

Samo Roškar¹, Blaž Mavčič²

Kohortna analiza preživetja I. in II. generacije brezcementnih kolčnih endoprotez tipa Zweymüller s spremljanjem do 30 let

Cohort Survival Analysis of the I. and II. Generation of Cementless Total Hip Zweymüller Type Endoprostheses with up to 30 Year Follow-up

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: kolčni sklep, osteoartriza kolka, brezcementna totalna endoproteza kolka, totalna kolčna endoproteza tipa Zweymüller, preživetje kolčne endoproteze

IZHODIŠČA. Totalna endoproteza kolka velja za enega najpogostejših elektivnih posegov v ortopedski kirurgiji. Napredovala osteoartriza predstavlja najpogostejšo indikacijo za vstavitve totalne endoproteze. V svetu je bila v zadnjih 40 letih najpogosteje uporabljena endoproteza tipa Zweymüller. V tem času je doživljala številne izboljšave, v tej raziskavi se osredotočamo na preživetje prvih dveh generacij kolčne endoproteze tipa Zweymüller. **METODE.** Pregledali smo prospektivno zbrane arhivske podatke o bolnikih v operacijskih protokolih, ki so imeli v obdobju od 1. 1. 1984 do 31. 12. 1992 vstavljeno oz. od 1. 1. 1984 do 31. 12. 2017 revidirano kolčno endoprotezo tipa Zweymüller. V kohortno raziskavo smo vključili 136 primarnih posegov in pri teh zabeležili 45 primerov z vsaj enim kasnejšim revizijskim posegom. **REZULTATI.** V celotni kohorti oseb z vstavljeno kolčno endoprotezo tipa Zweymüller smo po 25 letih ugotovili 71-odstotno stopnjo preživetja endoprotez brez revizije. **ZAKLJUČKI.** Preživetje kolčnih endoprotez tipa Zweymüller pri celotni kohorti bolnikov, obravnavanih na Ortopedski kliniki Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana, je primerljivo s preživetjem tega vsadka v tujih objavah, pri čemer je bilo preživetje I. generacije endoproteze tipa Zweymüller do prve revizije slabše od preživetja II. generacije.

ABSTRACT

KEY WORDS: hip joint, hip osteoarthritis, cementless total hip arthroplasty, Zweymüller type total hip endoprosthesis, hip endoprosthesis survival

BACKGROUND. Total hip endoprosthesis is one of the most successful elective surgical procedures in orthopaedic surgery. Total joint replacement is the mainstay treatment of advanced osteoarthritis regardless of its original cause. Zweymüller hip endoprosthesis

¹ Samo Roškar, dr. med., Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Vrazov trg 2, 1000 Ljubljana; samo.roskar@gmail.com

² Izr. prof. dr. Blaž Mavčič, dr. med., Oddelek za endoprotetiko in tumorje, Ortopedska klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 9, 1000 Ljubljana; Katedra za ortopedijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zaloška cesta 9, 1000 Ljubljana

* Objavljen prispevek je bil del naloge, nagrajene s fakultetno Prešernovo nagrado v študijskem letu 2018/2019.

has been the most commonly implanted endoprosthesis for the last 40 years and has undergone several improvements in the meantime. In the presented research, we concentrated on the first two generations of Zweymüller hip endoprostheses. **METHODS.** Our prospectively collected data from the hospital archive of surgical procedures included patients who received primary Zweymüller hip endoprosthesis in the 1. 1. 1984–31. 12. 1992 period or had an endoprosthesis revision surgery in the 1. 1. 1984–31. 12. 2017 period. In the cohort analysis, we included 136 patients out of which 44 had at least one revision surgery. **RESULTS.** In the whole cohort receiving the primary Zweymüller hip endoprosthesis, the 25-year survival of endoprosthesis was 71%. **CONCLUSIONS.** The survival of Zweymüller hip endoprosthesis in the entire cohort of patients from the Orthopaedic Clinic at the University Clinical Centre in Ljubljana is comparable to data from previous reports. The survival rate of the first generation is slightly lower than the survival of the second generation of Zweymüller hip endoprosthesis.

IZHODIŠČA

Kolčni sklep

Kolčni sklep (lat. *articulatio coxae*) je biomehansko kroglast sklep z omejeno gibljivostjo (lat. *enarthrosis spheroides*) (1). V sklepu artikulirata sklepna ponev kolčnice (lat. *acetabulum*) in glava stegenice (lat. *caput femoris*).

Acetabulum je usmerjen navzpred, navzdol in navstran (antero-infero-lateralno). Na rob je pripet vezivnohrustančni labrum (lat. *labrum acetabulare*), ki poveča globino sklepne ponvice iz manj kot polovice na več kot polovico prostornine krogle (2). Na ta način labrum pomembno pripomore k večji stabilnosti kolčnega sklepa. Površino sklepne ponvice prekriva hialini hrustanec v obliki podkve (3, 4). Pri tem pušča vrzel nepokrite kosti na spodnjem delu ponvice, kjer nastalo zarezo premošča prečna acetabularna vez (lat. *ligamentum transversus acetabuli*) (5). V osrednjem in spodnjem delu sklepne ponvice ter na prečno acetabularno vez se pripenja vez, ki poteka navzdol in navzad na glavo stegenice (lat. *ligamentum capitis femoris*). Natančna funkcija te vezi ostaja neznana, sodelovala naj bi pri stabilizaciji sklepa (4).

