

Individuální titanová acetabulární komponenta vyrobená 3D tiskem: výhody a limity použití

Custom-Made 3D Printed Titanium Acetabular Component: Advantages and Limits of Use

D. MACÁK, V. DŽUPA, M. KRBEC

Ortopedicko-traumatologická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha

SUMMARY

The authors report on three cases in which a custom-made 3D printed titanium acetabular component of total hip arthroplasty was used to manage an advanced acetabular bone defect with pelvic discontinuity. The implant surface structure impeded long-term bone integration. Nonetheless, the stable bridging of the acetabular defect resulted in full integration of impacted bone allografts at the base of the implant. The pelvic continuity was restored within 12 months after surgery, and thus the acetabulum was prepared for potential further implantation of a standard revision acetabular component. Only one of the three female patients underwent a revision surgery at 18 months after surgery, the other two female patients were satisfied to such a degree with the clinical outcome at 6 years and 5 years, respectively, after surgery that they refused to undertake the revision surgery, despite X-ray images showing signs of loosening of the custom-made titanium acetabular component. The authors concluded that the implantation technique of three-point fixed custom-made 3D printed acetabular component made of titanium combined with impaction grafting of the acetabular base is a good alternative in managing the advanced bone defects of acetabulum with pelvic discontinuity after the failure of total hip arthroplasty. Even though inadequate surface porosity of the thus produced component did not allow its permanent osteointegration, the assembly was stable enough to allow the bone allografts to rebuild and restore continuity of the pelvis and facilitated future implantation of the standard revision acetabular component.

Key words: 3D printing, individual acetabular component, titanium, total hip prosthesis, revision hip arthroplasty, acetabular reconstruction, custom-made implants.

ÚVOD

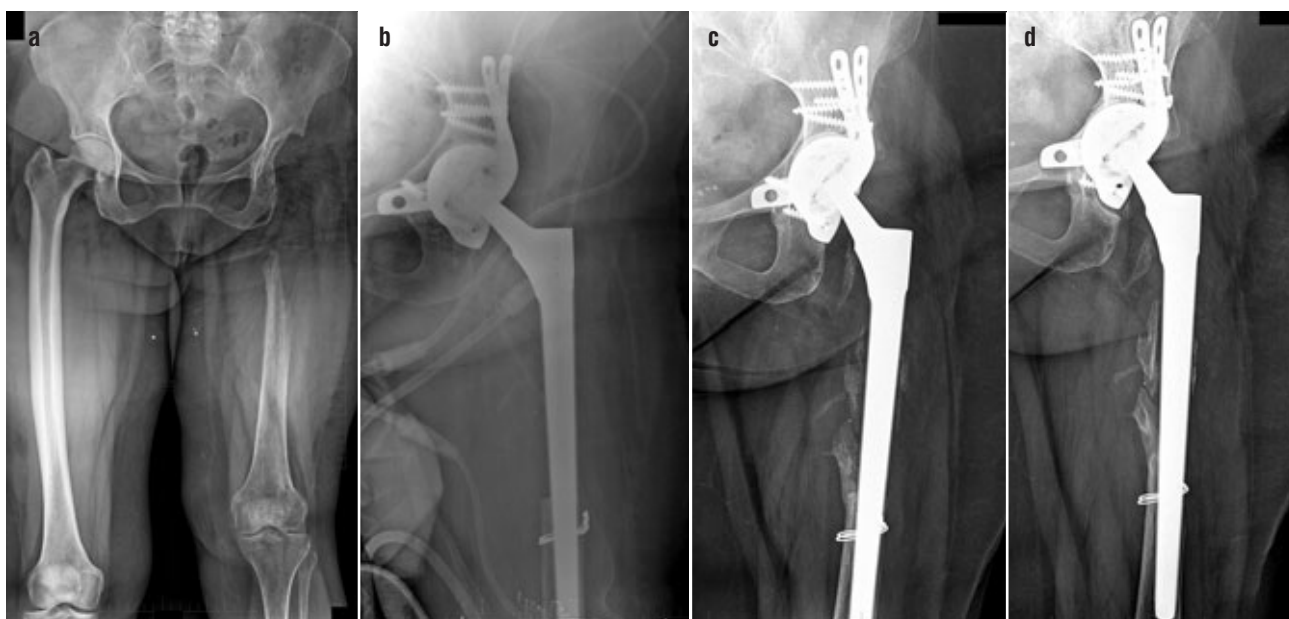
Indikace implantace totální endoprotézy kyčelního kloubu (dále TEP) se v posledním desetiletí posunula do mladších věkových kategorií. Větší pohybové nároky těchto mladých lidí pak nezdědka vedou k časnému uvolnění a nutnosti reimplantace TEP, není pak neobvyklé, že se tyto pacienti v průběhu svého života dočkají opakovaných reoperací (1, 3, 18). Kostní ztráty v oblasti acetabula u těchto pacientů mohou být velké a případná diskontinuita pánve v acetabulárním segmentu je obtížně řešitelná standardními nebo revizními acetabulárními implantáty (6, 8, 14, 18). V těchto případech lze podle recentní literatury uvažovat o řešení kostních ztrát a diskontinuity pánve kombinací masivního impakčního štěpování s přemostěním defektu individuálními acetabulárními implantáty ukotvenými supraacetabulárně, do zbytku předního a do zadního pilíře acetabula (1, 3, 14). V následujících třech kazuistikách chceme prezentovat naše první zkušenosti s tímto postupem.

