

Klinické zhodnocení použití keramické femorální komponenty v konstrukci náhrady kolenního kloubu

Clinical Evaluation of the Ceramic Femoral Component Used for Reconstruction of Total Knee Replacement

P. VAVŘÍK¹, I. LANDOR¹, F. DENK²

¹ I. ortopedická klinika 1.LF UK a FN Motol, Praha

² Medin Orthopaedics, a. s., Praha

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The study evaluates mid-term results of total knee replacement with a zirconia ceramic (ZrO₂) femoral component.

MATERIAL

The evaluated group comprised 20 knees in 19 patients (4 men and 15 women). In one patient the replacement was performed bilaterally. Two patients had in the contralateral knee the same type of prosthesis with a femoral chrome-cobalt component. The mean age at the time of operation was 65.2 years (range, 38–81 years). The primary indication was 14 times osteoarthritis and 5 times rheumatoid arthritis. The average follow-up period was 6.5 years (range, 2.1–8.5 years).

METHODS

Patients included in the study regardless of age, body mass and the basic diagnosis, agreed with the use of the ceramic femoral component. The evaluation covered a range of motion, mechanical axis, joint stability, pain, swelling, ability to walk on level ground and on stairs, subjective satisfaction (EULAR Knee Chart). Radiograph were assessed at one year intervals in two projections to identify the incidence of radiolucency around the implant. The Kaplan-Meier survival curve was used and compared with the survival curve in identical chrome-cobalt implants.

RESULTS

At the final follow-up, 14 knees were evaluated, because 3 patients died without any connection with the implant, in one case the tibial component migrated due to necrosis of the tibial condyle in a patient with RA and two implants had to be revised and replaced due to polyethylene wear. No infection or negative tissue reaction was recorded in the evaluated group. The average flexion range was 109 degrees. All knees were stable and without swelling, in two cases there occurred slight femoropatellar pain. Twelve patients were fully satisfied, 2 patients were satisfied with a certain reservation. The differences in the course of the survival curves of chrome-cobalt and ceramic implants were statistically insignificant.

DISCUSSION

Although the use of zirconia ceramics in vitro reduces the amount of polyethylene wear, the clinical outcomes of total knee replacements as compared to the hip are not convincing. One of the causes may be the substantially different and more complex biomechanics of the knee. Tribology improvement of the femoral ceramic component cannot compensate the deficiencies in the joint balancing in flexion and extension. The economically and technologically demanding production of these implants may be justified in patients with allergies caused by chrome-cobalt components.

CONCLUSIONS

The results of mid-term follow-up of the use of zirconia ceramic femoral components proved no impact on the improvement of the period of survival of the knee implant. No adverse response to the material or mechanical failure of the ceramic components was encountered.

Key words: total knee replacement, zirconia ceramic femoral component, TKR mid-term results, ceramic knee survival curve.

ÚVOD

Endoprotézy kolenního kloubu se u nás běžně implantují již téměř 30 let. S rostoucím počtem nemocných dlouhodobě užívajících některý z kloubních implantátů se do popředí dostávají problémy spojené s jeho opotřebením a postupným uvolňováním. Závažný je tento problém zejména u mladých a aktivních pacientů s velkými pohybovými nároky, u kterých se někdy již po několika letech setkáváme s nutností výměny endoprotézy (14, 20, 21).

Osteolýza indukovaná otěrovými částicemi z implantovaných materiálů, nejčastěji polyetylen (dále jen PE), je považována za hlavní příčinu selhání kloubních náhrad v dlouhodobém časovém horizontu. Jednou z možností ovlivnění tohoto problému je zlepšení tribologických vlastností kolenní náhrady, podobně jako u náhrady kyčle, použitím keramických komponent pro jeden nebo dokonce oba kontaktní povrchy.

U původního českého předního výrobce keramických materiálů DIAS Turnov, který se stal v průběhu let součástí koncernu St. Gobain Advanced Ceramics, navázali na mnohaletou úspěšnou produkci keramických kyčelních hlavic a zahájili v roce 1997 vývoj keramické femorální komponenty kolena (obr. 1). Cílem práce je zhodnocení přínosu této komponenty pro náhrady kolena na podkladě střednědobých klinických výsledků.

