

Przebudowa tkanki kostnej wokół dystalnej części trzpienia Zweymüllera

Remodeling of bone tissue around the distal part of Zweymüller stem

Paweł Kokoszka^(A,B,C,D,E,F), Jacek Markuszewski^(A,B,D,E), Łukasz Łapaj^(D,E,F),
Małgorzata Wierusz-Kozłowska^(A,D,E,G)

Klinika Ortopedii Ogólnej, Onkologicznej i Traumatologii, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, Polska
Department of General Orthopedics, Musculoskeletal Oncology and Trauma Surgery, Poznań University of Medical Sciences, Poland

STRESZCZENIE

Wstęp. Trzpień Zweymüllera jest dobrze znany i powszechnie stosowany w Europie od 1980 r. Nieliczni autorzy wskazują na występowanie zagęszczeń kości gąbczastej pod trzpieniem, natomiast dotąd nie opisano mechanizmu stojącego u podstaw tego procesu. Celem pracy było znalezienie czynników wpływających na taką przebudowę kości wokół trzpienia Zweymüllera.

Materiał i metody. Do badania włączono 102 kolejnych pacjentów (69 kobiet i 33 mężczyzn), u których zaimplantowano trzpień Zweymüllera drugiej generacji. Średnia okresu obserwacji wyniosła 9,2 lata (od 6-15 lat). Indeks korówkowy (IK) został wyznaczony jako iloraz szerokości trzpienia endoprotezy oraz szerokości trzonu kości udowej w 3 i 5 strefie Gruena.

Wyniki. U pacjentów z szerokim kanałem kości udowej i cienkimi warstwami korowymi (IK ≥ 0.4) wykazano dodatnią korelację z obecnością zagęszczeń kości pod trzpieniem (ZKpT) ($p < 0.0001$, $r = 0.6028$). Średnia indeksu korówkowego w okresie obserwacji zmniejszyła się o 0,02, natomiast średnia grubość kości korowej w 3 i 5 strefie Gruena wzrosła o 2 milimetry. Pogrubienie kości korowej było większe u pacjentów bez ZKpT (1,5 a 2,4 mm, $p = 0.0172$).

Wnioski. 1. Obecność cienkich kości korowych wraz z szerokim kanałem kości udowej (IK ≥ 0.4) może skutkować wystąpieniem zagęszczeń kości pod trzpieniem. 2. ZKpT pojawiają się prawdopodobnie w wyniku przenoszenia obciążeń mechanicznych przez trzpień na kość w 4 strefie Gruena. 3. Ich obecność nie determinuje zwiększonej częstości aseptycznego obluzowania ani niestabilności trzpienia.

Słowa kluczowe: endoprotezoplastyka stawu biodrowego, zagęszczenia kości, trzpień Zweymüllera, indeks korówkowy

SUMMARY

Background. The Zweymüller stem is well-known in Europe and widely used for total hip replacement since 1980. Few authors have noted the presence of increased bone density below the tip of the stem; however, the underlying mechanism is still unknown. The aim of this study was to reveal factors influencing bone remodeling around the tip of the Zweymüller stem.

Material and methods. 102 consecutive patients (69 women and 33 men) who received a second generation Zweymüller type stem (123 prostheses) were included. Mean follow-up was 9.2 years (6 - 15 years). A Cortical Index (CI) was defined as the ratio between stem width and external cortical diameter in Gruen zones 3 and 5.

Results. Patients with a wide femoral canal and thin cortical bone (CI ≥ 0.4) demonstrated a positive correlation with the presence of increased bone density (IBD) below the stem ($p < 0.0001$, $r = 0.6028$). During follow-up, the mean Cortical Index decreased by 0.02 points and mean thickness of cortical bone in zone 3 and 5 increased by 2.0 millimeters. Cortical thickening was more pronounced in cases without IBD (1.5 vs. 2.4 mm, $p = 0.0172$).

Conclusions. 1. Thin cortical layers and a wide femoral canal (CI ≥ 0.4) can result in the presence of IBD below the stem. 2. IBDs probably appear due to mechanical stress transferred by the tip of stem to cancellous bone in Gruen zone 4. 3. Based on clinical symptoms, we conclude that the presence of IBD is not associated with increased aseptic loosening or stem instability.

Key words: total hip arthroplasty, increased bone density, Zweymüller stem, cortical index

WSTĘP

Trzpień Zweymüllera jest dobrze znany i powszechnie stosowany w Europie od 1980 r. [1]. Liczni autorzy podkreślają jego bardzo dobre średnio i długoterminowe wyniki, a także znakomitą przeżywalność [2,3], również u młodszych pacjentów [4,5]. Jego druga generacja – trzpień Alloclassic – jest bezcementowym, prostym trzpieniem wykonanym ze stopu tytanu (Ti-6Al-7Nb/Protasul 100), posiada prostokątny przekrój i porowatą powierzchnię, uzyskaną metodą piaskowania i trawienia [6-8]. Charakterystyczną cechą trzpienia jest jego dystalny sposób fiksacji i osteointegracji, widoczny także w RTG w 3 i 5 strefie Gruena. Autorzy zgodni są również co do faktu zaobserwowania linii przejaśnienia czy zaniku kostnego występujących wokół trzpienia, najczęściej w strefie 1, rzadziej w 7 [8,9]. Pomimo powyższych radiologicznych obserwacji, wyniki kliniczne pacjentów są satysfakcjonujące [10-12]. Nieliczni autorzy wskazują na występowanie zagęszczeń kości gąbczastej pod trzpieniem, natomiast dotąd nie opisano mechanizmu stojącego u podstaw tego procesu [1,13-15].

