

## Clinical implications of the use of ceramic restorations in 36 months of observation

### Uzupełnienia ceramiczne po 36 miesiącach obserwacji – implikacje kliniczne

Krzysztof Majchrzak, Elżbieta Mierzwińska-Nastalska, Bohdan Bączkowski, Przemysław Szczyrek

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Polska  
Department of Prosthetic Dentistry, Medical University of Warsaw, Poland  
Head: prof. dr hab. E. Mierzwińska-Nastalska

#### Abstract

**Introduction.** Zirconium-based ceramic restorations have very good aesthetics, biocompatibility and mechanical strength. Despite many advantages, there are also disadvantages, which include: incidents of porcelain chipping, cracks or breaks in the structure of the ceramic fabrication and accelerated aging phenomenon of zirconium oxide, consisting in spontaneous transformation of crystalline phases and drastic reduction in strength parameters. **Aim of the study.** To perform clinical evaluation of zirconium-based ceramic restorations after 36 months of use. **Materials and methods.** Functional and aesthetic aspects of crowns and bridges were evaluated by means of the California Dental Association quality assessment system for fixed restorations and the measuring devices DIAGNOdent and Florida Probe. Statistical analysis was performed. **Results.** No instances of cracks or fractures of zirconium restorations were observed in the analysed period. Chipping of porcelain was noted in twelve restorations. According to the CDA criteria, 90% of restorations after 36 months of use had “acceptable” marginal integrity and aesthetics. There were no statistical differences between the level of demineralization on the surface under the crown’s edge or a similar surface on adjacent natural tooth, as well as between the depth of gingival pockets of abutments and control teeth. **Conclusions.** Zirconium oxide-based ceramic restorations during 36 months of use in most cases fulfilled functional and aesthetic

#### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Uzupełnienia ceramiczne na podbudowie z tlenku cyrkonu cechują się bardzo dobrą estetyką, biokompatybilnością oraz wytrzymałością mechaniczną. Pomimo wielu zalet, istnieją również i wady, do których należą: incydenty odpryskiwania porcelany powierzchni licowej, pęknięcia lub złamania w strukturze ceramicznej podbudowy oraz zjawisko przyspieszonego starzenia tlenku cyrkonu, polegające na spontanicznej przemianie faz krystalicznych i obniżeniu parametrów wytrzymałościowych. **Cel pracy.** Założeniem pracy była ocena kliniczna ceramicznych uzupełnień protetycznych na podbudowie z tlenku cyrkonu po 36-miesięcznym okresie użytkowania. **Material i metody.** Ocenie poddano aspekty funkcjonalne i estetyczne koron i mostów, wykorzystując system oceny jakości uzupełnień stałych California Dental Association oraz urządzenia pomiarowe DIAGNOdent i Florida Probe. Przeprowadzono analizę statystyczną. **Wyniki.** Po brany pod uwagę okresie obserwacji nie stwierdzono przypadków pęknięcia lub złamania cyrkonowej podbudowy. W przypadku 12 prac protetycznych występowały odpryski porcelany. Zgodnie z kryteriami CDA, 90% uzupełnień po 36 miesiącach wykazywała „akceptowalną” szczelność brzezną oraz zadowalającą estetykę. Nie stwierdzono istotnych różnic w demineralizacji powierzchni pod brzegami koron oraz analogicznych miejsc na zębach własnych, a także w głębokości kieszonek dziąsłowych

#### KEYWORDS:

zirconium oxide, fixed restorations, CAD/CAM, clinical evaluation criteria, DIAGNOdent device

#### HASŁA INDEKSOWE:

cyrkon, uzupełnienia stałe, CAD/CAM, kryteria oceny klinicznej, urządzenie DIAGNOdent

requirements. Although porcelain chipping constitutes a major disadvantage, it does not necessarily have to lead to the restoration's replacement. Abutment teeth with zirconium restorations as well as adjacent natural teeth are equally prone to caries and periodontal diseases.

## Introduction

Functionality, durability and aesthetics are key concepts of modern dentistry. Progress in materials science and development of CAD/CAM techniques have caused that the above aspects may successfully characterize fixed prosthetic restorations. Porcelain-fused-to-metal crowns and bridges, which have been used for years, passed the test of time due to their excellent endurance, predictability and a wide range of clinical implications. Growing aesthetical demands of patients and clinicians have contributed to increased interest in solid ceramic restorations. Special attention is paid to zirconium oxide as a material used as a base for prosthetic restorations. Zirconium occurs in nature in the form of minerals:  $Zr(SiO_4)$  zircon and  $ZrO_2$  baddeleyite. Along with oxygen, it forms chemically resistant, durable zirconium dioxide, being a pure polymorphic material of three allotropic, temperature-dependent types: monoclinic (up to  $1170^\circ C$ ), tetragonal (up to  $2470^\circ C$ ) and cubic (up to the melting point).<sup>1</sup> The tetragonal phase, stabilized in room temperature by means of cerium, yttrium, calcium and magnesium oxides additives, is mostly desirable in dentistry due to its self-restorative and durable features. The influence of ceramic tension causes phase transformation from tetragonal to monoclinic, and the accompanying increase of grain volume closes free spaces in the structure of the material, leveling cracks and scratches that are formed.<sup>2</sup> This phenomenon is described as "reinforced transformation" and is one of the major factors determining the strength and durability of zirconium oxide.