Glava stegenice je usmerjena navzpred, navzgor in navznoter (antero-kranio-medialno). Predstavlja dve tretjini krogle in

je v celoti prekrita s hialinim hrustancem. Kolčni vrat povezuje glavo z diafizo stegenice in oklepa kot $125^\circ \pm 5^\circ$ (5). Na področju stika vratu z diafizo stegenice se nahajata navzgor in navstran obrnjen veliki trohanter in navzad in navznoter obrnjen mali trohanter (4).

Kolčni sklep obdaja čvrsta vezivna ovojnica. Proksimalno se prirašča na koščeni del acetabuluma, distalno pa ovija celoten kolčni vrat in se spredaj pripenja na sprednjo intertrohanterno linijo ter veliki trohanter, zadaj pa na zadnji intertrohanterni greben (6). Notranja površina vezivne ovojnice je opeta s sinovijsko ovojnico, ki dodatno prekriva še acetabularno foso, labrum in znotrajovjnični del kolčnega vratu (2).

Kolčni sklep dodatno stabilizirajo pasivni (tj. vezi) in aktivni (tj. mišice) stabilizatorji sklepa. Vezi so najbolj napete pri ekstenziji kolka, najbolj ohlapne pa pri kombinaciji fleksije, abdukcije in zunanje rotacije (4). Iliofemoralna vez (lat. *ligamentum iliofemorale*, Bigelowa vez) povezuje spino iliako anterior inferior s sprednjo intertrohanterno linijo in ima vlogo preprečevanja hiperekstenzije kolka. Pubofemoralna vez (lat. *ligamentum pubofemorale*) preprečuje hiperabdukcijo kolka. Ishiofemoralna vez (lat. *ligamentum ischiofemorale*) pa stabilizira sklep pri ekstenziji (4, 5).

Kolčni sklep zaradi anatomske skladnosti sklepnih površin omogoča dobro stabilnost in hkrati gibljivost z neštetimi osmi. Aktivna fleksija kolka znaša 120°, pasivna pa 140° pri pokrčenem kolenu. Aktivna ekstenzija znaša 20° in pasivna 30°. Abdukcija znaša vsaj 50°, addukcija 30°, notranja rotacija 70°, zunanja pa 90° (4).

Totalna endoproteza kolka

Totalna endoproteza (TEP) kolka je eden najpogostejših načrtovanih kirurških posegov v razvitem svetu (13). Letno se v svetu opravi več kot 1.000.000 primarnih posegov, vzrok za več kot 90 % posegov predstavlja napredovala osteoartraza (14). Sodobne TEP imajo stopnjo desetletnega preživetja višjo od 90 % (15, 16). Pri primarni TEP se opravi menjava acetabulum kot tudi stegneničnega dela kolčnega sklepa. Med posegom se v stegnenico vstavi kovinsko deblo, na katero se pritrdi kovinska ali keramična glavica. Na acetabularnem delu sklepa pa se vgradi ponvica iz umetne mase, ki je lahko kovinska s polietilenskim ali keramičnim vložkom ali v celoti iz polietilena pri tehnikah cementiranja ponvice (13).

Glede na način učvrstitve v kost ločimo brezcementne in cementne TEP. Cementne TEP so veljale za starejši sistem, ki je bil v prvih generacijah tovrstnih vsadkov povezan z omejeno stabilnostjo in krajšim trajanjem zaradi procesa staranja TEP, toplotnih učinkov pri polimerizaciji cementa in strupenih učinkov nepolimeriziranih monomerov (17, 18). Na osnovi tega so se kasneje začele razvijati brezcementne TEP, ki naj bi zagotovile stabilnost, biokompatibilnost in primerne biomehanske značilnosti (19, 20). Primarno stabilnost brezcementnih TEP omogoča priprava primerno oblikovanega ležišča za ponvico in deblo (angl. *press-fit*), sekundarno stabilnost pa biološki proces vraščanja kostnine v vsadek (21, 22).

Pri brezcementnih TEP se večinoma še dandanes uporablja kovinska acetabularna ponvica s polietilenskim vložkom (23). Ne-

gativna stran polietilena je povezana s postopno obrabo vložka med premikanjem sklepa, ki privede do nastanka številnih polietilenskih delcev, manjših od 1 µm, ki aktivirajo tkivne makrofage in osteoklaste (24, 25). Aktivirane vnetnice v odziv na polietilenske delce sprožijo vnetni odziv, ki privede do aseptičnega omajanja endoproteze (23, 26, 27).