Analiza radiogramów stanowi istotny element w obserwacji pooperacyjnej pacjenta. Standardowa projekcja AP jest najczęściej stosowana do oceny pozycji implantu i jego stabilności. Tkanka kostna podlega stałej przebudowie i w wyniku działających na nią sił dochodzi do pojawienia się objawów radiologicznych takich jak: linie przejaśnienia, resorpcji bądź pogrubienia kości korowej [12,16].

Kim and Kim zaobserwowali, iż odpowiednia preparatyka kanału kości udowej oraz dobór właściwego rozmiaru trzpienia wpływają na przenoszenie obciążeń na otaczającą implant kość i prowadzą do jej przebudowy [17]. Oosterbos opisał szereg różnorodnych zjawisk radiologicznych dokonujących się wokół anatomicznego, bezcementowego trzpienia ABG w wyniku przebudowy kostnej [18]. Dobór właściwego rozmiaru trzpienia można ocenić obliczając wskaźnik dopasowania trzpienia [19,20]. Tę koncepcję, po pewnych modyfikacjach wynikających z innego poziomu zakotwiczenia w kości udowej, można zastosować także dla oceny reakcji tkanki kostnej wokół trzpienia Zweymüllera.

Celem pracy była ocena przebudowy tkanki kostnej wokół trzpienia Zweymüllera, jak również ustalenia trzpienia, migracji, obecności linii przejaśnienia, pogrubienia kości korowej i zagęszczeń kości w 4 strefie Gruena pod trzpieniem (ZKpT). Obliczono także indeks korówkowy (IK).

BACKGROUND

The Zweymüller stem is well-known in Europe and widely used for total hip replacement since 1980 [1]. Numerous authors highlight its very good mid- and long-term outcomes with high survival rates [2,3], even in younger patients [4,5]. Its second generation, the Alloclassic stem, is a straight, tapered, rectangular stem design with a grit-blasted titanium surface (Ti-6Al-7Nb/Protasul 100). It provides distal fixation [6-8]. Cortical bone hypertrophy is observed in Gruen zones 3 and 5 and radiolucent lines can be seen in zones 1 and 7 [8,9]. Despite these radiological findings, clinical outcomes are satisfying [10-12]. Few authors have also noted the presence of bone remodeling and increased bone density below the tip of the stem in some cases; however, the underlying mechanism is still unknown [1,13-15].

Radiographic evaluation plays an important role in post-operative follow-up. Standard AP X-rays are most commonly used to assess implant position and stability. Bone tissue can remodel in response to stress and therefore radiographic phenomena such as resorption, linear radiolucency or cortical thickening can be seen [12;16].

Kim and Kim found that stem sizing, femoral canal preparation and implant fit and fill influence stress transfer into bone and, furthermore, the remodeling response [17]. Oosterbos described several radiographic phenomena around anatomical uncemented ABG stems which appear as a result of remodeling [18]. Proper stem sizing can be evaluated by calculating femoral stem fit index [19;20]. This concept after some modifications related to different levels of stem anchoring could also be used for assessing the bone response to the distal fixation of the Zweymüller stem.

The aim of this study was to describe bone remodeling around the tip of Zweymüller stem. We evaluated stem position, migration, presence of radiolucent lines as well as increased bone density (IBD) in Gruen zone 4. A Cortical Index (CI) was also calculated.

MATERIAŁ I METODY

581 całkowitych pierwotnych bezcementowych endoprotezoplastyk stawu biodrowego zostało wykonanych w naszej jednostce pomiędzy majem 1995 a czerwcem 2011 roku. U wszystkich pacjentów zastosowano trzpień Alloclassic Zweymüller drugiej generacji (Zimmer/Sulzer, Winterthur, Switzerland) oraz stożkową panewkę wkręcaną CSF z 28 milimetrową ceramiczną bądź metalową głową. Do wzięcia udziału w badaniu zaproszono 147 kolejnych pacjentów (190 bioder) operowanych w latach 1995-2004, z minimum 6-letnim okresem obserwacji. 11 pacjentów zmarło przed końcem 2012 roku, natomiast 27 osób nie zgłosiło się na badanie kontrolne i zostali wyłączeni z badanej grupy. Powikłania zaobserwowano u 7 pacjentów. W czterech przypadkach doszło do aseptycznego obluzowania trzpienia, u dwóch osób z RZS wystąpiło septyczne obluzowanie endoprotezy. U jednego pacjenta wykonano rewizję endoprotezy po 11 latach z powodu występowania nawykowego podwichnięcia głowy endoprotezy – wymieniono wkład na nowy z pokryciem 10° i głowę na nową z większym offsetem. Podczas badania w jednym przypadku wykryto zagrażające obluzowanie trzpienia – pacjentkę skierowano na operację rewizyjną.