filarów i zębów kontrolnych. **Wnioski.** Uzupelnienia ceramiczne na podbudowie z tlenku cyrkonu w trakcie 36-miesięcznego okresu użytkowania w większości przypadków spełniały stawiane im wymogi funkcjonalne i estetyczne. Odpryski porcelany, choć stanowią ich zasadniczą wadę, nie zawsze niosą konieczność wymiany uzupełnień. Filary zaopatrzone w ceramiczne korony są w takim samym stopniu narażone na próchnicę oraz choroby przyzębia jak sąsiadujące zęby własne.

## Wstęp

Funkcjonalność, trwałość i estetyka stanowią kluczowe pojęcia nowoczesnej stomatologii. Postęp w dziedzinie materiałoznawstwa oraz rozwój technik CAD/CAM spowodował, iż wymienione właściwości mogą z powodzeniem cechować stałe uzupełnienia protetyczne. Stosowane od wielu lat metalowo-porcelanowe korony i mosty, które pozytywnie przeszły test czasu dzięki doskonałej wytrzymałości, przewodności oraz szerokiemu zakresowi wskazań klinicznych, w dużej mierze spełniają stawiane im funkcje. Rosnące wymagania estetyczne pacjentów i klinicystów przyczyniły się do zwiększenia zainteresowania ceramicznymi uzupełnieniami stałymi. Szczególnie dużo uwagi poświęca się tlenkowi cyrkonu jako materiałowi do wykonywania podbudowy uzupełnień protetycznych. Występuje on w przyrodzie pod postacią minerałów: cyrkonu  $Zr(SiO_4)$  oraz baddeleitu  $ZrO_2$ . Z tlenem tworzy dwutlenek cyrkonu, będący w czystej formie materiałem polimorficznym. W zależności od temperatury przyjmuje postać: monoklonalną (do temp.  $1170^\circ C$ ), tetragonalną (do  $2470^\circ C$ ) oraz kubiczną (do punktu topnienia).<sup>1</sup> Odmiana tetragonalna, ustabilizowana w temperaturze pokojowej dzięki dodatkom tlenków ceru, itru, wapnia, magnezu jest najbardziej pożądaną dla stomatologii, dzięki swoim właściwościom samonaprawczym i wytrzymałościowym. Pod wpływem naprężeń ceramiki, dochodzi bowiem do powstania zjawiska transformacji wzmacniającej, polegającej na przemianie faz z tetragonalnej w monoklonalną, a towarzyszący temu wzrost objętości ziaren zamyka wolne przestrzenie w

In prosthodontics, zirconium is mostly used in processing copings for crowns and bridges by means of CAD/CAM technologies.<sup>3</sup> There are two types of milling processes: the hard one, which deals with cutting designed shapes from synthesized zirconium blocks, and the soft one where enlarged copings are cut from presynthesized blocks and synthesized afterwards to achieve the final size and durability. Both methods have advantages and disadvantages. According to global literature reports, hard milling provides excellent marginal integrity of copings,<sup>4</sup> however, the milling process itself may result in micro-scratches and cracks in the structure, reducing the endurance of the material.<sup>4</sup> In the case of soft milling, post-processing synthesis effectively closes micro-cracks, but marginal integrity is not as good (average of 80µm), yet still remaining in the normal range (100-120µm).<sup>5</sup>

Zirconium-based ceramic restorations are recognized as a very good alternative to metal-ceramic crowns and bridges. There is an increasing willingness in the clinics to use them as a single- and multiple-unit fixed restorations.<sup>6-10</sup>

However, recent reports indicate certain factors regarding technological aspects of ceramic restorations, which may significantly influence their durability reduction in patient's mouth. Tetragonal phase of zirconium oxide, stable in room temperature, may undergo spontaneous transformation into the monoclinic form. It results in significant reduction of strength parameters of crowns or bridges, which may become very susceptible to fractures.<sup>4</sup> Moreover, mechanical connection between zirconium framework and veneering porcelain determine more frequent chipping than chemical connection in restorations based on metal framework.<sup>8,11-13</sup> These objections indicate the necessity of improving zirconium-based restorations processing technology and performing observation on a large population.