MATERIÁL A METODA

Klinické zkoušky byly zahájeny na našem pracovišti ve 4. čtvrtletí 1999 se souhlasem SÚKL a etické komise FN Motol v Praze po dokončení testů biologické nezávadnosti materiálu a mechanické pevnosti konstrukce (2, 15, 16). Ukončeny byly v listopadu 2001 po implantaci prvních 20 náhrad, s předpokladem pokračování po vyhodnocení několikaletých výsledků první série implantátů.

Použity byly femorální komponenty zhotovené z keramiky na bázi ZrO_2 tvarově přesně shodné s běžně užívanou CoCr komponentou Walter Modular (dále WM) (obr. 2). Kombinovány byly se standardními tibiálními komponentami WM vhodné velikosti (obr. 3). Pro účely klinických zkoušek byly komponenty vyráběny pouze ve dvou nejběžnějších velikostech 68 a 72 mm v pravém nebo levém provedení. Váha použitých komponent kolísala podle velikosti a provedení od 203,8 g do 248,3 g, při objemové hmotnost 6,020–6,084 g/cm³; leštěním byla ve všech případech dosažena drsnost povrchu 0,02 μm.

Pacienti s osteoartrózou nebo revmatickou destrukcí kolena byli zařazováni postupně tak, jak byli v daném intervalu k operaci autory indikováni. Předpokladem byl jejich informovaný souhlas podle helsinské konvence WHO a také dostupnost velikostně a stranově odpovídající keramické komponenty v době operace, neboť vzhledem ke kusovému charakteru výroby byl počet jednotlivých provedení limitován. Do studie nebyli zařazeni pacienti, u kterých charakter poškození předpokládal použití stabilizovaných prvků nebo dalších augmentací

jakéhokoliv typu. Základní diagnóza, pohlaví, věk a tělesná hmotnost nebyly limitujícími faktory pro zařazení do studie.

Soubor tvořilo 15 žen a 4 muži ve věku od 38 do 81 let v době operace (průměr 65,2 roku). Základní diagnózou byla ve 14 případech osteoartróza a v 5 případech revmatoidní artritida. U jedné nemocné byla keramická náhrada v 8 měsíčním odstupu použita oboustranně. Dva nemocní mají identickou CoCr náhradu WM protilehlého kolena. U jednoho z těchto nemocných byly kovová a keramická náhrada na protilehlých kloubech implantovány současně. Dva další pacienti mají na protilehlém kloubu náhradu odlišné konstrukce.

Doba sledování v době posledního hodnocení kolísala od 2,14 do 8,51 roku (průměr 6,45 roku).

K hodnocení je používán dotazník schválený při povolení klinických zkoušek, který hodnotil osu a stabilitu kloubu, rozsah flexe a extenze, přítomnost výpotku, schopnost chůze po rovině z hlediska vzdálenosti a schopnost chůze po schodech a subjektivní hodnocení pacientem. Klinické hodnocení bylo doplněno rtg snímky v AP a bočné projekci v intervalu 6 týdnů, 3 měsíce, 6 měsíců, 1 rok a dále po 1 roce od operace. Hodnotící stupnice pro jednotlivá kritéria dotazníku byla převzata z dotazníku EULAR Knee Assessment Chart. Dotazník v plném znění je k dispozici u autorů.