Pozostałych 102 pacjentów (123 biodra), 69 kobiet i 33 mężczyzn utworzyło badaną grupę. Średnia wieku wyniosła 56,6 lat (od 21 do 72). Średnia okresu obserwacji wyniosła 9,2 lata (od 6 do 15).

Pooperacyjne radiogramy pacjentów zostały pobrane ze szpitalnego archiwum, a następnie zeskanowane i zapisane w postaci cyfrowej jako pliki. jpg o rozdzielczości 4280x3520 pikseli. Cyfrowe zdjęcia kontrolne obu stawów biodrowych w projekcji AP wykonano aparatem Proteus XR/a GE i zapisano jako pliki. jpg o identycznej rozdzielczości. Pomiarów dokonano za pomocą programu MB-Ruler 4.0. Skalowanie zdjęcia wykonano w programie względem głowy endoprotezy – 28 mm.

Indeks korówkowy (IK) został obliczony dla obu radiogramów. Wyznaczony jako iloraz szerokości trzpienia endoprotezy (b) oraz szerokości trzonu kości udowej (a) i obliczony według wzoru: $Ik = b/a$ [17, 20].

Pomiaru parametrów a i b dokonano w środkowej części 3 i 5 strefy Gruena [21] (Ryc. 1).

Ustawienie trzpienia ustalono w odniesieniu do 1/3 bliższej trzonu kości udowej. Wyznaczona oś trzpienia endoprotezy oraz linia wykreślona w osi proksymalnej części trzonu kości udowej utworzyły kąt opisujący koślawe ($>+5^\circ$), szpotawe ($<-5^\circ$) bądź neutralne ustawienie trzpienia. Linijne przejaśnienia na granicy połączenia kości z trzpieniem zostały uznane za istotne, gdy ich szerokość wynosiła minimum

MATERIAL AND METHODS

581 primary cementless total hip replacements were performed in our institution between May 1995 and June 2011. The second generation Zweymüller Alloclassic stem (Zimmer/Sulzer, Winterthur, Switzerland) and a CSF conical screw cup with 28 mm alumina or metal head were used in all cases. For the purpose of this retrospective study, we invited 147 consecutive patients (190 hips) operated on in 1995-2004 with a minimum 6-year follow-up. 11 patients could not be assessed because they had died up to the end of 2012 and 27 patients had been lost to follow-up. Complications were noticed in 7 patients. There were four cases of aseptic stem loosening and two cases of septic prosthesis loosening in patients with rheumatoid arthritis. One patient was operated on due to recurrent femoral head subluxation (with spontaneous reduction) and a head with a higher offset paired with a polyethylene insert with 10 degrees coverage were implanted. In one case, a threatening aseptic stem loosening was diagnosed upon clinical and radiological findings and the patient was scheduled for a revision surgery.

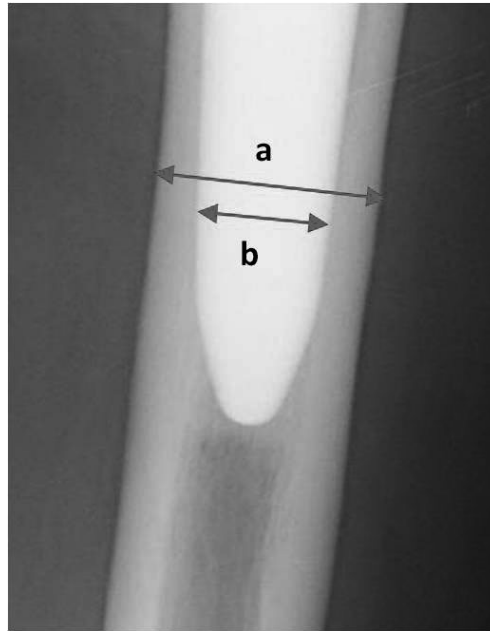
The remaining 102 patients (123 hips), 69 women and 33 men formed the study group. Mean age was 56.6 years (range: 21 to 72). Mean follow-up was 9.2 years (range: 6 to 15)

Postoperative radiographs were retrieved from the hospital archive, digitised and saved as JPG files at a resolution of 4280x3520 pixels. Follow-up digital AP radiographs of both hips were obtained with the Proteus XR/a GE radiography system and saved as JPG files with the same resolution. Measurements were performed with MB-Ruler 4.0 software using a 28 millimeters prosthetic head as a size reference.

A Cortical Index was established for both radiographs. It was defined as the ratio between stem width (b) and external cortical diameter (a) and calculated according to the formula: $CI = b/a$ [17,20].

The parameters a and b were measured in the middle of Gruen zones 3 and 5 [21] (Fig. 1).

Stem position was evaluated in relation to the proximal one-third of the femur. A line was drawn in the long axis of the stem and another in the long axis of the proximal femur, and the angle between them defined a valgus ($>+5^\circ$), varus ($<-5^\circ$) or neutral stem position. Radiolucent lines were considered to be significant when a gap of one millimeter at the bone-prosthesis interface was present involving more than a half of each Gruen zone. Migration of the stem was assessed by measuring the distance between the top of the greater trochanter in relation to the top of the stem on the post-op and follow-up radiographs [15].