## Materials and methods

In the following study, 29 selected patients underwent prosthetic treatment in 2010-2011 with the use of zirconium oxide-based ceramic restorations. The selection was based on several

strukturze materiału niwelując powstałe rysy i pęknięcia.<sup>2</sup>

W protetyce stomatologicznej cyrkon ma przede wszystkim zastosowanie w wykonawstwie podbudowy mostów i koron protetycznych. Odbyna się to w procesie frezowania z wykorzystaniem systemu CAD-CAM.<sup>3</sup> Wyróżnia się 2 typy obróbki frezowaniem: twardą, polegającą na wycinaniu zadanych kształtów z fabrycznie zsyntetyzowanych bloczków cyrkonowych oraz miękką, w której z presyntetyzowanych bloczków są wycinane powiększone podbudowy, które uzyskują swoją finalną wielkość i wytrzymałość po ostatecznej syntetyzacji. Obie metody mają zalety i wady. Zgodnie z doniesieniami światowej literatury frezowanie twarde zapewnia doskonałą szczelność brzeżną podbudowy,<sup>4</sup> jednak sam proces obróbki może prowadzić do powstania mikrorys i pęknięć w strukturze, zmniejszając wytrzymałość materiału.<sup>4</sup> W przypadku frezowania miękkiego, syntetyzacja po obróbce skutecznie zamyka mikropęknięcia, ale szczelność brzeżna, choć nadal w granicach normy (100-120µm) jest słabsza i wynosi średnio około 80 µm.<sup>5</sup>

Uzupełnienia ceramiczne na podbudowie z tlenku cyrkonu stanowią dobrą alternatywę dla koron i mostów metalowo-porcelanowych. Ze względu na bardzo dobrą estetykę, szczelność brzeżną i biokompatybilność są coraz chętniej stosowane zarówno jako jedno, jak i wieloczłonowe uzupełnienia stałe w przednim i bocznym obszarze uzębienia.<sup>6-10</sup>

Doniesienia z ostatnich lat wskazują jednak na pewne czynniki dotyczące aspektów technologicznych uzupełnień ceramicznych, które w znaczący sposób mogą wpływać na obniżenie ich trwałości w warunkach jamy ustnej pacjenta. Tlenek cyrkonu w stabilnej w temperaturze pokojowej odmianie tetragonalnej, może ulegać samoistnej przemianie w postać monoklonalną. Skutkuje to znacznym obniżeniem parametrów wytrzymałościowych koron lub mostów, które stają się wówczas bardzo podatne na złamania.<sup>4</sup> Brak chemicznego połączenia między podbudową a ceramiką licującą sprzyja odpryskom porcelany, które zdarzają się częściej niż w przypadku uzupełnień na podbudowie metalowej.<sup>8,11-13</sup> Wymienione zarzu-

inclusive criteria such as good oral hygiene, low caries activity, no symptoms of on-going periodontal inflammation, no tooth mobility, no symptoms of bruxism or teeth clenching. Patients received 51 prosthetic restorations (including 28 crowns and 23 fixed partial dentures (FPDs)) of total amount of 124 porcelain points (Tab. 1), 43 of them in the anterior region, and 81 of them in the lateral one. In most cases (93%), abutments comprised endodontically treated teeth reinforced with standard fiberglass posts or customized cast-metal posts depending on the clinical situation. Abutment preparation was performed with a protocol including 1.5-2.0 mm of overall reduction, 1 mm rounded chamfer margin and setting preparation depth 0.5 mm below gingival edge. Zirconium dioxide copings, processed in soft milling technique and sinterization, were applied (37 crowns – Robocam system, 87 crowns – T-CAM). Veneering was made with Vita VM 9 porcelain and Wieland Zirox (Tab. 1). Ready-made crowns and bridges were fixed by means of glass-ionomer cement (Ketac Cem, 3M, USA) or adhesive cement (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).

During 36 months, each patient presented for at least three check-up visits – after 12, 24 and 36 months of cementation. At each appointment, patients underwent basic clinical examination. It consisted of evaluation of occlusion, prevalence of cracks or fractures and porcelain chipping within restorations and assessment of oral hygiene. A thorough clinical evaluation of functional and aesthetic aspects of crowns and FPDs, being the fundamental aim of the study, took place 36 months after their cementation. Restorations were fully examined by two independent clinicians, who did not participate in prosthetic treatment. A control group for evaluated abutment teeth consisted of contralateral natural teeth or, in the case of their absence, opposing teeth. Restoration quality assessment system for fixed restorations according to California Dental Association (CDA) was used in this study.<sup>14</sup> It consists of the following parameters: marginal integrity, anatomical shape, colour and structure of ceramic surface. According to detailed CDA criteria

ty wskazują na konieczność ulepszania technologii wytwarzania uzupełnień opartych na tlenku cyrkonu oraz prowadzenia obserwacji na dużym materiale klinicznym.