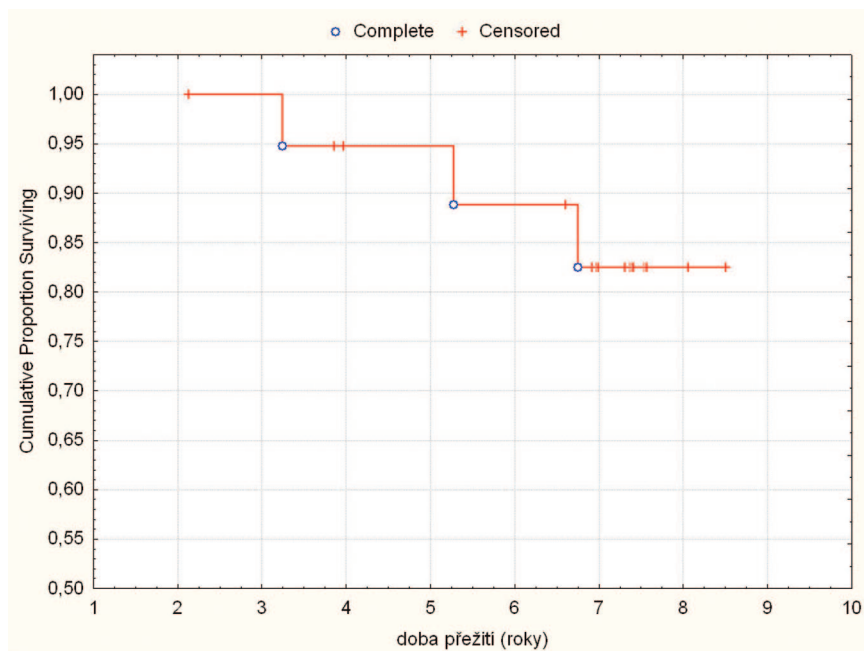
Implantace keramické komponenty za pomoci standardního instrumentária běžně používaného pro kovové komponenty nečinila žádné problémy. Jedinou odlišností bylo použití plastické škrabky na odstranění kostního cementu po finálním usazení komponenty, aby nedošlo k znečištění keramiky částicemi kovu z nástrojů.

VÝSLEDKY

Při posledním vyšetření v červnu 2008 bylo plně funkčních celkem 14 kolen. Tři pacienti v průběhu sledování zemřeli bez souvislosti s implantací. U 3 dalších byla nutná revize – 2krát pro polyetylenový otěr (5,1 a 6,8 roku po implantaci) a v jednom případě pro migraci tibiální komponenty u pacientky s nektrózou mediálního kondylu tibie a nadváhou (za 2,9 roku). Křivku přežití ukazuje graf. 1 – na konci 8 roku sledování přežívá 83 % náhrad.

Rozsah pohybu je v rozmezí 85–130° flexe, s průměrem u celého souboru přes 109° flexe. Pouze v jediném případě byla maximální dosažená flexe pod 90°. Plně extenze bylo dosaženo ve všech případech, stejně jako dokonalá stability kloubu.

Z hlediska obnovy kloubní osy bylo bezprostředně po operaci 17 kolen v ideálním rozmezí 0–5° valgozity, ve 2 případech perzistovaly méně výhodné avšak ještě přijatelné nálezy – varozity do 5° a 1krát valgozita do 10°. Při závěrečném hodnocení u 14 vyšetřených přežívajících implantátů nebyly zjištěny změny osy ani stability kloubu proti pooperačnímu stavu. Výpotek nebo otok kloubu nebyl při finálním hodnocení zaznamenán. Dvanáct pacientů je schopno chůze bez jakéhokoliv vzdálenostního nebo časového omezení. Dva další jsou schop-



Graf 1. Křivka přežití souboru keramických náhrad

ni chodit bez podstatnějšího omezení asi 1 hodinu. Na schodech se bez omezení pohybuje 10 nemocných, 2 udávají mírné obtíže ve femoropatelním kloubu. Zbývá dva musí použít při chůzi oporu nebo zábradlí, příčinou je však spíše celkový zdravotní stav a postižení dalších kloubů.

Subjektivně bylo 12 nemocných zcela bez obtíží. Ve 2 případech pociťovali lehkou bolestivost v oblasti femoropatelního kloubu spojenou v jednom případě s hmatnou krepitací. Ve 12 případech jsou nemocní s výsledkem operace maximálně spokojeni, 2 pacienti s femoropatelní iritací hodnotí výsledek s jistou výhradou, operaci však přesto považují za zlepšení svého zdravotního stavu.

Pro rtg nálezy je charakteristické, že zirkonovou femorální komponentu nelze na snímku od chromkobaltové odlišit (obr. 4a,b). V 10 případech byly implantáty bez jakékoliv radiolucence, 2krát byla přítomna nevýznamná okrajová radiolucence a 2krát výraznější ostrá radiolucence do 1 mm vždy pod tibiální komponentou, ve všech případech trvající již několik let a bez další progresu.

Po celou dobu dosavadního sledování nebyl zjištěn v souboru infekce, ani zaznamenány žádné vedlejší účinky nebo komplikace, jež by bylo možno spojovat s použitým materiálem keramické komponenty.