Ryc. 1. Indeks korówkowy (IK) wyznaczany jako iloraz szerokości trzpienia endoprotezy (b) oraz szerokości trzonu kości udowej (a)
Fig. 1. Cortical Index (CI) was determined by the ratio between stem width (b) and external cortical diameter (a)

1 milimetr i zajmowały co najmniej połowę szerokości danej strefy Gruena. Migrację wyznaczono jako przemieszczenie trzpienia wzdłuż długiej osi uda w stosunku do stałych punktów na radiogramie, jak wierzchołek krętarza większego lub szczyt krętarza mniejszego, mierzone w milimetrach jako różnica wartości pomiarów na RTG kontrolnym w stosunku do radiogramu pooperacyjnego [15].

Wszystkie uzyskane dane zostały wprowadzone do arkusza kalkulacyjnego w programie Microsoft Excel 2007 i zostały poddane analizie statystycznej za pomocą programu GraphPad InStat.

Wyniki zostały zaprezentowane w postaci średnich. Dane niepowiązane w skali porządkowej poddano analizie testem Mann-Whitney. Wyniki prezentowane w skali interwałowej, takie jak pomiary w milimetrach/stopniach poddano analizie testem T-Studenta dla danych powiązanych i niepowiązanych (z poprawką Welch'a). Dane dla obliczeń korelacji nie wykazały rozkładu normalnego (Gauss), więc zastosowano korelację Spearman'a.

Udział pacjentów w przeprowadzonych badaniach był świadomy i dobrowolny. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu nr 890/11 oraz 177/12.

WYNIKI

Ustawienie trzpienia plasowało się w przedziale od 4° koślawości do 10° szpotawości i było prawi-

All data were collected in a Microsoft Excel 2007 database and statistical analysis was performed with GraphPad InStat software.

The results were presented as means. Nonparametric scores were analyzed with the Mann-Whitney test for unpaired data. Parametric outcomes, e.g. measurements in millimeters/degrees, were analyzed with the paired and unpaired T-test (Welch corrected). Correlations were calculated with the nonparametric Spearman correlation as data revealed no Gaussian assumption.

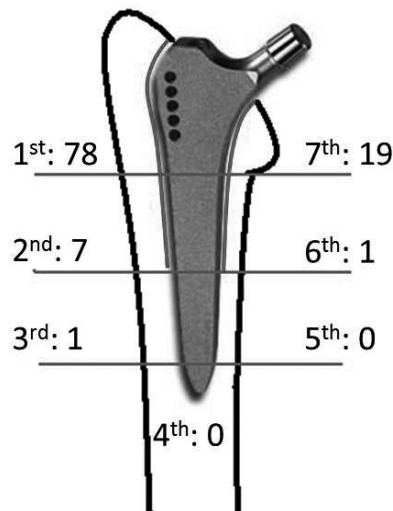
This study was approved by the Medical Ethics Committee at Poznań University of Medical Sciences, Poland.

RESULTS

Stem position varied from 4 degrees valgus to 10 degrees varus and was neutral in 85% cases. There

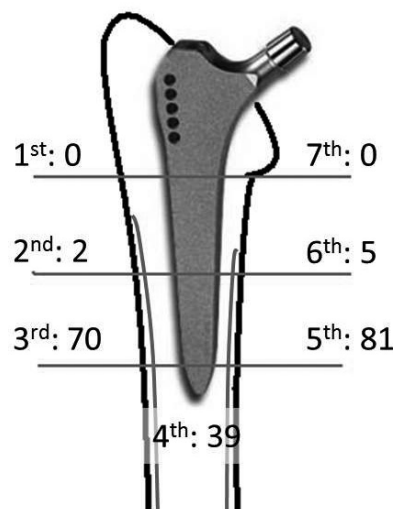
dłowe (neutralne) w 85% przypadków. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w ustawieniu pomiędzy kobietami i mężczyznami. Nie zaobserwowano oznak zagłębienia ani kątowej migracji trzpienia w badanej grupie. Występowanie linijnego przejaśnienia oraz pogrubienia kości korowych w poszczególnych strefach Gruena przedstawiono na poniższych rycinach (Ryc. 2, Ryc. 3). Liczby podane przy numeracji stref Gruena oznaczają ilość przypadków zaniku kostnego bądź hipertrofii kości wokół trzpienia. U 67% pacjentów szeroki kanał kości udowej

was no statistically significant difference between men and women. No signs of stem subsidence or migration were observed. The presence of radiolucent lines and cortical bone hypertrophy in particular Gruen zones is described in Fig. 2 and Fig. 3. In 67% of patients, a wide femoral canal coexisted with relatively thin cortical bone ($CI \geq 0.4$). Moreover 35% of the subjects presented with increased bone density below the stem (Fig. 4). This was confirmed by the finding of a positive correlation between CI and the presence of IBD ($p < 0.0001$, $r = 0.6028$). IBD was also