KAZUISTIKA 1

První pacientka podstoupila primoimplantaci TEP kyčle vlevo ve věku 46 let (2002). Následovaly tři revize pro infekci bez vynětí TEP, které pak bylo provedeno ve věku 48 let (2004). Ve stejném roce byla po 4 měsících implantována revizní TEP. Následovalo šestileté období bez obtíží a pro opakování infektu byla revizní TEP odstraněna

ve věku 56 let (2012). Dva roky po vynětí reimplantované TEP při trvalé normalizaci zánětlivých markerů bylo pacientce nabídnuto řešení nenosné a o 10 cm zkrácené levé dolní končetiny (obr. 1a) další reimplantací revizní TEP kyčle. Při pokusu o reimplantaci bylo nalezeno mělké acetabulum s rozsáhlým defektem spodiny a výrazným oslabením obou pilířů. Tuto situaci nebylo možné vyřešit standardním ani připraveným revizním acetabulárním implantátem. Proto bylo od reimplantace upuštěno, ale vzhledem k dlouhodobě neuspokojivému klinickému stavu bylo na naléhání pacientky přistoupeno k přípravě individuálního acetabulárního implantátu vyrobeného metodou popsanou v odstavci Diskuse. Reimplantace pak proběhla v pacientčiných 58 letech (2014) na našem pracovišti (obr. 1b). Kontrolní rtg snímek 6 měsíců po operaci prokázal plnou integraci obou komponent (obr. 1c).

Pacientka byla v době kontroly tři roky po operaci (2017) bez bolestí s plně nosnou končetinou a rozsahem flexe do 90°, rotací do 10° a abdukce do 15°. Rtg snímek (obr. 1d) však prokázal měkký lem kolem všech úchyťových částí individuální acetabulární komponenty a uvolnění nebo rozlomení všech 6 fixačních šroubů. V této situaci jsme indikovali reimplantaci acetabulární komponenty, pacientka však zatím výkon vzhledem k minimálním klinickým obtížím odmítla. V současné době (6 let po operaci) se klinický i rentgenologický nálezní nemění a pacientka nadále reoperaci odmítá.



Obr. 1. Rtg dokumentace 58leté pacientky:

a – stav dva roky po vynětí druhé TEP pro infekci (zkrat operované končetiny byl 10 cm),

b – stav po implantaci individuální acetabulární komponenty vyrobené 3D tiskem z titanu podložené impakčními aloštěpy, revizní femorální komponenta Wagner,

c – plná integrace obou komponent po 6 měsících,

d – snímek 3 roky po operaci s nálezem měkkého lemu kolem všech úchyťových částí individuální acetabulární komponenty a uvolněním nebo rozlomením všech 6 fixačních šroubů; pacientka byla v době napsání článku 6 let po operaci, bolesti měla pouze občasné a návrh reoperace odmítla.