DISKUSE

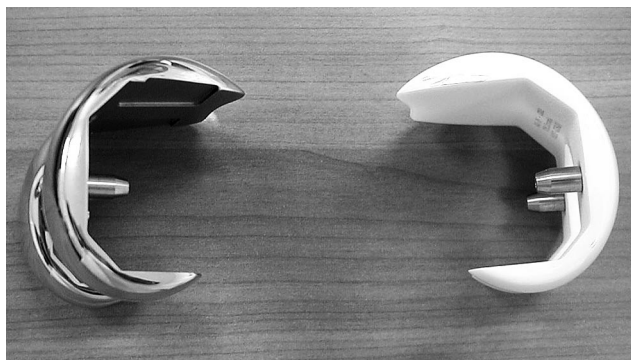
Nabízejí se tři hlavní směry řešení problému PE otěru – nahradit PE v konstrukci protéz, snížit počet nebo změnit charakter otěrových částic a konečně ovlivnit biologické reakce na PE v organismu.

Přímočaré řešení – nahradit polyetylen jiným materiálem – naráží zatím na celou řadu technických, ekonomických i biologických problémů. V konstrukci kyčelních náhrad nahradili proto konstruktéři nejprve

kovové hlavice a s odstupem i jamky hlavicemi keramickými na bázi Al_2O_3 , a později ZrO_2 , které mají výrazně lepší pevnost i tribologické vlastnosti. Zpracování a finální opracování těchto materiálů je však technologicky velmi náročné. Při výrobě keramického polotovaru dochází k výraznému smrštění a zhuštění materiálu. Proces musí proběhnout zcela stejnoměrně a kontrolovat, aby nedošlo k tvarovým odchylkám nebo chybám struktury a následné ztrátě pevnosti výsledného polotovaru. Zatímco keramické hlavice a jamky náhrad kyčle jsou tvarově relativně jednoduché, femorální komponenta kolenního kloubu je tvarově poměrně komplikovaná. Tvarové změny keramického polotovaru tohoto typu lze v průběhu výroby obtížněji kontrolovat a také finální úprava povrchu leštěním je náročnější. Charakter opotřebení kontaktních povrchů a typ otěrových částic jsou u kolena odlišné od náhrad kyčle (17, 24). Podobně rozdílná je i biomechanika kyčle a kolena. Zatímco u kyčle je tlak rozložen rovnoměrně, kongruence je téměř dokonalá, směr pohybu a zatížení z hlediska biomechaniky snadno analyzovatelné a předvídatelné, situaci u kolena komplikuje nestejnoměrné zatížení kontaktních ploch a složitá víceméně individuální biomechanika každého konkrétního kloubu (17), závisující i na stavu vazů, svalového aparátu, mechanické ose kloubu a designu náhrady. Biomechaniku zatěžování kolena v různých situacích lze tak jen obtížně modelovat a propočítat (3, 4, 7). V minulosti vedly tyto faktory často k selhávání celokeramických náhrad, zejména jejich tibiální komponenty (6, 10). Především z těchto důvodů se pokusy o využití keramiky při náhradách kolena objevovaly sporadicky jen u předních světových výrobců, zejména japonských, ovládajících špičkové technologie (8, 9, 19). V posledním desetiletí se objevily snahy o využití keramiky v konstrukci kolenních náhrad také v USA (18) a dalších zemích (15) a byly většinou omezeny na komponentu femorální.



Obr. 1. Keramická femorální komponenta design WM



Obr. 2. Design keramické a CrCo komponenty WM je zcela identický



Obr. 3. Keramická komponenta se kombinuje s běžně užívanou tibiální komponentou WM



Obr. 4. Rtg obraz náhrady WM s keramickou femorální komponentou 7 let po implantaci: a) AP projekce, b) boční projekce

a | b

Stejně tak ovlivnění biologické reakce na otěrové částice je obtížné, neboť mechanismus celého procesu na molekulární úrovni není zatím dostatečně prozkoumán (22, 23). Také snahy o změnu struktury PE se zatím nesetkaly s úspěchem, neboť nové materiály sice vykazují snížený absolutní objem otěru, produkují však většinou menší a tím biologicky nebezpečnější částice. PE komponenty úpravou také často ztrácejí jiné své pozitivní mechanické vlastnosti, např. pružnost, pro které jsou v konstrukci protéz využívány. Nejdostupnějším technickým řešením pro náhrady kolena se zatím zdá zlepšení tribologických vlastností kontaktních ploch a tím dosažení snížení množství produkovaného PE otěru bez podstatného zhoršení jeho kvality.