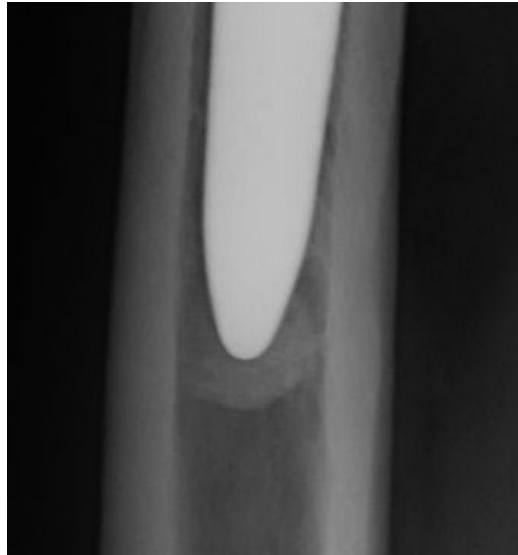
Ryc. 2. Zanik kostny w poszczególnych strefach wg Gruena

Fig. 2. The incidence of radiolucent lines in particular Gruen zones



Ryc. 3. Hipertrofia kości w poszczególnych strefach wg Gruena

Fig. 3. The incidence of cortical bone hypertrophy in particular Gruen zones



Ryc. 4. Przykład zagęszczenia kości pod trzpieniem

Fig. 4. The manifestation of Increased Bone Density below the tip of the stem



Ryc. 5. Przykład zagęszczenia kości pod zbyt małym trzpieniem

Fig. 5. The manifestation of Increased Bone Density below the tip of undersized stem

współwystępował z relatywnie cienkimi warstwami korowymi ($Ik \geq 0.4$). Ponadto u 35% spośród wszystkich badanych zaobserwowano występowanie zagęszczeń kości pod trzpieniem (Ryc. 4). Potwierdza to dodatnia statystycznie istotna korelacja pomiędzy Ik a obecnością ZKpT ($p < 0.0001$, $r = 0.6028$). ZKpT wystąpiły również u 10 pacjentów z niedoszacowanym rozmiarem zaimplantowanego trzpienia (Ryc. 5). W przypadku ustawienia trzpienia w szpotawości przekraczającej 5° (u 12 pacjentów), nie zaobserwo-

observed in 10 patients with undersized stems (Fig. 5). In case of varus alignment of more than 5 degrees (in 12 cases), no signs of IBD were observed. During the 9.2-year follow-up, the mean Cortical Index decreased by 0.02 points and mean thickness of cortical bone in zone 3 and 5 increased by 2.0 millimeters (see Table 1). Cortical thickening was more pronounced in cases without IBD (1.5 vs. 2.4 mm, $p = 0.0172$). The one case of threatening aseptic stem loosening was an obese (BMI 40.2) 62-year-old female patient

Tab. 1. Wielkość zmiany średniej indeksu korówkowego w podgrupach w obserwowanym okresie

Tab. 1. Changes in mean Cortical Index in subgroups during follow-up

	Cortical Index/ Indeks korówkowy	
	post-operative/ pooperacyjny	na koniec okresu obserwacji/ end of follow-up
Total/ Łącznie	0,42	0,40
Women/ Kobiety	0,42	0,39
Men/ Mężczyźni	0,44	0,42
Age < 60/ Wiek < 60	0,43	0,40
Age ≥ 60/ Wiek ≥ 60	0,42	0,40
Follow-up 6-9 years/ Okres obserwacji 6-9 years	0,42	0,39
Follow-up ≥ 9 years/ Okres obserwacji ≥ 9 years	0,44	0,43



Ryc. 6. Przykład zagrażającego obluzowania trzpienia

Fig. 6. The manifestation of threatening aseptic stem loosening

wano występowania ZKpT. Średnia indeksu korówkowego w trakcie 9,2-letniej obserwacji obniżyła się o 0,02. Natomiast średnia grubość kości korowych w 3 i 5 strefie Gruena zwiększyła się o 2mm (patrz Tabela 1). Pogrubienie kości korowych było wyraźniej zaznaczone u osób bez ZKpT (1,5 vs. 2,4 mm, $p=0.0172$). Tylko w przypadku jednego trzpienia stwierdzono cechy zagrażającego obluzowania u otyłej (BMI 40,2), 62-letniej pacjentki, po 9 latach od operacji. Linijną osteolizę zaobserwowano w strefie 1, 2, 3, 6 i 7 Gruena, natomiast znacznego stopnia przerost kości korowej w strefie 3 i 5 ($Ik = 0,26$), bez oznak ZKpT. Operację rewizyjną przeprowadzono 6 miesięcy później (Ryc. 6).

nine years after total hip arthroplasty. Linear osteolysis was present in Gruen zones 1, 2, 3, 6 and 7 and significant cortical hypertrophy was noted in zones 3 and 5 ($CI=0,26$), with no signs of IBD. Revision surgery was performed six months later (Fig. 6).

DYSKUSJA

Pomimo powszechnego stosowania na przestrzeni blisko trzech dekad, jak również licznych publikacji na jego temat, trzpień Zweymüllera drugiej generacji nadal stanowi źródło dla nowych doniesień.