Fig. 1. X-ray documentation of a 58-year-old female patient:

a – two years after removal of the second total hip arthroplasty because of an infection (10 cm shortening of the operated limb),

b – after implantation of a custom-made 3D printed titanium acetabular component combined with impaction allografts, Wagner revision femoral component,

c – full integration of components after 6 months,

d – 3 years after surgery with a finding of lucency around all fixation parts of the custom-made acetabular component and loosening or breaking of all 6 fixing screws; the female patient is now 6 years after surgery, she experiences only occasional pain and refuses to undergo a revision surgery.

KAZUISTIKA 2

Druhé pacientce jsme implantovali TEP kyčle vpravo v 51 letech (1989). Reimplantace rozlomené jamky proběhla po 5 letech (1994). Druhá reimplantace jamky pro aseptické uvolnění následovala po dalších 10 letech (2004). Pro známky uvolnění byla po dalších 10 letech (2014) provedena další reimplantace jamky a podcementování femorální komponenty. Druhý pooperační den pacientka při první vertikalizaci ztratila rovnováhu a plně došlápla na operovanou končetinu, následně pocítila extrémní bolest v oblasti kyčle. Rtg snímek prokázal prolomení jamky do oblasti pánve (obr. 2a). Při reoperaci za další tři dny jsme museli konstatovat rozsáhlý defekt spodiny acetabula a porušenou kontinuitu předního pilíře, proto byla TEP vyňata. Vzhledem k neuspokojivému klinickému stavu s nenosnou pravou dolní končetinou zkrácenou o 8 cm a nálezu známek uvolnění TEP kyčle vlevo (primoimplantace 1990, reimplantace 2005) jsme se rozhodli pro implantaci TEP kyčle s individuální acetabulární komponentou. Ta proběhla ve věku 77 let (2015), její součástí byla implantace kostních aloštěpů, které vyplnily defektní spodinu acetabula (obr. 2b).

Při kontrole 18 měsíců po reimplantaci (2017) jsme našli uvolnění všech tří šroubů zavedených do obou pilířů acetabula, šrouby zavedené supraacetabulárně byly stabilní a na spodině implantátu byla patrná dobrá integrace implantovaných kostních štěpů. Končetina byla plně nosná, při zátěži nebolela, flexe byla do 80°, rotace a abdukce 10°. V této situaci jsme indikovali reimplantaci druhostranné uvolněné TEP, abychom si konsolidovanou a nosnou druhostrannou TEP otevřeli možnost na další reimplantaci jamky (nyní snad už standardní revizní). V současné době (5 let po operaci – viz obr. 2c) je pacientka s výsledkem operace spokojena, nadále nemá významné bolesti, které by musela tlumit trvalou analgetickou medikací, reoperaci odmítá.

KAZUISTIKA 3

Třetí pacientce jsme primární cementovanou TEP kyčle vlevo implantovali v 53 letech (1997). Reimplantace rozlomené jamky za necementovanou následovala po 4 letech (2001). Pro zapadnutí cementované femorální komponenty byla po dalších 5 letech (2006) provedena reimplantace revizní necementované komponenty s kó-



Obr. 2. Rtg dokumentace 77leté pacientky:

a – stav po vynětí čtvrté acetabulární komponenty,

b – stav po implantaci individuální acetabulární komponenty s impaktovanými kostními aloštěpy, revizní femorální komponenta Wagner,

c – 5 let po operaci je patrné uvolnění všech tří šroubů zavedených do obou pilířů acetabula, šrouby zavedené supraacetabulárně jsou stabilní a kostní štěpy na spodině implantátu jsou plně integrované; pacientka neměla při kontrole významné bolesti, které by musela tlumit trvalou analgetickou medikací, s výsledkem operace byla spokojená a návrh reoperace odmítla.