Maximální úsilí se proto věnuje dokonalé povrchové úpravě protilehlé komponenty, která je u současných kolenních náhrad kovová, nejčastěji z chromkobaltové slitiny. Možnosti vyleštění kovového povrchu a tím dalšího zlepšování jeho kluzných vlastností jsou dnes na hranici technických možností.

Měření při výstupní kontrole prokázalo, že přesnost tvarového zpracování keramických komponent je na odpovídající úrovni a jsou tvarově dokonale shodné s kovovou variantou Walter Modular.

Testy prováděné na komplikovaném mechanickém simulátoru, v podmínkách blízkých se skutečné zátěži v organismu, prokázaly výrazné snížení množství PE otěru. Jeden milion krokových cyklů náhrady s CoCr komponentou vyprodukoval 2,2 mg otěru, zatímco s použitím keramické femorální komponenty pouze 0,8 mg (16).

Klinické výsledky našeho malého souboru se po téměř 9 letech od zahájení klinických zkoušek však nezdají zdaleka tak přesvědčivé.

Podrobnější analýza 3 selhání ukázala, že v jednom případě byla migrace tibiální komponenty u pacientky s revmatoidní artritidou, výraznou tělesnou nadváhou (112 kg), léčenou dlouhodobě kortikoidy, způsobena nekrotizací a postupným zborcením mediálního kondylu. Laboratoře, scintigram značenými leukocyty, peroperační kultivace i makroskopický nálezní vyvolaly jako příčinu mitigovalý infekt. K selhání tibiální komponenty došlo po necelých 3 letech, takže peroperačně nebylo zjištěno závažnější opotřebení PE vložky ani otěrová reakce v okolí endoprotézy. Keramická femorální komponenta nebyla uvolněna ani poškozena. Podle našeho názoru nemá toto selhání příčinnou souvislost s použitím keramiky.

Složitější je situace u dalších dvou pacientů. V obou případech se jednalo o pohybově náročné a aktivní jedince, s výrazným podílem fyzické práce v denních činnostech. Oba měli náhradu obou kolenních kloubů. Tím však veškerá podobnost končí.

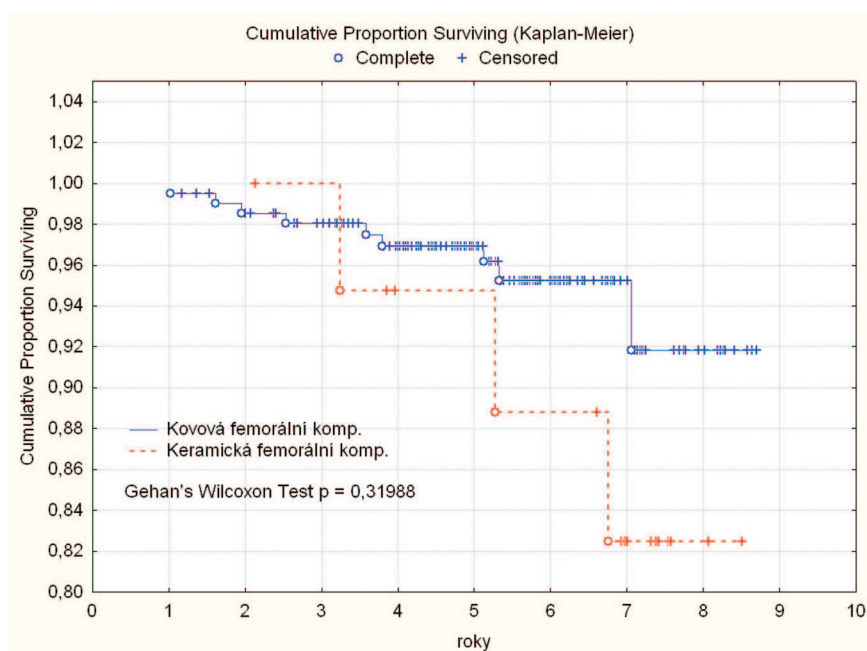
První selhání si vyžádalo revizi 5,1 roku po primární implantaci obou kolenních kloubů současně, u muže s revmatoidní artritidou ve věku 38 let. Vlevo byla použita keramická, vpravo chromkobaltová komponenta WM. Oba kolenní klouby byly v optimálním osovém postavení a stabilní, s dobrým vyvážením ve flexi i extenzi. Přesto se vlevo objevila po 5 letech výrazná