Med brezcementnimi TEP kolka je v Evropi najpogostejše uporabljena totalna kolčna endoproteza tipa Zweymüller (TEP tipa ZM) (28). Novejše raziskave kažejo tudi, da je izid TEP boljši pri hitrejši odločitvi za poseg kot pri dolgotrajnejšem odlašanju s posegom po odpovedi konservativnih nefarmakoloških in farmakoloških pristopov (14, 29, 30).

Kolčna endoproteza tipa Zweymüller

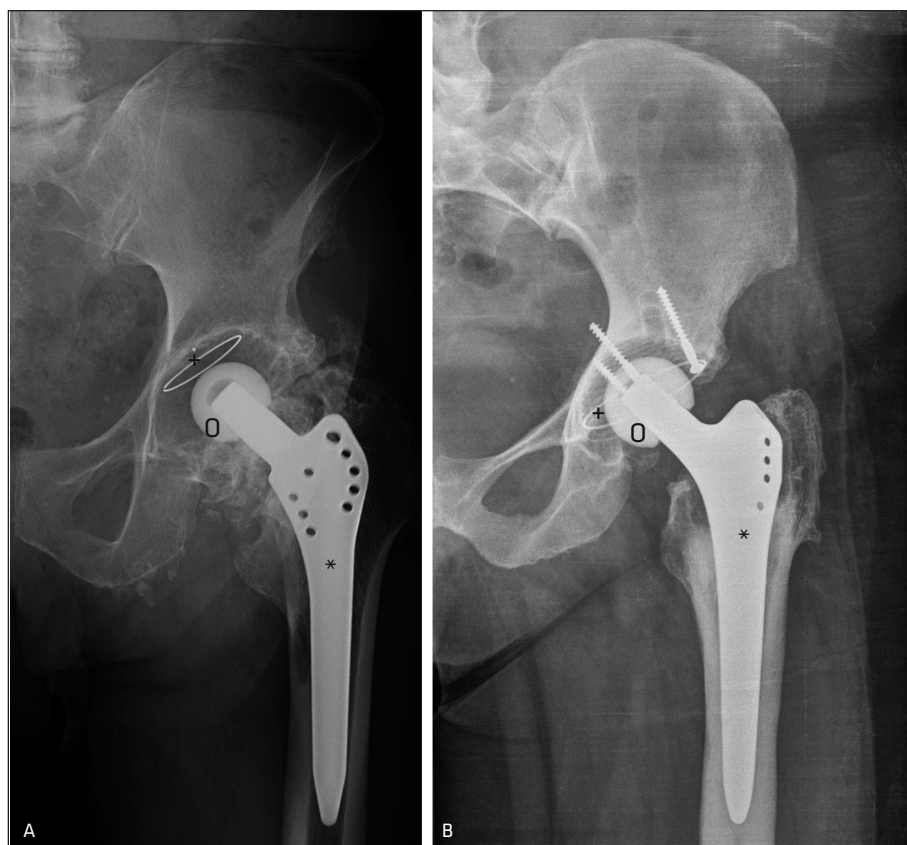
Leta 1972 so na podlagi raziskav na področju brezcementnih endoprotez iz biokompatibilnega materiala prof. dr. Karl Zweymüller (rojen 1941, še vedno dejaven na raziskovalnem področju endoprotetike) in sodelavci na Ortopedski kliniki Univerze na Dunaju začeli z razvojem sistema brezcementne TEP tipa ZM (23). V tem času je bil v proizvodnjo endoprotez vpeljan keramični material (Al₂O₃), a se je z raziskavami, opravljenimi na psih, kmalu izkazalo, da okoli keramičnega vsadka nastane vezivna plast, ki onemogoči osteointegracijo (31). Za razliko od keramike se je kot primeren material za osteointegracijo izkazal titan. Na elektronskomikroskopski ravni so odkrili, da pride do neposrednega stika osteocitov s titanovim vsadkom, torej do vraščanja kosti v vsadek (32).

Skupina prof. dr. Zweymüllerja je pri razvoju svojega sistema brezcementne kolčne TEP uporabila zlitino titana, aluminija in vanadija (Ti-6Al-4V) (33). Konec leta 1979 je bila predstavljena I. generacija debela TEP tipa ZM (t. i. *Hochgezogen*, kar v nemščini pomeni »navzgor potegnen«)

(slika 1) (28). Deblo je bilo na voljo v štirih različnih velikostih s povprečno površinsko hrapavostjo 1 μm , zasnovano na principu distalne učvrstitve brez popolne zapolnitve stegneničnega kanala, kar je omogočalo ohranitev endostalne preskrbe kosti s krvjo (23, 34, 35). Prvotni vsadek je imel klina-sto obliko s pravokotnim presekom, proksimalno tanjšim narezljanim delom ter ovratnikom. Namen proksimalno tanjšega dela vsadka naj bi bil predvsem preprečevanje razpoka kosti med vstavljanjem vsadka, vloga pravokotnega preseka pa izboljšana rotacijska stabilnost. vzdolžna jarka naj bi omogočala povečanje površine stika med vsadkom in kostjo (23, 35). Leta 1983 je prišlo pri I. generaciji debla TEP tipa ZM do mi-

nimalnih sprememb in število razpoložljivih velikosti vsadka se je povečalo na sedem. Opustili so ovratnik, ki je izhajal iz zasnove cementnih endoprotez, saj je postal pri brezcementnih sistemih nepotreben in je onemogočal zadostno distalno učvrstitev (28).