### **Materiał i metody**

W badaniu wzięło udział 29 pacjentów, u których w latach 2010-2011 wykonano leczenie protetyczne z zastosowaniem uzupełnień ceramicznych na podbudowie z tlenku cyrkonu. Kwalifikacja pacjentów odbywała się wówczas na podstawie szeregu kryteriów włączenia, do których należały: dobra higiena jamy ustnej, niska aktywność próchnicy, brak objawów czynnego zapalenia przyzębia, dobra stabilność zębów filarowych, brak objawów zgrzytania lub zaciskania zębów. Wykonano 51 protetycznych uzupełnień ceramicznych (w tym 28 koron, 23 mosty) o łącznej sumie 124 punktów porcelany (Tab. 1), 43 w odcinku przednim uzębienia, 81 w odcinku bocznym. Filarami uzupełnień były w większości przypadków (93%) zęby leczone endodontycznie zaopatrzone w standardowe wkłady koronowo-korzeniowe z materiału złożonego, wzmocnionego włóknem szklanym lub indywidualne wkłady odlewane w zależności od sytuacji klinicznej. Preparacja filarów odbywała się zgodnie z protokołem obejmującym 1,5-2,0 mm redukcji powierzchni żującej lub brzegu siecznego, wytworzenie stopnia typu chamfer o szerokości minimum 1 mm i umieszczenie granicy preparacji 0,5 mm poniżej brzegu dziąsła. Zastosowano podbudowy z tlenku cyrkonu powstałe w technice frezowania miękkiego i syntezy (37 koron-system Robocam, 87 – T-CAM). Olicowanie było wykonywane porcelaną Vita VM 9 oraz Wieland Zirox (Tab. 1). Gotowe korony i mosty osadzano przy użyciu cementu glasonomerowego Ketac Cem 3M lub adhezyjnego Multilink Automix Ivoclar Vivadent.

W trakcie 36-miesięcznego okresu użytkowania, każdy pacjent odbył przynajmniej 3 wizyty kontrolne: po 12, 24 i 36 miesiącach. Przeprowadzono wówczas rutynowe badanie kliniczne, obejmujące ocenę kontaktów okluzyjnych, higieny jamy ustnej, ocenę stopnia zużycia koron i mostów protetycznych z uwzględnieniem ewentualnych złamań lub odprysków porcelany.

**Table 1.** Characteristics of ceramic restorations based on zirconium dioxide

Characteristics	Porcelain units	Abutments
Type of restoration		
– Crown (28)	28	28
– Fixed partial denture (23)	96	55
Location		
– Anterior area	43	32
– Lateral area	81	53
Pulpal status		
– Teeth with vital pulp		6
– Teeth after endodontic treatment		79
Applied copings		
– Robocam	37	
– T-CAM	87	
Veneering porcelain		
– Wieland Zirox	37	
– Vita VM 9	87	

(Tab. 2), particular parameters of the examined restorations received different assessment marks, which were rated in two main groups as “acceptable” and “unacceptable”. During clinical evaluation, attention was also paid to the presence of cracks or fractures in ceramic copings, as well as chipping of veneering porcelain with regard to the location of the defect and a type of opposing occlusal contact. Potential caries occurrence under crown edges was checked visually and by means of DIAGNOdent device (KAVO, Germany), which allows detecting even the early stages of hard tissue loss.<sup>15</sup> The analysis was based on the mean of three measurements performed on buccal and lingual surfaces of abutment and control teeth, slightly below the crown margin (or on similar points within natural teeth). According to the manufacturer’s recommendations, each measuring point on the tooth surface was cleaned with a wet brush and dried. For some abutments, gum had to be retracted. According to the criteria suggested by *Lussi*,<sup>16</sup> the displayed values between 0-13 indicate lack of active caries, 14-20 – recommended prophylactic actions, 21-29 – prophylactic actions or invasive treatment, depending on caries risk, >30 – recommended

Szczegółowe badanie kliniczne, stanowiące zasadniczy cel projektu, obejmujące część ankietową oraz kliniczną ocenę aspektów funkcjonalnych i estetycznych uzupełnień ceramicznych z zastosowaniem instrumentów diagnostycznych, przeprowadzono po 36 miesiącach od zacementowania. Korony i mosty protetyczne były oceniane przez dwóch niezależnych lekarzy dentyków, nie biorących udziału w uprzednim leczeniu protetycznym. Dla filarów zaopatrzonych w korony ceramiczne kontrolę stanowiły sąsiadujące zęby własne pacjenta lub w razie ich braku, zęby przeciwstawne. W badaniu wykorzystano system oceny klinicznej uzupełnień stałych California Dental Association (CDA),<sup>14</sup> na który składają się następujące parametry: szczelność brzeżna, kształt anatomiczny, barwa i struktura powierzchni ceramiki. Poszczególne parametry otrzymywały stosowne noty (Tab. 2), które klasyfikowały uzupełnienia protetyczne jako: „akceptowalne”, „nieakceptowalne”. W ocenie klinicznej zwrócono uwagę na obecność pęknięć lub złamań ceramicznej podbudowy oraz odprysnięć porcelany licującej z odnotowaniem lokalizacji odprysku oraz rodzaju kontaktu przeciwstawnego. Potencjalne występowanie próchnicy pod brzegami koron było

