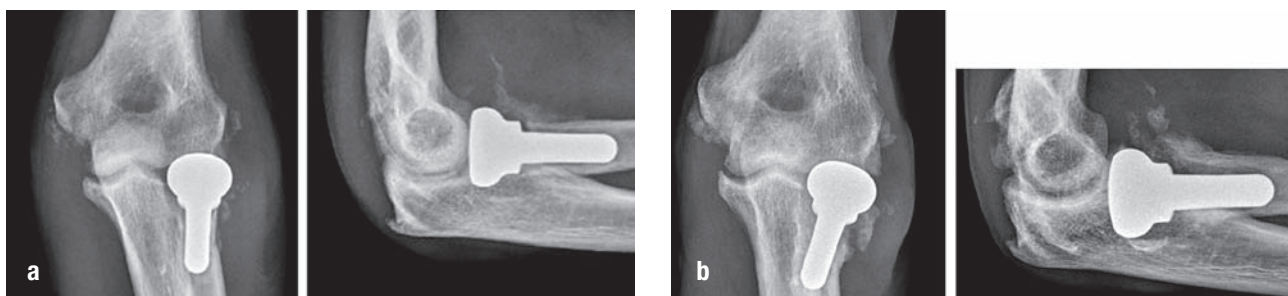
Obr. 5. a – 3 měsíce po implantaci endoprotézy, předozadní a boční projekce; b – 4 roky po implantaci endoprotézy, předozadní a boční projekce, patrné projasnění kolem dráku, bolesti při zátěži.

Fig. 5. a – three months after prosthesis implantation, anteroposterior and lateral view X-ray; b – four years after prosthesis implantation, anteroposterior and lateral view X-ray, radiolucent zone around the prosthesis stem, pain occurs under load.



Obr. 6. a – 3 měsíce po implantaci endoprotézy, předozadní a boční projekce; b – 1 rok po implantaci endoprotézy, předozadní a boční projekce, projasnění kolem dráku, bez klinické korelace.

Fig. 6. a – three months after prosthesis implantation, anteroposterior and lateral view X-ray; b – one year after prosthesis implantation, anteroposterior and lateral view X-ray, radiolucent zone around the prosthesis stem, with no clinical impact.



Obr. 7. a – 1 měsíc po implantaci endoprotézy, předozadní a boční projekce, uvolnění dřívku, pac. i přes poučení extenzivně zatěžoval (zednické práce); b – 1 rok po implantaci endoprotézy, předozadní a boční projekce, uvolnění dřívku, pacient bez bolesti, dále výrazně zatěžuje, rozsah flexe 40–140°, pronosupinace plně, další výkon zatím neindikován.

Fig. 7. a – one month after prosthesis implantation, anteroposterior and lateral view X-ray, loosening of prosthesis, patient extensively loaded his operated arm despite instructions (masonry work); b – one year after prosthesis implantation, anteroposterior and lateral view X-ray, loosening of prosthesis, patient reports no pain, continues to overload the arm, range of elbow flexion from 40 to 140 degrees, full pronation/supination, additional surgery is not yet indicated.

případech dochází často až po několika reoperacích zejména pro paklouby (18). My po zkušenostech přistupujeme k osteosyntéze pouze v případech možnosti rekonstrukce in situ. Stanovení nerekonstruovatelnosti je subjektivní, ale přítomnost více než tří fragmentů a ztráta kortikální kontinuity jednoho z fragmentů jsou negativními prediktory pro úspěšný výsledek (32). Počet případů indikovaných k osteosyntéze máme z tohoto důvodu malý a pochopitelně nedostatečný k vyhodnocení jednoznačných závěrů. Na naší klinice byla v minulosti v případech luxace lokte spojené s tříštivou zlomeninou hlavice radia indikována exstirpace, zatímco implantace endoprotézy je náš současný standard. Srovnáváme proto tyto dvě léčebné metody.