Fig. 2. X-ray documentation of a 77-year-old female patient:

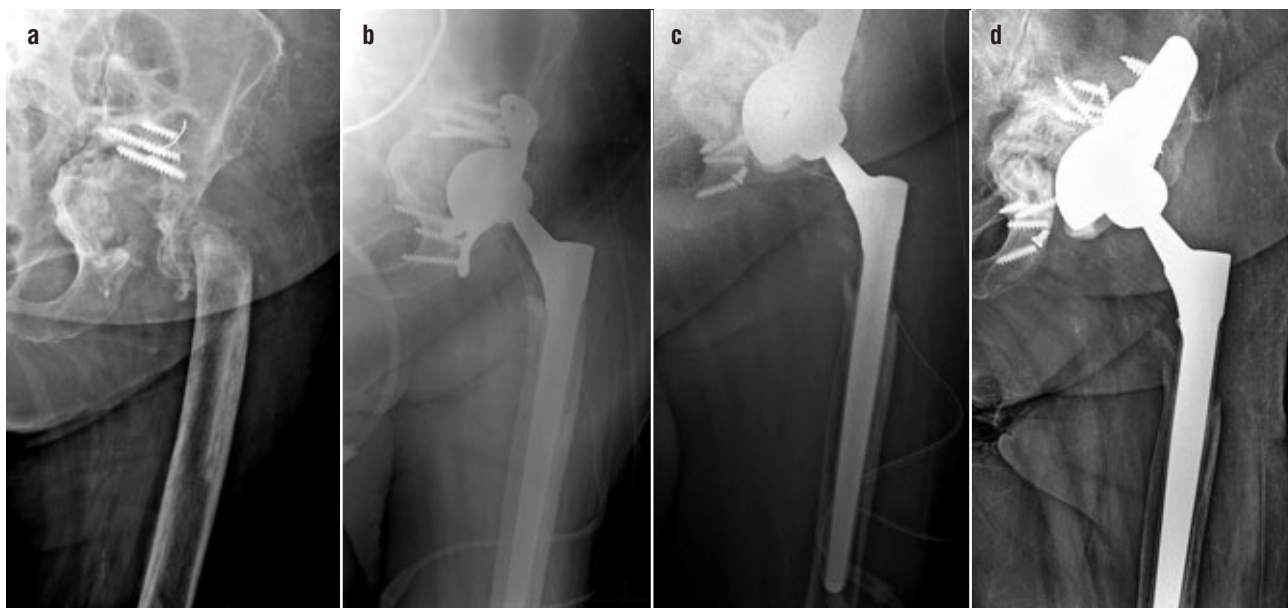
a – situation after the removal of the fourth acetabular component,

b – situation after the implantation of a custom-made acetabular component with impacted bone allografts, Wagner revision femoral component,

c – 5 years after surgery, signs of loosening of all three screws inserted in both columns of the acetabulum, the screws inserted supraacetabularly are stable and the bone grafts at the bottom of the implant are fully integrated; the female patient does not experience any significant pain that would need permanent administration of analgesics, she is satisfied with the outcome of the operation and refuses to undergo a revision surgery.

nickým dírkem. Další reoperace následovala po 3 letech (2009) pro uvolnění a zapadnutí necementované jamky do oblasti malé pánve. Do spodiny acetabula jsme impaktovali aloštěpy a po augmentaci Burchovou-Schneiderovou dlahou jsme implantovali cementovanou jamku. Pro resorpci štěpů a migraci dlahy s implantátem mediálně jsme podobnou proceduru zopakovali za další 4 roky (2012) a pro opětovnou resorpci štěpů a migraci implantátu mediálně ještě jednou za další 3 roky (2015). V pooperačním období došlo k opakovaným luxacím, proto jsme po 5 měsících acetabulární komponentu odstranili a zavedli skeletální trakci za distální femur, acetabulum bylo totiž defektní s chybějící zadní stěnou a nálezem kompletní diskontinuity (obr. 3a). Pacientka byla se stavem nespokojená, zkrácení končetiny o 8 cm neumožňovalo dobrou vertikalizaci, proto jsme po dalších 5 měsících v 71 letech pacientky (2015) implantovali na 3D tiskárně individuálně připravenou titanovou revizní acetabulární komponentu po předchozím vyplnění defektu dna acetabula impaktovanými aloštěpy