V letu 1985 je bila predstavljena II. generacija debla TEP tipa ZM (Aloclassic-SL) (slika 1) (28, 35). Glavna sprememba glede na I. generacijo je bila v materialu, saj je strupen vanadij zamenjal nestrupen niobij (6Ti-7Al-Nb) (35). Po vstavitvi TEP tipa ZM je še vedno prihajalo do neželene razlike v dolžini obeh spodnjih udov, zato so število velikosti povečali na osem standardnih in šest za posebne primere. Povprečna po-



Slika 1. RTG posnetek I. (A) in II. (B) generacije kolčne endoproteze tipa Zweymüller. * – deblo, + – ponvica, O – glavica.

vršinska hrapavost se je povečala na 3–5 µm z namenom izboljšanja osteointegracije (23, 28). Leto kasneje se je število razpoložljivih standardnih velikosti povečalo na 14, s posebnimi oblikami za azijski trg in za potrebe revizijskih operacij (28). Raziskave so pokazale, da je II. generacija omogočala enakomernejši stik vsadka s kostjo po celotni dolžini in s tem enakomernejšo razporeditev obremenitev (36).

Pred letom 1985 se je v kombinaciji z deblom TEP tipa ZM uporabljala Endlerjeva polietilenska sklepna ponvica, ki je vodila v osteolizo in s tem do visoke stopnje revizijskih posegov (37). Leta 1985 so razvili stožčasto navojno ponvico iz titanove zlitine v kombinaciji z visokomolekularnim polietilenskim vložkom (38, 39). Zunanja kovinska plast ponvice je omogočala neposreden stik polietilena s kostjo in s tem povezano resorpcijo kostnine na mestih stika (23, 33, 38).

V kombinaciji kovinskega stegnjeničnega debela in ponvice iz titanove zlitine s polietilenskim vložkom se je keramika izkazala kot najprimernejši material za stegnjenično glavico (23).

METODE

Izbor preiskovancev

Raziskava s kohortno analizo preživetja TEP tipa ZM je potekala na Ortopedski kliniki Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana (UKC Ljubljana) in je zajela celotno kohorto bolnikov, ki so imeli v obdobju od 1. 1. 1984 do 31. 12. 1992 vstavljeno oz. od 1. 1. 1984 do 31. 12. 2017 revidirano TEP tipa ZM. V raziskavi smo uporabili prospektivno zbrane arhivske podatke o bolnikih v operacijskih protokolih, ki so vsebovali ime in priimek bolnika, datum rojstva, datum vstavitve primarne TEP tipa ZM, datum revizijskega posega, vzrok revizije, stran operacije in ime operaterja. Podatke iz operacijskih protokolov opazovanega obdobja (tj. od 1. 1. 1984 do 31. 12. 2017) smo zbrali v tabelo primarnih TEP tipa ZM ter

morebitnih kasnejših revizijskih posegov na istem kolku. Razpoložljive zapise o morebitnih revizijskih posegih TEP tipa ZM iz analizirane kohorte v drugih bolnišnicah smo pridobili iz Registra endoprotetike Slovenije (40). Po končanem zbiranju podatkov smo lahko v raziskavo vključili 136 primarnih posegov vstavljene TEP tipa ZM in pri teh zabeležili 45 primerov z vsaj enim revizijskim posegom.

Opredelitev izida

V naši raziskavi smo končni klinični izid po vstavitvi TEP tipa ZM opredelili na štiri možne načine:

- bolnik je kasneje potreboval revizijsko operacijo;
- bolnik kasneje ni potreboval revizijske operacije in je umrl;
- bolnik doslej ni potreboval revizijske operacije in je še živ ali
- podatki o kliničnem spremljanju bolnika po vstavitvi niso bili na razpolago.

Čas od primarnega posega TEP tipa ZM do končnega izida smo opredelili kot čas preživetja (pri revidiranih TEP tipa ZM) ali čas spremljanja (pri bolnikih, ki so umrli ali so še živi brez revizijske operacije).

Vzroke za revizijske posege smo razvrstili v deset kategorij: aseptično omajanje ponvice, aseptično omajanje debela, aseptično omajanje obeh komponent, okužba, hematoma, periprotetični zlom, zlom vsadka ali obraba vstavljene kovine/polietilena, izpah, vzrok v mehkih tkivih ter neznan vzrok. Pri bolnikih z vstavljenimi komponentami TEP kolka različnih proizvajalcev smo revizije razdelili v dve podkategoriji glede na to, ali je bil vzrok revizije povezan s komponento ZM ali s komponento drugega proizvajalca.

Podatke o umrlih bolnikih z evidentiranim datumom smrti, še živečih bolnikih z aktivnim zdravstvenim zavarovanjem ter bolnikih, ki niso več v evidenci zavarovanja Zavoda za zdravstveno zavarovanje Slovenije

(ZZZS), smo pridobili iz sistema BIRPIS na dan 30. 6. 2018.