otěrová reakce, s těžkou synovialitidou a progredující osteolýzou pod oběma komponentami. Mitigovalý infekt byl stejně jako v prvním případě vyloučen. Při revizi byla nalezena těžká otěrová reakce s granulacemi obsahujícími velké množství PE částic. PE vložka byla makroskopicky opotřebena relativně málo a zcela symetricky. Byla provedena náhrada revizním implantátem WM s dřívky. Defekty, vzhledem k silné revmatické osteoporóze, byly vyplněny kovovými augmentacemi. V současnosti, více než 2,5 roku od reimplantace je kloub plně funkční. Vpravo zůstává stejný typ náhrady WM s chromkobaltovou komponentou téměř 8 let od primární implantace bez známek otěrové reakce. I když nejde objektivně zcela vyloučit nepřesnosti při vyvážení kloubu s keramickou komponentou a tím i jeho rychlejšího opotřebení, zůstává příčina jeho selhání nejasná.

Ve druhém případě se jednalo o 64letou ženu pracující v zemědělství s osteoartrózou obou kolen, kde byla v odstupu 8 měsíců provedena bilaterální náhrada WM s použitím keramických femorálních komponent. Zhruba po 6 letech se na pravém, o něco později implantovaném kolenním objevila chronická synovialitida a brzy i známky osteolýzy v okolí implantátu. Infekt byl všemi dostupnými prostředky vyloučen. Po 6,8 roku od primární implantace byla provedena revize, při které byla nalezena rozsáhlá otěrová reakce a osteolýza s defekty na tibií, které si vyžádaly použití revizního implantátu tibiae a homoštěpů z kostní banky. Komponenty však nebyly zcela uvolněny a bylo nutno je opatrně sejmut rozrušením cementové mezivrstvy. PE vložka jevila známky poměrně výrazného, i když symetrického opotřebení. Histologie odebrané granulační tkáně vykazovala fibroproduktivní až hyalinizující synovialitidu s přítomností obrovskobuněčné reakce typu reakce z cizích těles, ojedinele sekrece fibrinu a drobné kalcifikace. V současnosti necelé 2 roky po revizi je náhrada plně funkční a pacientka je s výsledkem spokojena. Levé koleno se stejnou keramickou náhradou je t.č. téměř 9 let od primární implantace zcela bez známek závažnějšího opotřebení a otěrové reakce. Jediným zjištěným rozdílem mezi oběma implantáty byla delší doba rehabilitace nutná k dosažení funkčního rozsahu pohybu, který nepřesáhl 0–90° u revidovaného pravého kolena, zatímco u dosud fungujícího levého keramického implantátu byla rehabilitace kratší a dosažený rozsah pohybu byl 0–105. Mohlo by to svědčit pro těsnější vyvážení implantátu zejména ve flexi, které mohlo být příčinou rychlejšího opotřebení pravé náhrady (5).

PE komponenta a vzorky granulační tkáně jsou zpracovávány v Ústavu makromolekulární chemie AV, kde se vyhodnocuje mimo jiné tvar, velikost a počet otěrových částic PE na objemovou jednotku vzorku (12). Porovnání výsledků s obdobně zpracovanými vzorky z kolen s chromkobaltovou komponentou stejného designu by mohlo přinést do celého problému další světlo. Výsledky budou předmětem samostatného sdělení v nejbližší budoucnosti.

Klinické výsledky, které máme již dnes, však ukazují, že výsledky přecházení kolenních náhrad s keramickou femorální komponentou nejsou proti očekávání zatím



Graf 2. Porovnání křivek přežití souborů s keramickou a CrCo femorální komponentou WM

nijak přesvědčivé. Z rozboru uvedených případů je zřejmé, že zlepšení tribologických vlastností náhrady in vitro při použití keramické komponenty není schopno samo o sobě kompenzovat nedostatky při vyvážení kloubu ve flexi a extenzi zejména u aktivních nemocných.