(obr. 3b). Po roce došlo k opakovaným luxacím, spodina acetabula však byla natolik přestavěna a kontinuita pánve obnovena, že jsme si mohli při revizní operaci (18 měsíců po implantaci individuální komponenty) dovolit tuto komponentu odstranit a implantovat tantalovou revizní jamku zajištěnou šrouby zavedenými supraacetabulárně a do ischiadického pilíře (2017). V pooperačním období opět došlo ke dvěma luxacím, proto jsme se po 4 týdnech pokusili stabilizovat endoprotézu přídatným polyetylenovým prstencem. Následující luxace však vedla k vytržení tantalové jamky z kosti. Proto jsme za další 4 týdny provedli augmentaci spodiny acetabula Burchovou-Schneiderovou dlahou a implantovali cementovanou jamku s antiluxačním okrajem. Po dvou letech došlo k uvolnění jamky po pádu na bok, následovala další reimplantace (2019), při které jsme použili tantalový implantát s augmentací (obr. 3c). Následovali tři revize pro sekreci z operační rány, mikrobiologické vyšetření tkání odebraných peroperačně bylo ve všech případech negativní, ale ze špičky jednoho z drénů odeslaného



Obr. 3. Rtg dokumentace 71leté pacientky:

a – stav po vynětí páté acetabulární komponenty,

b – stav po implantaci individuální acetabulární komponenty s impaktovanými kostními aloštěpy,

c – stav po implantaci trabekular-tantalové jamky s augmentací do obnovené kostní spodiny acetabula 4 roky po implantaci individuální acetabulární komponenty (v mezidobí pro opakované luxace dostala pacientka jiné dvě acetabulární komponenty),
d – nález dobré integrace tantalového implantátu rok po poslední operaci; pacientka byla v době kontroly mobilní o 2 berlích, bolesti byly zvládnutelné perorálními analgetiky nebo antiflogistiky, s výsledkem operace byla spokojena.

Fig. 3. X-ray documentation of a 71-year-old female patient:

a – situation after the removal of the fifth acetabular component,

b – situation after the implantation of a custom-made acetabular component with impacted bone allografts,

c – situation after the implantation of trabecular tantalum acetabular components with augmentation fixed into the renewed bone base of acetabulum 4 years after the implantation of a custom-made acetabular component (in the meantime the acetabular components were reimplanted twice because of the repeated dislocation),

d – good integration of the tantalum implant one year after the last operation; the female patient was able to walk with two crutches, the pain was manageable by oral analgesics or anti-inflammatory drugs, the female patient was satisfied with the outcome of the surgery.

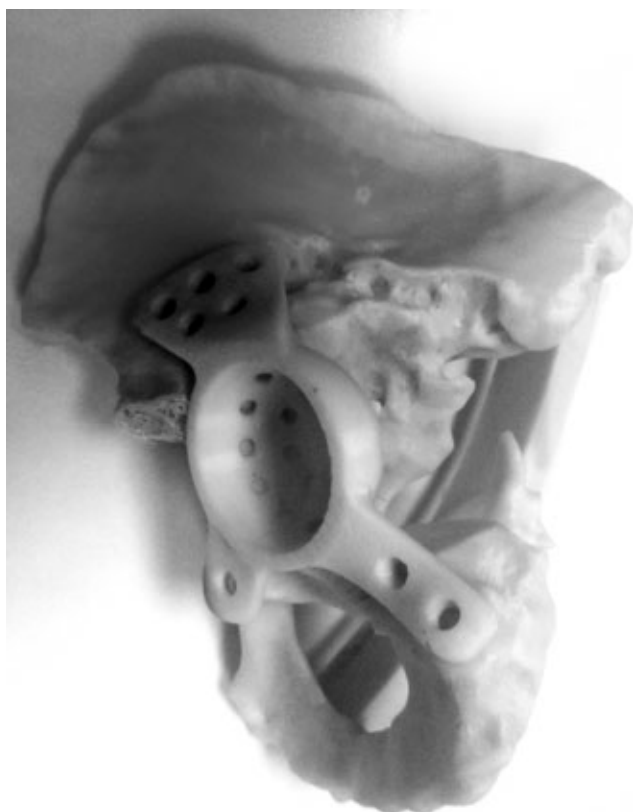
k vyšetření z druhé a třetí revize byl vykultivovaný po pomnožení *S. epidermidis*, proto byla pacientka přeléčena antibiotiky podle citlivosti. Při kontrole rok po poslední reimplantaci (celkem 9. acetabulární komponenta – viz obr. 3d) měla pacientka bolesti zvládnutelné pravidelným používáním analgetik nebo antiflogistik, byla schopná chodit o dvou francouzských berlích, flexi v kyčli měla do 80°, rotace byly shodně do 10° a abdukce do 15°. S výsledkem operace byla zatím spokojena.