**Table 2.** Quality assessment system for fixed restorations according to California Dental Association (CDA) (14)§ Evaluation criteria for each clinical parameter considered by the California Dental Association as "Unacceptable"

Parameter	Clinical evaluation criteria
Margin integrity	No visible evidence of gap along the margin in which an explorer could get stuck. No evidence of ditching along margin.
	Visible evidence of slight marginal discrepancy with no evidence of decay. Repair is possible, but perhaps unnecessary. Explorer gets stuck in one direction.
	* Faulty margins that cannot be properly repaired.
	* Penetrating discoloration along the margin of restoration in pulpal direction.
	* Retained excess cement.
	* Mobile restoration.
	* Fractured restoration.
	* Caries continuous with the restoration margin. * Fractured tooth structure.
Anatomic form	Restoration contour in functional harmony with adjacent teeth and soft tissues within good individual anatomic form.
	Slightly overcontoured restoration.
	Slightly undercontoured restoration.
	Occlusion not completely functional.
	Slightly undercontoured margin ridges.
	Contact slightly open.
	Facial flattening present.
	* Grossly undercontoured restoration.
	* Grossly overcontoured restoration.
	* Impaired occlusion affected.
	* Faulty contact.
	* Marginal overhang present.
	* Traumatic occlusion.
* Gross underocclusion. * Restoration caused unremitting pain in tooth or adjacent tissue. * Damage to tooth, soft tissue, or supporting bone.	
Colour and surface	No mismatch in color shade and/or translucency between restoration(s) and adjacent teeth. Smooth restoration surface. No irritation of adjacent tissues.
	Slight mismatch between shade of restoration(s) and adjacent tooth or teeth.
	Restoration surface is slightly rough but can be polished.
	* Grossly irregular surface not related to anatomy and not subject to correction.
	* Mismatch between restoration(s) and adjacent tooth or teeth without normal range of color, shade, and/or translucency.
	* Fractured surface.
	* Gross porosities in crown material. * Shade in gross disharmony with adjacent teeth.

invasive treatment. Clinical evaluation also focused on soft tissues in both groups of examined teeth. The condition of periodontium was checked by means of pocket depth probing with Florida Probe device (Florida Probe Corporation, USA). Plaque index (PI) for examined and control teeth was evaluated, and additionally every patient had their oral cavity hygiene assessed by means of simplified oral hygiene index (OHI-S). Values of plaque and calculus index for six particular teeth were summed up and afterwards divided by six (the number of examined teeth), gaining result in the 0–6 range (0 – very good hygiene, 6 – bad hygiene). Results of measurements obtained from DIAGNOdent and Florida Probe devices were statistically analyzed, along with plaque index for examined and control teeth. In addition, the same reading values were compared with OHI-S index, separately for buccal and lingual areas of abutments in anterior and lateral segments. Statistical analysis was performed using Statistica 8.0. In the process of hypothesis testing the level of significance was established at  $p=0.05$ . Descriptive statistics were made. For dependent variables, student's T-test and non-parametric Wilcoxon matched pairs test as well as the Mann-Whitney test for independent variables were performed. In order to increase the reliability of the results of student's t-tests, in some cases the transformation of normal distribution of data using the Box-Cox transformation of the form:  $x^* = ((x + \text{offset}) / \lambda)^{\lambda - 1}$  was made. Measure of statistical dependence between two variables was analysed with Pearson correlation test. Additionally, nonparametric Spearman's rank correlation coefficient test was also used.

## Results

During 36-month observation period, two ceramic FPDs were lost due to an abutment root fracture of a 3-unit maxillary bridge and a major porcelain chipping on a 5-unit bridge in anterior part of the upper arch. According to *California Dental Association* (Tab. 2), marginal integrity of 90% of restorations was "acceptable". Two bridges, due to discoloration along the preparation margin at two abutments (5-unit FPDs in the