Při srovnání sledovaného souboru a podobných souborů s chromkobaltovými implantáty, jež jsme my a další autoři obdobnou metodikou hodnocení zpracovali v posledních letech (1, 11, 13), vykazují keramické náhrady „jen“ víceméně podobné výsledky přežití náhrady v čase. Podobně dopadlo i srovnání našeho zatím nepublikovaného souboru 206 chromkobaltových náhrad WM operovaných v letech 1999–2002 (graf 2). I když křivka keramických náhrad vypadá na první pohled výrazně horší, nejsou rozdíly statisticky významné ($p=0,31988$). Opticky horší výsledek souboru keramických náhrad může být způsoben chybou malých čísel.

ZÁVĚR

Použití zirkonových keramických femorálních komponent nemělo prokazatelný vliv na zlepšení doby přežití náhrad kolena ve střednědobém horizontu sledování. Nežádoucí reakce na materiál ani mechanické selhání keramické komponenty se nevyskytly. Vzhledem k tomu, že výroba komponent kolenního kloubu ze zirkonové keramiky je technologicky i ekonomicky náročná bude nutné jejich skutečný vliv na omezení PE otěru jednoznačně prokázat řadou klinických i biomechanických zkoušek. Femorální komponenty, na rozdíl od tibiálních, lze jen s obtížemi vyrábět z titanu, proto mohou jejich keramické verze najít uplatnění už dnes u nemocných s alergií na základní prvky nebo legovací přísady chromkobaltových slitin. Velkou výzvou pro biomechaniku i technologii zůstává vývoj a bezpečné

použití keramické tibiální vložky nebo dokonce celé tibiální komponenty kolenních náhrad.

Pro definitivní uplatnění keramiky pro náhrady kolena in vivo, tak jak je dnes již poměrně běžné u kyčelních kloubů, bude nutno ještě překonat řadu překážek a dlouhodoběji sledovat rozsáhlejší soubory nemocných.

Literatura

1. BEK, J., VAVŘÍK, P., LANDOR, I.: Hodnocení přežití náhrady kolenního kloubu Walter-Motorlet – dlouhodobé výsledky. Acta Chir. orthop. Traum. čech., 72: 221–227, 2005.
2. DONÁT, A., KONVIČKOVÁ, S.: Biomechanics of the Ceramic Knee Replacement. Med. Biol. Eng. Comput., 37: 314–316, 1999.
3. DANĚK, J., DENK, F., HLAVÁČEK, I., NEDOMA, J., STEHLÍK, J., VAVŘÍK, P.: On the Stress-Strain Analysis of the Knee Replacement. In: Lagana, A.; Gavrilova, M. L.; Kumar, V.; Mun, Y.; Tan, C. J. K.; Gervasi, O. (eds.): Lecture Notes in Computer Science. Vol. 3044: Heidelberg, Springer Verlag 2004, 456–466.
4. DANĚK, J., NEDOMA, J., HLAVÁČEK, I., VAVŘÍK, P., DENK, F.: Numerical modelling of the weight-bearing total knee joint replacement and usage in practice. Math. Comput. Simul. 76: 49–56, 2007.
5. KUČERA, T., URBAN, K., KARPAŠ, K., ŠPONER, P.: Omezení hybnosti kolenního kloubu po implantaci totální endoprotézy. Acta Chir. orthop. Traum. čech., 74: 326–331, 2007.
6. NAKAMURA, T., OONISHI, E., YASUDA, T., NAKAGAWA, Y.: A new knee prosthesis with bisurface femoral component made of zirconia ceramic (report 2). Key Eng. Mat., 254–256: 607–610, 2004.