REZULTATI

V obdobju od 1. 1. 1984 do 31. 12. 1992 je bilo na Ortopedski kliniki UKC Ljubljana vstavljenih 136 primarnih TEP tipa ZM (tabela 1). V raziskavo je bilo vključenih 43 moških in 93 žensk. Povprečna starost bolnikov v času primarnega posega je znašala $48,1 \pm 10,8$ let (razpon 18,5–78,2 let). Povprečen čas spremljanja oseb od vstavitve do prve revizije je znašal $12,9 \pm 8,9$ let (razpon 1,0–33,6 let). Skupno število revizij je znašalo 2,56/100 komponent-let. Delež revizij se je občutno povečeval prvih 15 let spremljanja (slika 2). Kaplan-Meierjevi krivulji preživetja za I. in II. generacijo TEP tipa ZM prikazujeta povprečno preživetje I. generacije, ocenjeno na 20,9 let (95-od-

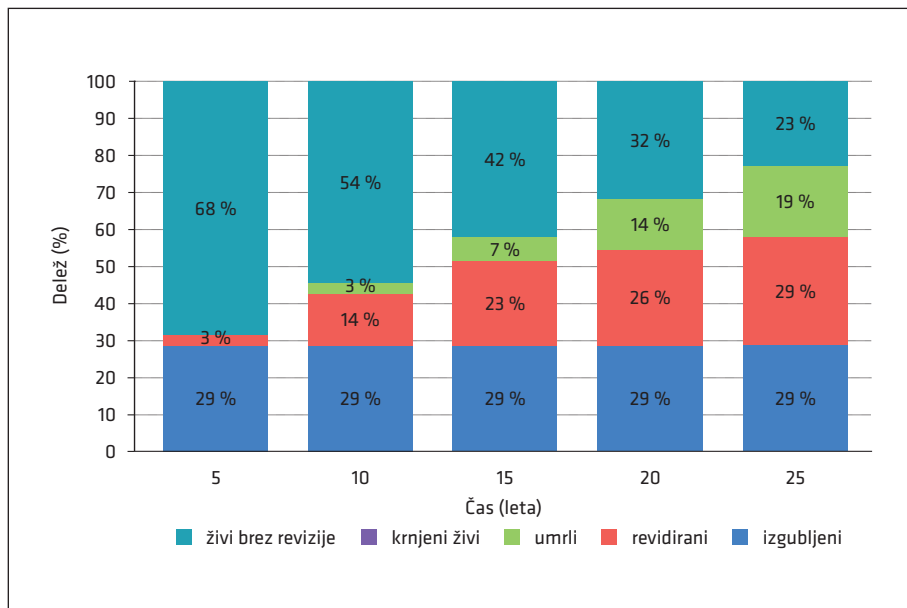
stotni interval zaupanja 17,6–24,2), povprečno preživetje II. generacije pa na 22,9 let (95-odstotni interval zaupanja 20,3–25,5). Mantel-Coxov test ni pokazal statistično značilnih razlik v preživetju med obema generacijama (p -vrednost = 0,12) (slika 3). Odstranitev fiksnihi komponent je bila potrebna v 0,97 %.

RAZPRAVA

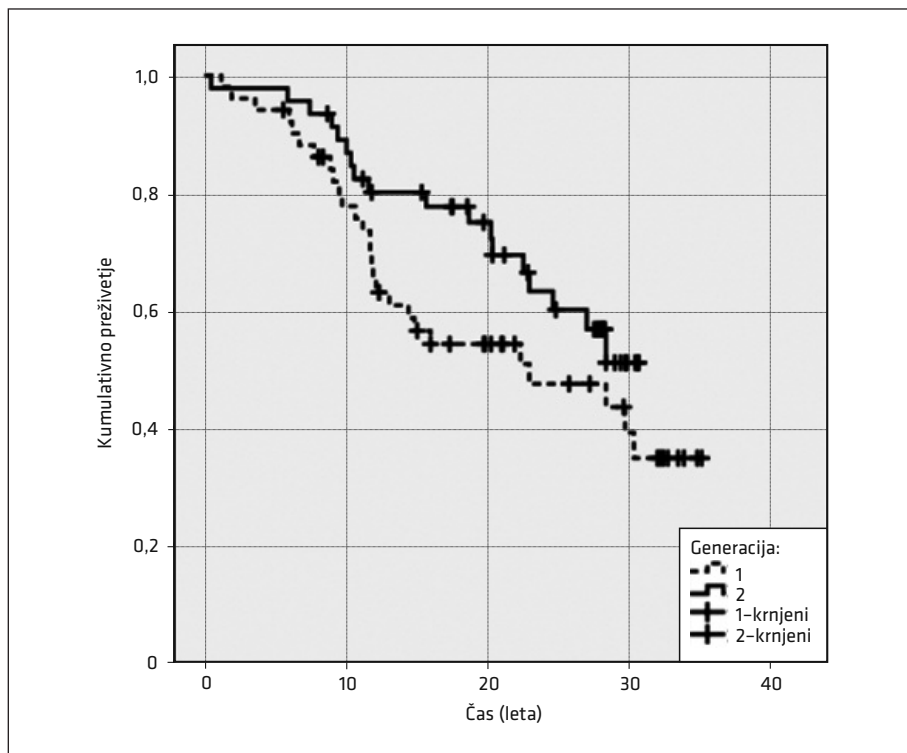
TEP tipa ZM velja za najpogostejše vstavljeno TEP kolka v Evropi in med najpogostejše vstavljenimi TEP kolka po vsem svetu (28, 35). Revizijski posegi so v splošnem pogostejši zaradi težav, ki so bolj povezane s ponvico kot z deblom TEP (41). Naši rezultati potrjujejo, da je najpogostejši razlog odpovedi TEP tipa ZM aseptično omajanje ponvice, ki po podatkih ameriške Agencije za hrano in zdravila predstavlja več kot