sprawdzone wizualnie oraz za pomocą urządzenia DIAGNOdent (KAVO, Niemcy) umożliwiającego detekcję nawet bardzo wczesnych etapów ubytku twardych tkanek.<sup>15</sup> Analizę stopnia demineralizacji oparto na średniej z 3 pomiarów wykonanych na powierzchniach policzkowych i językowych filarów poniżej brzegów koron oraz na analogicznych miejscach zębów kontrolnych. Zgodnie z zaleceniami producenta urządzenia, miejsca poddane badaniu zostały uprzednio oczyszczone i osuszone. W przypadku niektórych filarów, istniała konieczność zastosowania retrakcji dziąsła. Odnosząc się do kryteriów zaproponowanych przez *Lussiego*<sup>16</sup> wartości odczytu urządzenia 0-13 wskazują na brak aktywnej próchnicy, 14-20 zalecane działania profilaktyczne, 21-29 – działania profilaktyczne lub leczenie inwazyjne w zależności od ryzyka próchnicy, >30 – zalecane leczenie inwazyjne. W ocenie klinicznej zwrócono również uwagę na stan tkanek miękkich zębów badanych i kontrolnych. Przyzębnie oceniono dokonując pomiarów głębokości kieszonek dziąsłowych za pomocą urządzenia Florida Probe (Florida Probe Corporation, USA). Kontrolę dla wykonywanych pomiarów stanowiły analogiczne miejsca na sąsiednich zębach własnych lub w razie ich braku na zębach przeciwstawnych. Dla zębów badanych i kontrolnych obliczono wskaźnik płytki, a dodatkowo u każdego pacjenta przeprowadzono ocenę higieny jamy ustnej wykorzystując uproszczony wskaźnik higieny OHI-S. Wartości wskaźnika płytki i kamienia dla badanych zębów są sumowane i dzielone przez 6 (ilość badanych zębów) uzyskując wynik w przedziale 0-6 (0 – higiena bardzo dobra, 6 – higiena zła).

Wyniki pomiarów urządzeniem DIAGNOdent oraz Florida Probe wraz ze wskaźnikiem płytki dla zębów badanych i kontrolnych poddano analizie statystycznej. Ponadto zestawiono uzyskane dane z pomiarów ze wskaźnikiem OHI-S osobno dla powierzchni policzkowej i językowej filarów w odcinku przednim i bocznym. Analizę statystyczną wykonano za pomocą pakietu statystycznego STATISTICA 8.0

W procesie testowania hipotez statystycznych przyjęto poziom istotności  $p = 0,05$ .

Wykonano statystyki opisowe. Przeprowadzono

anterior maxillary segment (T-CAM) cemented with Ketac Cem 3M), probe penetration at one of the abutments of a 3-unit FPD in the lateral segment of the mandible (T-CAM, Ketac Cem 3M cement) and two single crowns (T-CAM, Ketac Cem 3M cement), were considered “unacceptable”, and therefore requiring correction or replacement.

The shape, structure, as well as surface of all examined crowns and FPDs were considered as correct and compatible with the anatomy of reconstructed teeth. With regard to the shade of ceramic restorations, only 25% of cases differed slightly in shade with adjacent natural teeth. However, they still met the aesthetic standards and therefore were rated as “acceptable”.

During thorough clinical examination after 36 months, veneering porcelain chipping spots were revealed within 12 ceramic restorations (Tab. 3). Their small size and localization did not cause the necessity of restoration replacement. In the case of one FDP in the anterior segment, after 18 months of use, significant porcelain chipping along with framework exposure occurred. As a result, the bridge had to be replaced with a new one.

Measurements performed by means of DIAGNOdent device showed that abutment teeth had on average higher reading values than control natural teeth (Abutment: 7.63; Control: 6.87). This difference is statistically significant (T-Student test at  $p=0.0024$ , confirmed by Wilcoxon test, where  $p=0.0070$ ). Moreover, it has been noted that the examined abutment-control pairs are strongly correlated in plus (Pearson correlation index is  $p=0.0003$ , Spearman grade correlation index:  $p=0.0004$ ) (Fig. 1). DIAGNOdent reading values for vestibular and lingual surfaces of abutment teeth in lateral segment of dentition indicate that there are no significant differences concerning their demineralization level. In contrast, abutment teeth in the anterior area show statistically higher demineralization levels of lingual surfaces than buccal ones (T-Student test:  $p=0.0035$ , Wilcoxon test:  $p=0.0178$ ). A complete analysis of reading values obtained from all restored teeth revealed that the lowest demineralization level was at the vestibular surfaces of anterior teeth (Fig. 2). Correlation of the simplified OHI-S index for

analizę średnich wykorzystując test t-Studenta i nieparametryczny test kolejności par Wilcoxon dla zmiennych zależnych, a także test Manna-Whitneya dla zmiennych niezależnych. W celu zwiększenia rzetelności wyników testów t-Studenta, przeprowadzono w niektórych przypadkach transformację danych do rozkładu normalnego, wykorzystując przekształcenie Boxa-Coxa postaci:  $x^* = ((x + przesunięcie)^\lambda - 1) / \lambda$  z przesunięciem = 1.

Wykonano analizę korelacji zmiennych w oparciu na współczynniku korelacji Pearsona. Dodatkowo liczono nieparametryczny współczynnik korelacji rang Spearmana.