DISKUSE

Využití 3D tisku v medicíně má v současné době již široké uplatnění. Z chirurgických oborů se nejčastěji používá v maxilofaciální chirurgii, cévní chirurgii, kardiokirurgii a ortopedii (4). Využití v ortopedii je dvojí. Jednak při exaktním plánování operačních výkonů týkajících se resekce rozsáhlých kostních tumorů (5, 7, 15), plánování implantace endoprotézy kyčle nebo kolena ve složitém anatomickém terénu (postdysplastické artrózy, stavy po explantaci endoprotézy pro infekci, stavy po resekci pro tumory) (5, 12, 13, 15, 17) nebo při plánování řešení složitých zlomenin acetabula (16). Ve

všech těchto případech plastový model kosti vytvořený 3D tiskem na základě předchozího CT nebo MR vyšetření usnadní operátorovi prostorovou orientaci při naplňování správného operačního postupu, navíc může model pomoci při předtvarování potřebných standardních implantátů (např. dlahy pro osteosyntézu zlomeniny acetabula). Do této skupiny využití 3D tisku patří i případy, kdy výrobce standardních implantátů připraví individuální plastové šablony k provedení přesné osteotomie nebo v rámci výroby individuálních implantátů výrobce použije plastový model k správnému vytvarování implantátu (4). Druhou variantou použití 3D tisku v ortopedii je zhotovení individuálních implantátů „na míru“ pro konkrétního pacienta. Tato technika je nejvíce využívána při řešení rozsáhlých kostních defektů po resekci tumorů (5, 9). Právě tento postup byl inspirací pro nás, zkusit použít individuální implantáty vyrobené pomocí 3D tisku k řešení rozsáhlých kostních defektů v oblasti acetabula u našich třech pacientek.

Ve všech třech případech jsme řešili závažné kostní defekty (Paprosky 3B nebo Ghanem III a IV) (3, 10). S moderními revizními implantáty s dobrým mechanickým přenosem sil, prokázanými osteokondukčními vlast-



Obr. 4. 3D tiskárnou vyrobený plastový model pánve s vyznačením plánovaného opracování skeletu v oblasti acetabula a přiloženým rovněž 3D tištěným plastovým modelem budoucího implantátu – na úchytech je patrný tříbodový způsob ukotvení do skeletu pánve (supraacetabulárně 5 otvorů, do oblasti horního raménka stydké kosti jeden otvor a do zadního pilíře acetabula dva otvory, z nichž při operaci byly využity 3+1+1).
Fig. 4. Plastic 3D printed model of the pelvis with the indication of planned treatment of the bone in the area of acetabulum and 3D printed plastic model of the future implant – three-point anchorage to the pelvis is visible (supraacetabularly 5 holes, one hole in the upper ramus of the pubic bone and two holes in the rear column of the acetabulum).

nostmi (např. tantal nebo titan v trabekulární úpravě) a popisovaným velmi dobrým přežíváním ve střednědobém horizontu (2, 7, 8, 14) jsme v té době neměli ještě dostatečné zkušenosti, navíc jsme se domnívali, že by nemusely být u našich pacientek úspěšné. Proto jsme zvolili použití individuálních implantátů připravených 3D tiskem. Spolupracovali jsme při tom s domácí firmou vyrábějící ortopedické implantáty. Prvním krokem bylo vytvoření plastového modelu pánve 3D tiskem na základě přechozího CT vyšetření. Druhým krokem bylo v součinnosti operátora a konstruktéra naplánování možného opracování existujícího skeletu tak, abychom vytvořili podmínky pro umístění individuálního implantátu. Třetím krokem bylo vytvoření nového plastového modelu pánve na 3D tiskárně odpovídajícího plánovanému opracování stávajícího skeletu v oblasti acetabula a dále zkonstruování a vytištění modelu budoucího implantátu na 3D tiskárně (obr. 4). Základním požadavkem bylo,

aby implantát bylo možné ukotvit tříbodově do skeletu pánve (supraacetabulárně, do oblasti horního raménka stydké kosti a do zadního pilíře acetabula) (3). Tato kombinace modelů nám také ukázala, jak velké množství kostních štěpů budeme potřebovat a kam je při operaci bude třeba umístit, abychom mohli očekávat po jejich přestavbě obnovení kontinuity acetabula. Posledním krokem před implantací byl 3D tisk individuálního titanového implantátu.