7. NEDOMA, J., HLAVÁČEK, I., DANĚK, J., VAVŘÍK, P., STEHLÍK, J., DENK, F.: Some recent Results On a Domain Decomposition Method in Biomechanics of Human Joints. In: Kumar, V., Gavrilova, M. L., Tan, C. J. K (eds.): 3 Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2667: Heidelberg, Springer Verlag 2003, 587–600.
8. OKA, M., KUMAR, P., IKEUCHI, T. et al.: Low wear rate of UWHMPE against zirconia ceramic. *Bioceramics*, 5: 373–379, 1992.
9. OONOSHI, H., MURATA, N., SAITO, M., et al.: 3 to 18 Year Clinical Results of Total Knee Replacement with Ceramic Components. *Key Eng. Mat.* 192–195: 999–1002, 2001.
10. PAYTEN, M.W., BEN-NISSAN, B.: Development of a modular ceramic knee prosthesis. In: Wise, D. L., Trantolo, D. J., Lewandowski, K. U., Gresser, J. D., Cattaneo, M. V., Yaszemski, M. J. (eds): *Biomaterials Engineering and Devices. Human applications*. New Jersey, Humana Press 2000, 309–336
11. POKORNÝ, D., JAHODA, D., TOMAIDES, J., VAVŘÍK, P., LANDOR, I., SOSNA, A.: Sedmileté klinické výsledky systému totální náhrady kolenního kloubu SVL / Beznoska. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 72: 277–281, 2005.
12. POKORNÝ, D., SLOUF, M., SOSNA, A., ENTLICHER, G., VAVŘÍK, P., LANDOR, I., JAHODA, D.: New methods of UHMWPE wear particles evaluation in granuloma around THR 8th EFORT Congress, Florence 2007.
13. RYBKA, V., VAVŘÍK, P., LANDOR, I.: Assessment of the Walter-Motorlet cemented condylar knee replacement – 100 cases. *J. Orthop. Rheumatology*, 4: 71–81, 1991.
14. ROZKYDAL, Z., JANÍK, P., JANÍČEK, P., KUNOVSKÝ, R.: Revizní náhrada kolena po aseptickém uvolnění. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 74: 5–13, 2007.
15. SIDA, D., BLAISE, L., SIDA, V., VAVŘÍK, P.: Zirconia ceramic femoral components. *Key Eng. Mat.*, 218: 581–584, 2002.
16. ŠÍDA, V.: Zpráva o průběhu a výsledcích řešení projektu: „Kondylární náhrada kolenního kloubu s aplikací keramiky.“ č. PP-Z1/29/98. DIAS a. s., Turnov, 1998.
17. SOSNA, A., RADONSKÝ, T., POKORNÝ, D., VEIGL, D., HORÁK, Z., JAHODA, D.: Polyetylenová choroba. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 70:6–16, 2003.
18. SPECTOR, M., RIES, M. D., Bourne, R. B., SAUER, S. W., LONG, M., HUNTER, G.: Wear performance of ultra-high molecular weight polyethylen on oxidized zirconium total knee femoral components. *J. Bone Jt Surg.*, 83-A: 80–86, 2001.
19. UENO, M., APGAR, M., SARIN, V.: Mechanical stress analysis and burst testing of a zirconia femoral component for total knee arthroplasty. *Key Eng. Mat.*, 218 – 220: 573 – 576, 2002.
20. VAVŘÍK, P., LANDOR, I.: Revision TKA in the cases with severe polyethylene wear. *Sborník přednášek: X. Národní kongres ČSOT s mezinárodní účastí*, 18. 5. 2006, Praha.
21. VAVŘÍK, P., POPELKA, S., VÍRAVA, J.: Ojedinělý případ oboustranného výskytu rozsáhlého polyetylenového granulomu po náhradě kolena. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 68: 320–323, 2001.
22. VAVŘÍK, P., VEIGL, D.: Uvolnění a periprotetická osteolýza kloubních náhrad. *Čes. Revmatol.*, 10: 157–164, 2002.
23. VEIGL, D., NIEDERLOVÁ, J., KRYŠTŮFKOVÁ, O.: Periprotetic osteolysis and its association with the molecule RANKL expression. *Physiol. Res.*, 56: 455–62, 2007.
24. WALKER, P.: Questions & Answers: Wear in Knees. *Tribology in Orthopaedics*, 3: 10–11, 2008

Doc. MUDr Pavel Vavřík, CSc.,
I. ortopedická klinika 1. LF UK a FN Motol,
V úvalu 83,
150 00 Praha 5
E-mail: pvavrik@atlas.cz

Práce byla přijata 12. 8. 2008.