Doskonale wyniki bezcementowego trzpienia Zweymüllera potwierdzają liczni autorzy, prezentujący wyniki przeżywalności, zarówno krótko- i średnio-terminowej: Huo i wsp. 3-6 lat – 100% [22]; Delaunay i wsp. 4-8 lat – 99,3% [13]; jak i odległe obserwacje: Garcia-Cimbrelo i wsp. 10-13 lat – 100% [15]; Gröbl i wsp. 15-17 lat – 98% [2]; Suckel i wsp. 15-17 lat – 99% [23]; Weissinger i wsp. 20 lat – 100% [24].

Zaprezentowane wyniki radiologiczne ustawienia trzpienia endoprotezy, u 85% pacjentów mieszczą się w zalecanych i ogólnie przyjętych normach [6]. Celem prawidłowego zaimplantowania trzpienia, konieczne jest uzyskanie idealnie osiowego natarcia na kanał kości udowej. Pozwala to na zaimplantowanie trzpienia w neutralnym położeniu oraz uzyskanie właściwego dopasowania, co oznacza zakotwiczenie trzpienia jego krawędziami w obrębie kości korowej.

Linijne przejaśnienia w 1 i 7 strefie Gruena są charakterystycznym objawem dla trzpieni o dystalnym sposobie osteointegracji i zostały już szczegółowo opisane w dostępnym piśmiennictwie [8,12].

Kilku autorów zaobserwowało występowanie nieokreślonych zmian w obrazie radiologicznym tkanki kostnej pod trzpieniem [1,13,15], jednak żaden z nich nie opisał mechanizmów mogących prowadzić do ich powstawania. Pomimo prawidłowej osteointegracji trzpienia, obecność cienkich kości korowych prawdopodobnie prowadzi do częściowego przeniesienia obciążeń także przez koniec trzpienia, czego rezultatem jest zwiększenie gęstości kości gąbczastej w 4 strefie Gruena. Ten sam mechanizm prawdopodobnie ma miejsce również w przypadku zaimplantowania zbyt małego trzpienia, gdzie do osteointegracji dochodzi pomiędzy jego porowatą powierzchnią a cienką warstwą przykorówkowej kości gąbczastej. W trakcie przenoszenia obciążeń, to połączenie prawdopodobnie nie jest wystarczająco wydolne mechanicznie, czego wynikiem jest przeniesienie sił za pośrednictwem końca trzpienia na kość znajdującą się poniżej. Można postawić hipotezę, iż zagęszczenie kości pod trzpieniem pełni rolę prewencyjną, zapobiegając zagłębieniu się trzpienia, jako że żadne nie wystąpiło w badanej grupie. Na uwagę zasługuje fakt, iż nie zaobserwowano również żadnego przypadku linijnego przejaśnienia poniżej trzpienia, co ma miejsce w przypadku anatomicznych trzpieni pokrywanych hydroksyapatytem w części przynasadowej, gdzie następuje osteointegracja (np. Stryker ABG II) [19].

DISCUSSION

Despite its popularity for over three decades and numerous publications in the literature, studies of the second generation Zweymüller stem can still yield new findings.

Its excellent survival rate is highlighted by numerous authors presenting short- and mid-term outcomes: 100% at 3-6 years in Huo [22]; 99.3% at 4-8 years in Delaunay [13]; and long-term data: 100% at 10-13 years in Garcia-Cimbrelo [15]; 98% at 15-17 years in Gröbl [2]; 99% at 15-17 years in Suckel [23]; and 100% at 20 years in Weissinger [24].

During preparation of the femoral bone, perfectly straight entrance to the marrow cavity is essential for achieving neutral stem position. Proper stem sizing is also important as it results in anchoring its edges among cortical bone.

Typical radiolucency in Gruen zones 1 and 7 has been well described in this type of stem, which produces characteristic distal osteointegration [8,12].

Only a few authors have mentioned the presence of non-specific bone changes below the tip of the stem in the follow-up period [1;13;15], but no one has described the underlying mechanism. Despite proper stem osteointegration, the presence of thin cortical bone can probably result in partial weight-bearing transfer through the tip of the stem and that is why cancellous bone in zone 4 becomes more dense. This mechanism probably is at work also in cases of undersized stems, where osteointegration occurs between the rough stem surface and a thin layer of trabecular bone adjacent to the cortical layers. During weight-bearing transfer through this junction, it is probably not mechanically sufficient and as a result some forces are driven through the tip of the stem to the bone below. We hypothesize that the cancellous bone consolidation can play a role in preventing stem subsidence, as none was observed in our series. It should be highlighted that in this study group there were no cases of linear radiolucency below the stem, though such appear in anatomical hydroxyapatite coated stems osteointegrated in the proximal part (e.g. Stryker ABG II) [19]. Moreover, in cases of more than 5 degrees varus aligned stems, forces are transferred to the lateral cortex and cancellous consolidation below stem does not appear.

The strength of this paper is the innovative attempt to reveal conditions in which IBDs appear and to propose a mechanism for their onset. Combining a modified method of establishing the Cortical Index with the presence of Increased Bone Density below the tip of the stem sheds new light on this issue.