Dříve byla resekce hlavice radia nejen u nás typickým postupem při léčbě nerekonstruovatelných zlomenin hlavice radia (25). V dnešní době se mu však vyhýbáme, protože *radius* může migrovat proximálně a způsobit potíže v distálním radioulnárním kloubu a snížit stabilitu loketního kloubu (10, 33). Problémy po exstirpaci hlavice radia zahrnují bolest, pocit slabosti, nestabilitu, sníženou sílu, rozvoj artrózy, následnou valgózní deformitu lokte a proximální radiální migraci (16). Přes tyto problémy mohou mít i po 25 letech pacienti velice dobrý rozsah pohybu s průměrným MEPS 95 bodů (2). Nicméně excize hlavice radia se v dnešní době nedoporučuje jako primární řešení a neměla by být prováděna (9).

Základní snahou v léčbě tříštivých zlomenin hlavice radia je obnova funkčnosti loketního kloubu a předloktí, tzn. dobrého rozsahu pohybu a zajištění stability loketního kloubu. Nutno uvést, že výrazným důvodem zavrnutí resekčních výkonů může být spíše nemožnost pomocí současných vyšetřovacích metod spolehlivě vyloučit současné ligamentózní poranění (12), než jednoznačně špatné výsledky po těchto operacích. Na obranu samotné resekce hlavice radia však vystupuje studie, ve které autoři přikládají významnou váhu peroperačnímu vyšetření stability lokte (13).

Stability loketního kloubu je u zdravého kloubu dosahováno pomocí pasivních a aktivních stabilizátorů. Pasivní stabilizátory zahrnují strukturální geometrii artikulujících povrchů, kloubní kapsulu a její vyztužující vazy a *membrana interossea antebrachii*. Aktivní stabilizátory tvoří loket překlenující svaly – začátky flexorů a extenzorů, *musculus anconeus*, *triceps* a *biceps brachii*. Primárním stabilizátorem loketního kloubu je vnitřní postranní vaz, hlavice radia je sekundárním stabilizátorem. Hlavice radia hraje rozhodující roli z hlediska stability loketního kloubu a rozsahu jeho pohybu (37). Důležitá stabilizační role hlavice radia se nejvýrazněji projevuje v podmínkách ligamentózní inkompetence, která se často vyskytuje v souvislosti se zlomeninami hlavice radia (28). Radiokapitální kloub může přenášet až 60 % sil jdoucích přes loket zejména při jeho flexi do 30° (5). Hlavice radia a struktury měkkých tkání jsou také základními omezeními proximální migrace radia (23). Poranění samotného mediálního postranního vazu má zanedbatelné následky, nicméně kombinace jeho léze se zlomeninou hlavice radia způsobuje valgózní subluxaci lokte (4). Při zlomenině *processus coronoideus* dále nabývá na významu stabilizační funkce hlavice radia. Proto je kontraindikována resekce hlavice radia, je-li luxace lokte spojena se zlomeninou *processus coronoideus*, i když je výběžek stabilně fixován. Odlomení více než 50 % z *processus coronoideus* způsobuje nestabilitu loketního kloubu (22).

Cílem operačních výkonů je zachování uspokojivého rozsahu hybnosti lokte a předloktí. Takzvaná normální flexe loketního kloubu je od 0° do 145°, rozsah pronace a supinace předloktí činí 85°–0–85° (14). Pasivně lze u méně svalově komponovaných jedinců dosáhnout flexi až na 160°. Orientačně je normou správného pohybu v lokti, že se hrot třetího prstu (daktylion) dotkne ramene. Převaha činností denního režimu si vystačí s rozsahem 90° v rovině sagitální (od 30° do 120°) a v rovině transverzální 100° (50° pronace a 50° supinace). Při některých činnostech je potřebný ještě větší roz-

sah: při česání nebo používání mobilního telefonu flexe 140°, při obouvání flexe po 15° (34). Každopádně omezení pohybu v loketním kloubu má výrazný dopad na každodenní činnosti (14).