## Wyniki

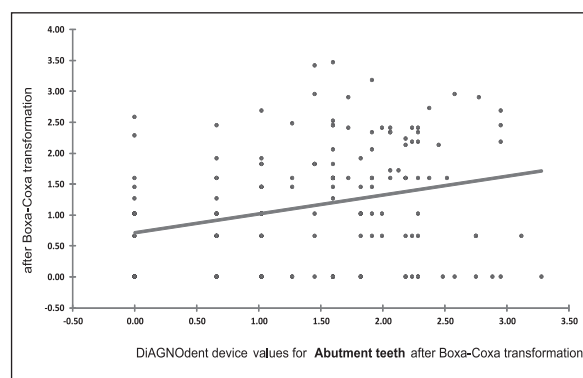
W 36-miesięcznym okresie obserwacji doszło do utraty dwóch ceramicznych mostów. Przyczynami niepowodzenia leczenia były złamanie korzenia zęba filarowego w przypadku 3-punktowego mostu w odcinku bocznym górnego łuku oraz znaczący odprysk porcelany powierzchni licowej w przypadku mostu uzupełniającego braki w odcinku przednim szczęki. Szczelność brzeżna 90% uzupełnień protetycznych<sup>46</sup> zgodnie z kryteriami California Dental Association (Tab. 2) była „akceptowalna”. Dwa mosty z powodu przebarwienia wzdłuż granicy preparacji przy 2 filarach (most 5-punktowy w odcinku przednim szczęki (T-CAM) zacementowany na Ketac Cem 3M) oraz penetracji zgłębnika przy jednym z filarów (most 3-punktowy w bocznym odcinku żuchwy – T-CAM, cement Ketac Cem 3M), a także dwie pojedyncze korony (T-CAM, Ketac Cem) sklasyfikowano jako „nieakceptowalne”, a więc wymagające korekty lub wymiany. Badane uzupełnienia protetyczne miały prawidłową strukturę i gładkość powierzchni porcelany oraz właściwą budowę anatomiczną. Nieznaczące różnice w odcieniu z sąsiednimi zębami własnymi, które stwierdzono w przypadku 25% prac, były do zaakceptowania, gdyż nie wpływały negatywnie na estetykę uzębienia pacjenta.

W trakcie badania kontrolnego po okresie 36 miesięcy stwierdzono odpryski porcelany w obrębie 12 uzupełnień protetycznych (Tab. 3). Wielkość i lokalizacja odprysniętych fragmentów



**Table 3.** Veneering porcelain chipping

Type of restoration	Location of the chipping	Chipping with coping exposure	Chipping without coping exposure	Type of opposite occlusal contact
FPD 12 - 25	Labial surface of the span in 21 position	+		natural dentition
FPD 24 - 27	Buccal surface of the span in 26 position		+	natural dentition
FPD 16 - 26	Incisal edge of the abutment tooth 22		+	overdenture
FPD 35 - 37	Lingual surface of the abutment tooth 35		+	natural dentition
Crown 16	Buccal cusp		+	natural dentition
Crown 13 - 16	Buccal cusp of the span in position 15, incisal edge of the abutment tooth 13		+	natural dentition
FPD 13 - 16	Buccal surface of the abutment tooth 16	+		natural dentition
Crown 16	Buccal cusp		+	natural dentition
FPD 24 - 27	Part of buccal distal cusp		+	natural dentition
FPD 44 - 46	Lingual surface of the span		+	natural dentition
Crown 24	Part of lingual cusp	+		natural dentition
Crown 41	Incisal edge		+	ceramic crown

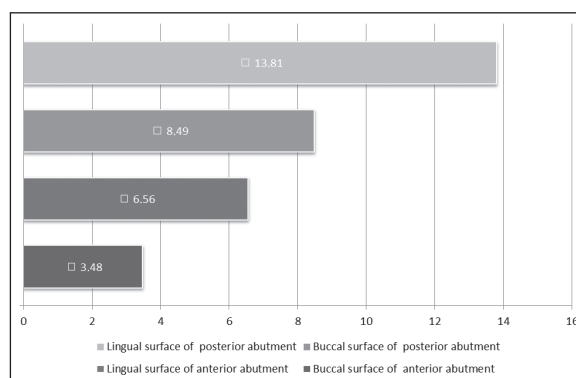


**Fig. 1.** Scatter plot of DIAGNOdent device reading values for the examined (abutment) teeth and control teeth after Boxa-Coxa<sup>§</sup> transformation revealing strong positive correlation of the achieved results.

<sup>§</sup>Boxa-Coxa date transformation:  $x^* = ((x + displacement) ^ lambda - 1) / lambda$  with displacement = 1

Wykres rozrzutu pomiarów urządzeniem DIAGNOdent stopnia demineralizacji zębów filarowych i kontrolnych po przekształceniu Boxa-Coxa, ujawniający silną dodatnią korelację między badanymi zmiennymi.

lateral area of dentition with demineralization level of the examined surfaces was not observed. According to statistical analysis, there was a strong negative correlation in the anterior area between oral hygiene index and vestibular surface demineralization of examined teeth. It indicates