Tabela 1. Rezultati podskupine bolnikov z vstavljenjo I. in II. generacijo endoproteze tipa Zweymüller v obdobju od 1. 1. 1984 do 31. 12. 1992 na Ortopedski kliniki Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana. TEP – totalna endoproteza, TEP tipa ZM – totalna endoproteza tipa Zweymüller.

I. in II. generacije TEP tipa ZM (čas opazovanja: do prve revizije, do smrti ali do 30. 6. 2018)	Število primerov	Delež
Število vseh vstavljenih endoprotez	136	
samo ponvica	7	
samo debl	75	
obe komponenti	54	
Še živeči bolniki s TEP brez revizije	21	(15 %)
Umrli bolniki s TEP brez revizije	31	(23 %)
Bolniki s TEP z vsaj eno revizijo	45	(33 %)
aseptično omajanje ponvice	14	
• debla	4	
• obeh komponent	10	
dokazana bakterijska okužba	1	
hematom brez dokazane okužbe	0	
periprotetični zlom	0	
obraba komponent ali mehanski zaplet	2	
revizija komponente drugega proizvajalca	12	
Izpahi	0	
• vzroki v mehkih tkivih	0	
• neznan vzrok	2	
Število (delež) bolnikov brez podatkov o spremljanju	39	(28 %)



Slika 2. Izid spremljanja I. in II. generacije kolčne endoproteze tipa Zweymüller v času.



Slika 3. Kaplan-Meierjevi krivulji preživetja za I. in II. generacijo kolčne endoproteze tipa Zweymüller.

polovico vseh odpovedi TEP tipa ZM, zabeleženih v letih 1991–2011 (36). Pri tem je bilo v naši kohorti aseptično omajanje ponvice 3,5-krat pogostejše kot omajanje debela, kar se sklada z objavljenimi podatki (41, 42).

Podatki za TEP tipa ZM po desetih letih spremljanja opisujejo 80–100-odstotno preživetje, kar je primerljivo z 86-odstotnim desetletnim preživetjem, ugotovljenim v naši kohorti (23, 43, 44). Cruz-Pardos in sodelavci v svoji nedavno objavljeni raziskavi poročajo o 84,1-odstotnem 20-letnem preživetju TEP tipa ZM, vendar v literaturi ni moč zaslediti podatka o preživetju TEP tipa ZM po 25 letih spremljanja (42). V naši raziskavi smo ugotovili 74-odstotno preživetje po 20 letih in 71-odstotno po 25 letih spremljanja. Skupno število revizij je v naši kohorti znašalo 2,56 revizij na 100 komponent-let, kar presega zgornjo dopustno mejo, opredeljeno v tuji literaturi (1,26 revizij na 100 komponent-let) (45). Razliko lahko do neke mere pripišemo nižji povprečni starosti oseb, vključenih v kohorto (48,1 let), saj je povprečna starost ob vstavitvi TEP kolka 70 let (23, 43, 44).

Raziskave preživetja ponvice kažejo pomembno podaljšanje preživetja endoproteze z vsako novo generacijo, medtem ko so razlike v preživetju vsake nove generacije debela zgolj minimalne (23, 43, 44). Na našem vzorcu smo s Kaplan-Meierjevo analizo ocenili, da je povprečno preživetje I. generacije nekoliko manjše kot pri II. generaciji TEP tipa ZM, vendar razlika v preživetju med obema generacijama na našem relativno maloštevilnem vzorcu ni statistično značilna.

Pomembna omejitev naše raziskave je relativno velik delež bolnikov brez podatkov o kliničnem spremljanju po vstavitvi TEP tipa ZM. Ta odstotek v večini primerov lahko pripišemo dejstvu, da so se do leta 1991 na Ortopedski kliniki UKC Ljubljana zdravili bolniki iz vseh republik nekdanje Jugoslavije, mnogi od teh pa po letu 1991 niso bili več zdravstveno zavarovani v Republiki Sloveniji, zato podatki o njihovem zdravstvenem stanju ali morebitni smrti niso bili dostopni. Morda bi bil lahko manjši delež bolnikov izgubljen iz sledenja zaradi kasnejšega zdravljenja nekaterih bolnikov v drugih ortopedskih bolnišnicah po Sloveniji ali v tujini, saj zaenkrat še ni na razpolago enotnega evropskega registra kolčnih endoprotez. Da bi zmanjšali ta moteči dejavnik, smo ob sodelovanju z novonastalim Registrom endoprotektike Slovenije pridobili podatke o tistih TEP tipa ZM z Ortopedske klinike UKC Ljubljana, ki so bile kasneje revidirane v Ortopedski bolnišnici Valldora (40).