Stabilitu poskytuje kovová náhrada hlavičky radia stejnou jako nativní hlavička (4). Dvěma nejčastějšími komplikacemi endoprotéz hlavičky radia je přetížení v důsledku příliš vysoké implantace protetické hlavičky, která způsobuje ztuhlost a bolestivost, a uvolnění dřívku. Tyto komplikace mohou vyžadovat odstranění implantátu (4). Naopak známky uvolnění dřívku na rentgenovém snímku a jiné radiologické komplikace nemusí způsobovat špatné klinické nálezy (4, 36). Recentní studie popisuje dokonce u poloviny pacientů rentgenový nálezn s uvolněním implantátu bez klinického dopadu (30). Míra specifických radiologických komplikací po implantaci endoprotézy hlavičky radia po současně luxaci lokte dosahuje při sedmiletém sledování až 45 % (26). Přesto je operace do 10 let po implantaci nutná pouze v 15 % případů (7, 36). V našem souboru jsme projasnění kolem dřívku endoprotézy zaznamenali u 6 pacientů (46 %), s omezením hybnosti nebyla spojena v žádném z případů, bolesti pociťovali 3 pacienti, kteří ale operovanou končetinu extenzivně zatěžovali (těžká manuální práce ve stavebnictví apod.). Prominenci hlavičky endoprotézy do humeru a usuraci *capitulum humeri* jsme nezaznamenali.

Selhání primární náhrady hlavičky radia může být způsobeno několika faktory. Identifikace příčiny selhání náhrady je zásadní pro rozhodnutí o dalším léčebném postupu (39). Řešením může být samotné odstranění implantátu, interpoziční artroplastika, revizní náhrada hlavičky radia buď jako jednostupňový, nebo dvoustupňový výkon (38).

Frekvence revizí po artroplastice hlavičky radia se v literatuře značně liší a indikace k revizní operaci nejsou zdaleka ujasněny, nicméně jednoznačně nejčastějším důvodem je bolestivé uvolnění implantátu (29).

Heterotopické osifikace nepovažujeme za specifické k žádné léčebné metodě, v obou našich souborech se vyskytovaly shodně u 4 pacientů. Jedná se však o komplikaci častěji spojovanou s invazivními léčebnými postupy v oblasti lokte v porovnání s konzervativní terapií. I četný výskyt heterotopických osifikací (28 %) po implantaci endoprotézy hlavičky radia nemusí vést ke snížení rozsahu hybnosti, dokonce 96 % pacientů se může vrátit ke svému povolání (35).

Ve shodě s námi, ani jiné studie nezaznamenaly pokles hodnot MEPS při četném výskytu uvolnění dřívku endoprotézy (v 53 %) (30). Práce jiných autorů nezjišťují statisticky významné rozdíly ve středních hodnotách škály MEPS u skupin pacientů se zlomeninou hlavičky radia při současně luxaci lokte po implantaci endoprotézy nebo po resekci hlavičky (26).

Loket by nikdy neměl být zbytečně dlouho znehybněn, zůstává v platnosti a je třeba vynaložit veškeré úsilí, aby mobilizace začala co nejdříve (8). Přestože resekce hlavičky radia by mohla být u luxačních zlomenin hlavičky radia validní léčbou, implantaci endoprotézy

hlavičky radia spatřujeme ve shodě s dalšími autory jako hlavní možnost léčby těchto lézí (20, 26, 35). Artroplastiku považujeme za záchranný postup při nálezu nerekonstruovatelných zlomenin hlavičky radia při současně luxaci lokte nebo při peroperačním nálezu poranění loketních vazů vedoucím k nestabilitě lokte (24).

ZÁVĚR

Implantace endoprotézy hlavičky radia v porovnání s exstirpací hlavičky radia při jejich vícefragmentových zlomeninách doprovázených luxací loketního kloubu zvyšuje stabilitu lokte a předloktí. Ve skupině pacientů, jimž byla implantována endoprotéza hlavičky radia, je vyšší procento pacientů s výborným funkčním výsledkem než ve skupině, kde byla hlavička radia resekována.