Ponadto w przypadkach szpotawego ustawienia trzpienia (o ponad 5°), działające siły przenoszone są na boczną warstwę korową i zagęszczenia kości pod trzpieniem nie występują.

Zaletą tej pracy jest nowatorskie spojrzenie na przebudowę kości wokół trzpienia i próba opisanie warunków w jakich może dochodzić do pojawiania się zagęszczeń kości pod implantem. Połączenie zmodyfikowanej metody wyznaczania indeksu korówkowego z występowaniem ZKpT pozwala w nowym świetle spojrzeć na kwestię remodelingu. Dokonywanie pomiarów dla obliczenia indeksu korówkowego w 1/3 dalszej trzpienia, wydaje się być właściwym rozwiązaniem dla implantów o dystalnym sposobie stabilizacji [16,20].

Podczas 9,2-letniego okresu obserwacji, doszło do pogrubienia kości korowych w 3 i 5 strefie Gruena (średnio o 2 mm). Przerost był wyraźniej zaznaczony w przypadkach bez ZKpT (1,5 a 2,4 mm, $p=0.0172$), co potwierdza hipotezę o przenoszeniu obciążeń przez koniec trzpienia, w następstwie niewydolnego mechanicznie połączenia metal-kość w przypadku niedoszacowanego trzpienia bądź cienkich kości korowych.

Niestety, ograniczeniem pracy jest relatywnie krótki okres obserwacji. Warto byłoby potwierdzić przedstawione wyniki i hipotezy na liczniejszej grupie pacjentów z dłuższym okresem obserwacji [3,5], dokonując retrospektywnej analizy kolejnych radiogramów, choćby co 3 lata. Takie badanie mogłoby ujawnić dokładny czas pojawiania się zagęszczeń kości pod trzpieniem.

Należy podkreślić, iż pomimo zaobserwowania wspomnianych zjawisk radiologicznych, nie miały one wpływu na zwiększenie częstości aseptycznych obluzowań trzpienia Alloclassic-Zweymüller, który prezentuje znakomitą średnioterminową przeżywalność.

WNIOSKI

1. Zakotwiczenie trzpienia Zweymüllera w 3 i 5 strefie Gruena, prowadzi do lokalnego przerostu kości korowych. Linijny zanik kostny obserwowany zwykle w 1 i 7 strefie Gruena nie wpływa negatywnie na przeżywalność trzpienia.
2. Obecność cienkich kości korowych wraz z szerokim kanałem kości udowej ($IK \geq 0.4$) może skutkować wystąpieniem zagęszczeń kości pod trzpieniem.
3. ZKpT pojawiają się prawdopodobnie w wyniku przenoszenia obciążeń mechanicznych przez trzpień na kość w 4 strefie Gruena.
4. Na podstawie objawów klinicznych można stwierdzić, iż obecność ZKpT nie determinuje zwiększonej częstości aseptycznego obluzowania ani niestabilności trzpienia.

Measuring the Cortical Index in the distal third of the stem seems to be the proper solution for implants with distal fixation [16;20].

During the 9.2-year follow-up cortical thickening was noticed in zones 3 and 5 (mean 2mm). It was more pronounced in cases without IBD (1.5 vs. 2.4 mm, $p=0.0172$), which supports our theory of the transfer of forces through the tip of the stem during weight-bearing as a result of mechanically insufficient bone metal junction in undersized stems or in cases of thin cortical bone.

Unfortunately, this study is limited by its relatively short follow-up. It would be good to confirm our outcomes on a more numerous group with longer follow-up [3,5], with retrospective assessment of consecutive radiographs, e.g. every three years. Such a study could help determine the exact time of IBD onset.

It must be highlighted that our radiological findings did not influence the rates of aseptic loosening, demonstrating a very good mid-term survival rate of the second generation Alloclassic-Zweymüller stem.

CONCLUSIONS

1. Fixation of the Zweymüller stem in Gruen zones 3 and 5 led to cortical bone hypertrophy. The presence of linear radiolucency in Gruen zones 1 and 7 did not have a negative influence on the stem survival rate.
2. Thin cortical layers and a wide femoral canal ($CI \geq 0.4$) can result in the presence of IBD below the stem.
3. IBDs probably appear due to mechanical stress transferred through the tip of stem onto cancellous bone in Gruen zone 4.
4. Based on clinical symptoms, we conclude that the presence of IBD is not associated with aseptic loosening or stem instability.