Při implantaci jsme použili transgluteální přístup, v případě současné reimplantace femorální komponenty doplněný o dvířkový přístup k proximálnímu femuru. Kostní štěpy byly ve všech případech od dárců z kostní banky. Individuální implantát byl do skeletu pánve ukotven titanovými šrouby (tři až čtyři supraacetabulárně, jeden do oblasti horního raménka stydké kosti a jeden až dva do zadního pilíře acetabula). Následně byla zacementována standardní polyetylenová jamka zhotovitele individuálního acetabulárního implantátu (Beznoska, Kladno, ČR). Před uzavěrem operační rány jsme drénovali oblast kloubu dvěma Redonovými drény, které jsme odstranili 2. až 4. den po operaci podle množství odváděného obsahu. Po operaci byly pacientky monitorovány na jednotce intenzivní péče 48 hodin. U všech jsme podávali 48 hodin profylaktickou dávku antibiotik (u dvou pacientek bez prodělané infekční komplikace se jednalo o cefalosporin 3. generace, u pacientky po vynětí TEP pro infekční komplikaci jsme použili antibiotikum s účinností proti původně vykultivovanému infekčnímu agens) a 5 týdnů profylaktickou dávku nízkomolekulárního heparinu. Vertikalizaci o berlích jsme zahájili 3. den po operaci, stehy byly odstraněny 12. den po operaci. Klinická a rentgenologická kontrola proběhla 6 týdnů, 3, 6 a 12 měsíců po operaci a dále v ročních intervalech. Plnou zátěž jsme povolili po 6 měsících od operace (2), ovšem pro pocit jistoty při chůzi dvě z pacientek nadále používají dvě francouzské berle a jedna občasně hůlku při delší chůzi.

Zaznamenali jsme rtg známky uvolnění individuálního implantátu u všech tří pacientek. Reoperována byla pouze jedna (třetí pacientka, 18 měsíců po implantaci), u které došlo k opakovaným luxacím. Další dvě pacientky (6 resp. 5 let po implantaci) zatím reoperaci odmítají pro minimum bolestí a přijatelnou kvalitu života, používání opory při chůzi nepovažují za zásadní problém, naopak výsledek operace proti stavu po vynětí TEP považují za výborný. My sami rovněž výsledky všech třech operací považujeme za úspěšné. K uvolnění implantátu došlo podle nás z důvodu nedostatečné porozity povrchu přivráceného ke kosti. 3D tiskem nebylo ve stávajících podmínkách možné dosáhnout takové porozity, která by připomínala osteokonduktivní povrchy trabekular-tantalových nebo trabekular-titanových revizních implantátů s velmi dobrými osteokondukčními vlastnostmi (8, 14). Přesto se domníváme, že tříbodově ukotvený individuální titanový implantát ve spojení s impaktovanými aloštěpy umožnil obnovu kontinuity acetabula (1, 3, 11) a otevřel nám tím možnost pro případnou další reimplantaci ovšem nyní již se standardním revizním implantátem, jak to bylo u naší třetí pacientky.

ZÁVĚR

Domníváme se, že technika implantace individuální acetabulární komponenty vyrobené z titanu technikou 3D tisku v kombinaci s impakčním štěpováním spodiny acetabula je dobrou alternativou při řešení rozsáhlých kostních defektů s diskontinuitou acetabula po selhání TEP. Nedostatečná porozita povrchu takto vyrobené komponenty sice nevedla k její trvalé osteointegraci, avšak stabilita montáže byla dostatečná na to, aby přestavba kostních štěpů obnovila kontinuitu pánve a umožnila v budoucnosti reimplantaci TEP standardní revizní acetabulární komponentou.