Literatura

1. Al-Tawil K, Arya A. Radial head fractures. J Clin Orthop Trauma. 2021; 8;20:101497.
2. Antuña SA, Sánchez-Márquez JM, Barco R. Long-term results of radial head resection following isolated radial head fractures in patients younger than forty years old. J Bone Joint Surg Am. 2010;92:558–566.
3. Bartoniček J, Naňka O, Tuček M. Kocherův přístup k loketnímu kloubu a jeho alternativy. Rozhl Chir. 2015;94:405–414.
4. Bonneville N. Radial head replacement in adults with recent fractures. Orthop Traumatol Surg Res. 2016;102:69–79.
5. Bryce CD, Armstrong AD. Anatomy and biomechanics of the elbow. Orthop Clin North Am. 2008;39:141–154.
6. Burkhart KJ, D Gruszka, S Frohn, K Wegmann, P M Rommens, C M Eicker, L P Müller. Locking plate osteosynthesis of the radial head fractures: clinical and radiological results. Unfallchirurg. 2015;118:949–956.
7. Contreras-Joya M, Jiménez-Martín A, Santos-Yubero FJ, Navarro-Martínez S, Nájaro-Cid FJ, Sánchez-Sotelo J, Pérez-Hidalgo S. Radial head arthroplasty, 11 years experience: a series of 82 patients. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2015;59:307–317.
8. Duparc F, Merlet MC. Prevention and management of early treatment failures in elbow injuries. Orthop Traumatol Surg Res. 2019 Feb;105(1S):S75–S87.
9. Everding J, Raschke MJ, Polgart P, Grüneweller N, Wähnert D, Schliemann B. Ex situ reconstruction of comminuted radial head fractures: is it truly worth a try? Arch Orthop Trauma Surg. 2019;139:1723–1729.
10. Eyberg, Blake A. MD; McKee, Michael D. MD. Indications and clinical results of radial head replacement: has anything changed?. J Orthop Trauma. 2019;33:1–6.
11. Gao Y, Zhang W, Duan X, Yang J, Al-Qwbani M, Lv J, Xiang Z. Surgical interventions for treating radial head fractures in adults. Cochrane Database Syst Rev. 2013;5:CD008987. doi: 10.1002/14651858.CD008987.pub2.
12. Guss MS, Rettig ME. The Essex-Lopresti injury. Bull Hosp Jt Dis. 2019;77:33–38.
13. Harrington IJ, Sekyi-Otu A, Barrington TW, Evans DC, Tuli V. The functional outcome with metallic radial head implants in the treatment of unstable elbow fractures: a long-term review. J Trauma. 2001;50:46–52.
14. Hart R, Janeček M, Klusáková I, Buček P. Loketní kloub. Ortopedie a traumatologie. Maxdorf, Praha, 2012.
15. Iannuzzi NP, Leopold SS. In brief: the Mason classification of radial head fractures. Clin Orthop Relat Res. 2012;470:1799–1802.
16. Ikeda M, Sugiyama K, Kang C, Takagaki T, Oka Y. Comminuted fractures of the radial head: comparison of resection and internal fixation. J Bone Joint Surg Am. 2006;88:11–23.