ZAKLJUČKI

Preživetje TEP tipa ZM, vstavljenih na Ortopedski kliniki UKC Ljubljana, je po 10–25 letih spremljanja primerljivo s preživetjem v tujih registrih in predhodno objavljenih podatkih. Skupno preživetje I. in II. generacije TEP tipa ZM na Ortopedski kliniki UKC Ljubljana je znašalo 74 % po 20 letih in 71 % po 25 letih spremljanja. Najpogostejši razlog revizije je bilo aseptično omajanje ponvice. Na podlagi statistične analize krivulj preživetja ne moremo reči, da se preživetje I. generacije TEP tipa ZM do prve revizije razlikuje od preživetja II. generacije.

LITERATURA

1. Vengust R, Srakar F. Biomehanika kolčnega sklepa. Med Razgl. 1997; 36 (1): 73–86.
2. Robbins CE. Anatomy and biomechanics. In: Fagerson TL, ed. The hip handbook. Boston (MA): Butterworth-Heinemann; 1998. p. 1–37.
3. Maciorowski T, Tepic S, Mann RW. Cartilage stresses in the human hip joint. J Biomech Eng. 1994; 116 (1): 10–8.
4. Hughes PE, Hsu J, Matava MJ. Hip anatomy and biomechanics in the athlete. Sports Med Arthrosc Rev. 2002; 10 (2): 103–14.
5. Byrne DP, Mulhall KJ, Baker JF. Anatomy & biomechanics of the hip. Open Sports Med J. 2010; 4: 51–7.
6. Seldes RM, Tan V, Hunt J, et al. Anatomy, histologic features, and vascularity of the adult acetabular labrum. Clin Orthop Relat Res. 2001; 382: 232–40.
7. Aresti N, Kassam J, Nicholas N, et al. Hip osteoarthritis. BMJ. 2016; 354: i3405.
8. Murphy LB, Helmick CG, Schwartz TA, et al. One in four people may develop symptomatic hip osteoarthritis in his or her lifetime. Osteoarthritis Cartilage. 2010; 18 (11): 1372–9.
9. Culliford DJ, Maskell J, Kiran A, et al. The lifetime risk of total hip and knee arthroplasty: Results from the UK general practice research database. Osteoarthritis Cartilage. 2012; 20 (6): 519–24.
10. Altman R, Alarcon G, Appelrouth D, et al. The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip. Arthritis Rheum. 1991; 34 (5): 505–14.
11. Buckwalter JA, Saltzman C, Brown T. The impact of osteoarthritis: Implications for research. Clin Orthop Relat Res. 2004; (427 Suppl): S6–15.
12. Hoaglund FT, Steinbach LS. Primary osteoarthritis of the hip: Etiology and epidemiology. J Am Acad Orthop Surg. 2001; 9 (5): 320–7.
13. Marques EMR, Humphriss R, Welton NJ, et al. The choice between hip prosthetic surfaces in total hip replacement: A protocol for a systemic review and network meta-analysis. Syst Rev. 2016; 5: 19.
14. Pivec R, Johnson AJ, Mears SC, et al. Hip arthroplasty. Lancet. 2012; 380 (9855): 1768–77.
15. Morshed S, Bozic KJ, Ries MD, et al. Comparison of cemented and uncemented fixation in total hip replacement: A meta-analysis. Acta Orthop. 2007; 78 (3): 315–26.
16. Garellick G, Kärrholm J, Lindahl H, et al. Swedish Hip Arthroplasty Register annual report 2013. Annual reports of the Swedish Hip Arthroplasty Register. Gothenburg, Sweden: Svenska Höftprotesregistret / Swedish Hip Arthroplasty Register, 2014.
17. Weller S, Braun A, Gellrich JC, et al. Importance of prosthesis design and surface structure for the primary stability and secondary stability of uncemented hip joint prostheses. In: Learmonth ID, ed. Interferences in total hip arthroplasty. London, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1999. p. 81–101.
18. Willert HG, Buchhorn GH, Gobel D, et al. Wear behavior and histopathology of classic cemented metal on metal hip endoprostheses. Clin Orthop Relat Res. 1996; (329 Suppl): S160–86.
19. Malchau H, Wang YX, Kärrholm J, et al. Scandinavian multicenter porous coated anatomic total hip arthroplasty study: Clinical and radiographic results with the 7- to 10-year follow-up. J Arthroplasty. 1997; 12 (2): 133–48.
20. Mont MA, Hungerford DS. Proximally coated ingrowth prosthesis: A review. Clin Orthop. 1997; 344: 139–49.
21. Engh CA, Griffin WI, Marx CI. Cementless acetabular components. J Bone Joint Surg Br. 1990; 72 (1): 53–9.
22. Hofmann AA, Feign ME, Klauser W, et al. Cementless primary total hip arthroplasty with a tapered, proximally porous-coated titanium prosthesis: A 4- to 8-year retrospective review. J Arthroplasty. 2000; 15: 833–9.
23. Vervest AMJS. Zweymüller cementless total hip arthroplasty with two designs of titanium rectangular stem and titanium threaded cup [doktorsko delo]. Amsterdam: University of Maastricht; 2005.
24. Endler M. Grundlagen und erste fünf-jahresergebnisse mit der polyäthylen-schraubpfanne. In: Zweymüller K, ed. Das zementfrei hüftendoprothesen system Zweymüller-Endler. Wien: Facultas; 1986. p. 110–22.
25. Doorn PF. Wear and biological aspects of metal on metal total hip replacements [doktorsko delo]. Nijmegen: University Medical Center Nijmegen; 2000.
26. Harris WH. The osteolysis phenomena in total hip and total knee replacement surgery. In: Rieker C, Oberholzer S, Wyss U, eds. World tribology forum in arthroplasty. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Hans Huber; 2001. p. 17–23.
27. Jacobs JJ, Roebuck KA, Archibeck M, et al. Osteolysis: Basic science. Clin Orthop Relat Res. 2001; 393: 71–7.
28. Zimmer Biomet. Aloclassic Zweymüller stem. Warsaw (IN): Zimmer. 2005.