Literatura

1. Citak M, Kochsiek L, Gehrke T, Haasper C, Suero EM, Mau H. Preliminary results of a 3D-printed acetabular component in the management of extensive defects. *Hip Int.* 2018;28:266–271.
2. Fu J, Ni M, Chen J, Li X, Chai W, Hao L, Zhang G, Zhou Y. Reconstruction of severe acetabular bone defect with 3D printed Ti6Al4V augment: a finite element study. *Biomed Res Int.* 2018;2018:6367203.
3. Ghanem M, Zajonz D, Heyde CE, Roth A. Acetabular defect classification and management: revision arthroplasty of the acetabular cup based on 3-point fixation. *Orthopäde.* 2020;49:432–442.
4. Heller M, Bauer HK, Goetze E, Gielisch M, Roth KE, Drees P, Maier GS, Dorweiler B, Ghazy A, Neufurth M, Müller WE, Schröder HC, Wang X, Vahl CF, Al-Nawas B. Applications of patient-specific 3D printing in medicine. *Int J Comput Dent.* 2016;19:323–339.
5. Kim D, Lim JY, Shim KW, Han JW, Yi S, Yoon DH, Kim KN, Ha Y, Ji GY, Shin DA. Sacral reconstruction with a 3D-printed implant after hemisacrectomy in a patient with sacral osteosarcoma: 1-year follow-up result. *Yonsei Med J.* 2017;58:453–457.
6. Landor I. Přehled metod a spacializovaných implantátů užívaných u defektů acetabula. In: Landor I, Vavřík P, Gallo J, Sosna A (eds). *Revizní operace totálních náhrad kyčelního kloubu.* Maxdorf, Praha, 2012, pp 195–245.
7. Liang H, Ji T, Zhang Y, Wang Y, Guo W. Reconstruction with 3D-printed pelvic endoprostheses after resection of a pelvic tumour. *Bone Joint J.* 2017;99-B:267–275.
8. Löchel J, Janz V, Hipfl C, Perka C, Wassilew GI. Reconstruction of acetabular defects with porous tantalum shells and augments in revision total hip arthroplasty at ten-year follow-up. *Bone Joint J.* 2019;101-B:311–316.
9. Matějovský Z Jr. *Nádory pohybového aparátu.* In: Dungl P (ed). *Ortopedie.* 2. vyd., Grada, Praha, 2014, pp 384–435.
10. Paprosky WG, Perona PG, Lawrence JM. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty: a 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty.* 1994;9:33–44.
11. Perlbach R, Palm L, Mohaddes M, Ivarsson I, Schilcher J. Good implant survival after acetabular revision with extensive impaction bone grafting and uncemented components. *Bone Joint J.* 2020;102-B:198–204.
12. Soriali E, Mauprivez R, Khiami F, Pascal-Mousellard H, Catonné Y. Accuracy of the preoperative planning for cementless total hip arthroplasty: a randomised comparison between three-dimensional computerised planning and conventional templating. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98:151–158.
13. Scharschmidt T, Cohen A, Thomas N, Ching R, Conrad E. Torsional stability of uncemented femoral stems in oncologic reconstructions. *Orthopedics.* 2011;34:96.
14. Solomon LB, Abrahams JM, Callary SA, Howie DW. The stability of the porous tantalum components used in revision THA to treat severe acetabular defects: a radiostereometric analysis study. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100:1926–1933.
15. Wong KC, Kumta SM, Geel NV, Demol J. One-step reconstruction with a 3D-printed, biomechanically evaluated custom implant after complex pelvic tumor resection. *Comput Aided Surg.* 2015;20:14–23.
16. Zeng C, Xing W, Wu Z, Huang H, Huang W. A combination of three-dimensional printing and computer-assisted virtual surgical procedure for preoperative planning of acetabular fracture reduction. *Injury.* 2016;47:2223–2227.
17. Zerr J, Chatzinoff Y, Chopra R, Estrera K, Chhabra A. Three-dimensional printing for preoperative planning of total hip arthroplasty revision: case report. *Skeletal Radiol.* 2016;45:1431–1435.
18. Zhang J, Huang Y, Zhou B, Zhou Y. Mid-term follow-up of acetabular revision arthroplasty using jumbo cups. *Orthop Surg.* 2019;11:811–818.

Korespondující autor:

MUDr. Dominik Macák

Ortopedicko-traumatologická klinika 3. LF UK a FNKV

Šrobárova 50

100 34 Praha 10

E-mail: dominik.macak@fnkv.cz