17. Kaas L, van Riet RP, Vroemen JP, Eygendaal D. The incidence of associated fractures of the upper limb in fractures of the radial head. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2008;3:71–74.
18. Kastenberger T, Kaiser P, Spicher A, Stock K, Benedikt S, Schmittle G, Arora R. Clinical and radiological outcome of Mason-Johnston types III and IV radial head fractures treated by an on-table reconstruction. *J Orthop Surg Res.* 2022;17:503.
19. Khawar H, Craxford S, Ollivere B. Radial head fractures. *Br J Hosp Med (Lond).* 2020;81:1–6.
20. Kiechle M, Thannheimer A, Hungerer S, Friedrichs J, Bühren V, Von Rüden C. Long-term outcomes after primary radial head resection arthroplasty vs. acute radial head resection vs. secondary prosthetic removal in comminuted radial head fractures. *Arch Bone Jt Surg.* 2019;7:112–117.
21. Kodde IF, Kaas L, Flipsen M, van den Bekerom MP, Eygendaal D. Current concepts in the management of radial head fractures. *World J Orthop.* 2015;6:954–960.
22. Laumonerie P, Tibbo ME, Reina N, Pham TT, Bonneville N, Mansat P. Radial head arthroplasty: a historical perspective. *Int Orthop.* 2019;43:1643–1651.
23. Lindenhovius AL, Felsch Q, Doornberg JN, Ring D, Kloen P. Open reduction and internal fixation compared with excision for unstable displaced fractures of the radial head. *J Hand Surg.* 2007;32:630–636.
24. Meacher H, Hermena S, Isaac S. Open reduction and internal fixation versus radial head arthroplasty for Mason III radial head fractures: appraising the current literature evidence. *Cureus.* 2020;12:e7501.
25. Mebouinz FN, Kasse A, Habib Sy M. Results of radial head resection after Mason type 3 or 4 fracture of the elbow. *Clin Shoulder Elb.* 2020;23:131–135.
26. Mikel AB, Javier AB, Fausto LM, Ángel PM, Irene LT, Carlos ÁG. A retrospective comparative cohort study of radial head arthroplasty versus resection in complex elbow dislocations. *Injury.* 2020;51(Suppl 1):S89–S93.
27. Moghaddam A, Raven TF, Kaghazian P, Studier-Fischer S, Swing T, Grützner PA, Biglari B. Radial head fractures treated with open reduction and internal fixation. *Trauma Cases Rev.* 2016;2:028.
28. Morrey BF, An KN, Stormont TJ. Force transmission through the radial head. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70:250–256.
29. Nolte PC, Tross AK, Groetzner-Schmidt C, Jung MK, Porschke F, Grützner PA, Guehring T, Schüle S, Schnetzke M. Risk factors for revision surgery following radial head arthroplasty without cement for unreconstructible radial head fractures: minimum 3-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2021;103: 68. doi: 10.2106/JBJS.20.01231
30. Nosenzo A, Galavotti C, Menozzi M, Garzia A, Pogliacomi F, Calderazzi F. Acute radial head replacement with bipolar prostheses: midterm results. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2021;31:309–318.
31. Rabin SI, DeBerardino TM, Clarke MS. Radial head fractures and dislocations treatment & management. *Medscape,* 2022.
32. Rineer CA, Guitton TG, Ring D. Radial head fractures: loss of cortical contact is associated with concomitant fracture or dislocation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19:21–25.
33. Saeed W, Waseem M. Elbow fractures overview. 2022. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441976/>.
34. Sardelli M, Robert Z Tashjian, Bruce A MacWilliams. Functional elbow range of motion for contemporary tasks. *Bone Joint Surg Am.* 2011;93:471–477.
35. Schofer MD, Peterlein CD, Kortmann HR. [Radial head prosthesis - treatment of comminuted radial head fractures combined with elbow instability]. *Z Orthop Unfall.* 2008;146:760–767.
36. Songy CE, Kennon JC, Barlow JD, Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll SW, Morrey ME. Radial head replacement for acute radial head fractures: outcome and survival of three implant designs with and without cement fixation. *J Orthop Trauma.* 2021;35:202–208.
37. Swensen SJ, Tyagi V, Uquillas C, Shakked RJ, Yoon RS, Liporace FA. Maximizing outcomes in the treatment of radial head fractures. *J Orthop Traumatol.* 2019;20:15.
38. van Riet RP, van den Bekerom M, Van Tongel A, Spross C, Barco R, Watts AC. Radial head fractures. *Shoulder Elbow.* 2020;12:212–223.
39. van Riet RP, van Glabbeek F. History of radial head prosthesis in traumatology. *Acta Orthop Belg.* 2007;73:12–20.

Korespondující autor:

MUDr. Miroslav Streck
 Ortopedická klinika 1. LF UK a FN v Motole
 V Úvalu 84
 150 06 Praha 5
 E-mail: miroslav.streck@fnmotol.cz