29. Kurtz S, Ong K, Lau E, et al. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89 (4): 780–5.
30. Vergara I, Bilbao A, Gonzalez N, et al. Factors and consequences of waiting times for total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2011; 469 (5): 1413–20.
31. Salzer M, Zweymüller K, Locket H, et al. Further experimental and clinical experience with aluminium oxide endoprosthesis. *J Biomed Mater Res.* 1976; 10: 847–56.
32. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HI, et al. Osseointegrated titanium implants: Requirements for ensuring long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand.* 1981; 52 (2): 155–70.
33. Zweymüller K, Semlitsch M. Concept and material properties of a cementless hip prosthesis system with Al_2O_3 ceramic ball heads and wrought Ti-6Al-4V stem. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1982; 100 (4): 229–36.
34. Zweymüller K, Litner F, Böhm G. The development of the cementless hip endoprosthesis: 1979–1994. In: Morscher EW, ed. *Endoprosthetics.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1995. p. 309–25.
35. Wright C, Lambert D, Brazil D, et al. Clinical review of the Zweymüller femoral stem. *Joint Implant Surgery & Research Foundation.* 2011; 1 (1): 41–52.
36. Böhm P, Bischel O. The use of tapered stems for femoral revision surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 2004; 420: 148–59.
37. Zweymüller K, Samek V. Radiologische Erkenntnisse der titanium pfanne. In: Zweymüller K, ed. *10-jahre Zweymüller hüftendoprothese: II wiener symposium.* Bern, Stuttgart, Toronto: Verlag-Hans Huber; 1990. p. 35–46.
38. Endler M, Plenck J, Grundschober G, et al. Results of experimental testing of screw-in polyethylene acetabulum in sheep. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1983; 121 (1): 64–73.
39. Semlitsch M. Stand der werkstofftechnik des Zweymüller hüftprothesen systems nach 10 jahren klinischen praxis. In: Zweymüller K, ed. *10-jahre Zweymüller hüftendoprothese: II wiener symposium.* Bern, Stuttgart, Toronto: Verlag-Hans Huber; 1990. p. 35–46.
40. Ortopedska bolnišnica Valdoltra: Register endoprotetike Slovenije [internet]. Ankaran: Ortopedska bolnišnica Valdoltra; c2014 [citirano 2018 Aug 18]. Dosegljivo na: <https://www.ob-valdoltra.si/sl/raziskovalna-dejavnost/register-endoprotetike-slovenije>
41. Reigstad O, Siewers P, Røkkum M, et al. Excellent long-term survival of an uncemented press-fit stem and screw cup in young patients: Follow-up of 75 hips for 15–18 years. *Acta Orthop.* 2008; 79 (2): 194–202.
42. Cruz-Pardos A, Garcia-Rey E, Garcia-Cimbrelo E. Total hip arthroplasty with use of the cementless Zweymüller Alloclassic system: A concise follow-up, at a minimum 25 years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am.* 2017; 99 (22): 1927–31.
43. Zweymüller KA, Steindl M, Schwarzinger U. Good stability and minimal osteolysis with biconical threaded cup at 10 years. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; 463: 128–37.
44. Havelin LI, Espehaug B, Vollset SE, et al. Early aseptic loosening of uncemented femoral components in primary total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1995; 77 (1): 11–7.
45. Labek G, Thaler M, Janda W, et al. Revisions rates after total joint replacement: Cumulative results from worldwide joint register datasets. *J Bone Joint Surg Br.* 2011; 93 (3): 293–7.