PISMIENICTWO / REFERENCES

1. Vervest TM, Anderson PG, Van HF, Wapstra FH, Louwse RT, Koetsier JW. Ten to twelve-year results with the Zweymuller cementless total hip prosthesis. *J Arthroplasty* 2005; 20: 362-8.
2. Grubl A, Chiari C, Giurea A, et al. Cementless total hip arthroplasty with the rectangular titanium Zweymuller stem. A concise follow-up, at a minimum of fifteen years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 2210-5.
3. Kolb A, Grubl A, Schneckener CD, et al. Cementless total hip arthroplasty with the rectangular titanium Zweymuller stem: a concise follow-up, at a minimum of twenty years, of previous reports. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94: 1681-4.
4. Strzyzewski W, Pietrzak K, Ruskowski K, Glowacki M. Short-term results of total hip replacement in patients under thirty years of age. *Ortop Traumatol Rehabil* 2008; 10: 238-48.
5. Busch VJ, Pouw MH, Laumen AM, van Susante JL, Vervest AM. Long-term outcome of 73 Zweymuller total hip prostheses with a screw cup in patients under 50 years of age. *Hip Int* 2012; 22: 292-5.
6. Zweymuller K. A cementless titanium hip endoprosthesis system based on press-fit fixation: basic research and clinical results. *Instr Course Lect* 1986; 35: 203-25.
7. Zweymuller KA, Lintner FK, Semlitsch MF. Biologic fixation of a press-fit titanium hip joint endoprosthesis. *Clin Orthop Relat Res* 1988; 235: 195-206.
8. Zweymuller KA, Schwarzingler UM, Steindl MS. Radiolucent lines and osteolysis along tapered straight cementless titanium hip stems: a comparison of 6-year and 10-year follow-up results in 95 patients. *Acta Orthop* 2006; 77: 871-6.
9. Pietrzak K, Pislewski Z, Strzyzewski W, Pucher A, Kaczmarek W. Radiographic evaluation of the results of total hip arthroplasty with the cementless Zweymuller endoprosthesis. *Ortop Traumatol Rehabil* 2010; 4: 310-9.
10. Soderman P, Malchau H, Herberts P. Outcome after total hip arthroplasty: Part I. General health evaluation in relation to definition of failure in the Swedish National Total Hip Arthroplasty register. *Acta Orthop Scand* 2000; 71: 354-9.
11. Soderman P, Malchau H, Herberts P, Zugner R, Regner H, Garellick G. Outcome after total hip arthroplasty: Part II. Disease-specific follow-up and the Swedish National Total Hip Arthroplasty Register. *Acta Orthop Scand* 2001; 72: 113-9.
12. Wick M, Lester DK. Radiological changes in second- and third-generation Zweymuller stems. *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86: 1108-14.
13. Delaunay C, Cazeau C, Kapandji AI. Cementless primary total hip replacement. Four to eight year results with the Zweymuller-Alloclassic prosthesis. *Int Orthop* 1998; 22: 1-5.
14. Delaunay C, Bonnomet F, North J, Jobard D, Cazeau C, Kempf JF. Grit-blasted titanium femoral stem in cementless primary total hip arthroplasty: a 5- to 10-year multicenter study. *J Arthroplasty* 2001; 16: 47-54.
15. Garcia-Cimbrelo E, Cruz-Pardos A, Madero R, Ortega-Andreu M. Total hip arthroplasty with use of the cementless Zweymuller Alloclassic system. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A: 296-303.
16. Bugbee WD, Culpepper WJ, Engh CA Jr, Engh CA Sr. Long-term clinical consequences of stress-shielding after total hip arthroplasty without cement. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79: 1007-12.
17. Kim YH, Kim VE. Uncemented porous-coated anatomic total hip replacement. Results at six years in a consecutive series. *J Bone Joint Surg Br* 1993; 75: 6-13.
18. Oosterbos CJ, Rahmy AI, Tonino AJ, Witpeerd W. High survival rate of hydroxyapatite-coated hip prostheses: 100 consecutive hips followed for 10 years. *Acta Orthop Scand* 2004; 75: 127-33.
19. Markuszewski J, Lapaj L, Wierusz-Kozłowska M. Reactions of bone tissue around the ABG II stem. *Chir Narządów Ruchu Ortop Pol* 2010; 75: 287-90.
20. Van der Wal BC, de Kramer BJ, Grimm B, Vencken W, Heyligers IC, Tonino AJ. Femoral fit in ABG-II hip stems, influence on clinical outcome and bone remodeling: a radiographic study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 1065-72.
21. Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC. „Modes of failure” of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res* 1979; 141: 17-27.
22. Huo MH, Martin RP, Zatorski LE, Keggi KJ. Total hip arthroplasty using the Zweymuller stem implanted without cement. A prospective study of consecutive patients with minimum 3-year follow-up period. *J Arthroplasty* 1995; 10: 793-9.
23. Suckel A, Geiger F, Kinzl L, Wulker N, Garbrecht M. Long-term results for the uncemented Zweymuller/Alloclassic hip endoprosthesis. A 15-year minimum follow-up of 320 hip operations. *J Arthroplasty* 2009; 24: 846-53.
24. Weissinger M, Helmreich C, Poll G. Results covering 20 years use of the cement-free Zweymuller Alloclassic total endoprosthesis of the hip joint. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2010; 77: 186-93.

Liczba słów/Word count: 4839

Tabele/Tables: 1

Ryciny/Figures: 6

Piśmiennictwo/References: 24

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Paweł Kokoszka

Małeckiego 10/14, 60-706 Poznań, Poland

Phone: +48 606183468, e-mail: kokoszka.pawel@gmail.com

Otrzymano / Received

03.04.2015 r.

Zaakceptowano / Accepted

26.05.2015 r.