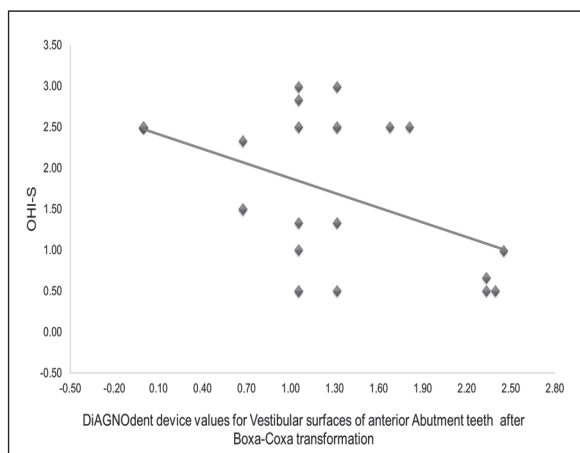


**Fig. 2.** List of average reading values of DIAGNOdent device for particular dental surfaces.

Zestawienie średnich wartości odczytu urządzenia DIAGNOdent dla poszczególnych powierzchni zębowych.

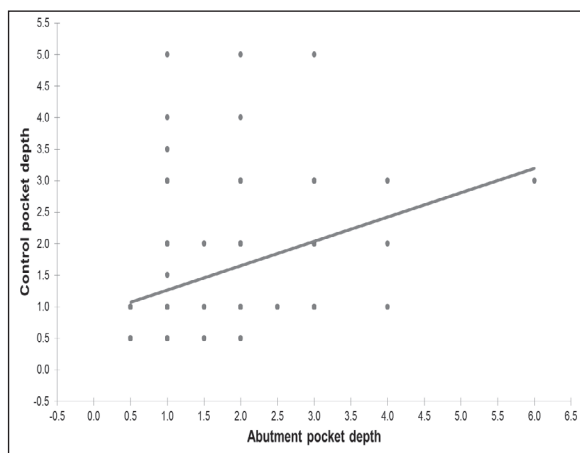
nie skutkowały jednak koniecznością wymiany ceramicznych uzupełnień na nowe. W przypadku jednego mostu, w którym po 18 miesiącach doszło do całkowitej delaminacji powierzchni licowej przęśla w odcinku przednim górnego łuku, niezbędne było ponowne leczenie protetyczne.

Pomiary wykonane urządzeniem DIAGNOdent wykazały, iż w punktach pomiarowych zębów filarowych uzyskane warto-



**Fig. 3.** Diagram of negative correlation between DIAGNOdent device reading values for vestibular surfaces of anterior abutment teeth (Boxa-Coxa transformation) and the OHI-S index.

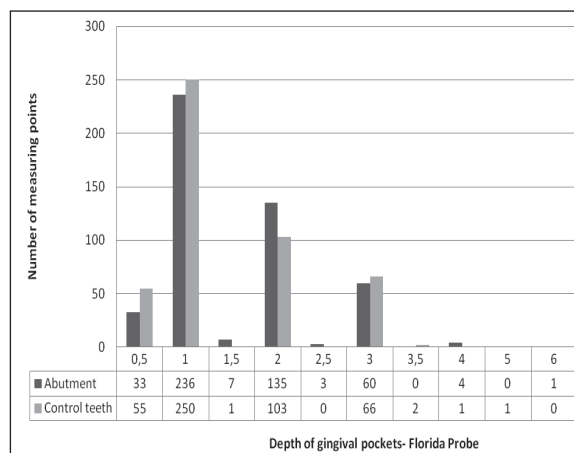
Wykres ujemnej korelacji pomiędzy wynikami pomiarów urządzeniem DIAGNOdent dla powierzchni przedsiłkowych filarów odcinka przedniego uzębienia (po przekształceniu Boxa-Coxa) i uproszczonym wskaźnikiem higieny OHI-S.



**Fig. 5.** Scatter plot of Florida probe device reading values for the examined (abutment) teeth and control teeth.

Wykres rozrzutu pomiarów głębokości kieszonek dziąsłowych urządzeniem Florida Probe dla zębów filarowych i kontrolnych.

that the higher the OHI-S reading values, the lower the level of demineralization in measured points (Pearson correlation index:  $p=0.0066$ ) (Fig. 3). Average arithmetical values of Plaque Index (PI) for abutment and control teeth do not reveal statistically significant differences (T-Student test:  $p=0.6263$ ). The average depth of gingival pockets of abutment teeth was higher than in control teeth (Abutment: 1.55; Control: 1.48) (Fig. 4). This



**Fig. 4.** List of reading values of gingival pockets depth by means of Florida Probe device for the examined (abutment) teeth and control teeth.

Zestawienie wyników pomiarów głębokości kieszonek dziąsłowych urządzeniem Florida Probe dla zębów badanych (Filar) oraz zębów kontrolnych.

ści były średnio wyższe niż na zębach kontrolnych (Filar: 7,63; Kontrola: 6,87). Różnica ta jest statystycznie istotna (test t-Studenta przy  $p=0,0024$  potwierdzony testem Wilcozona  $p=0,0070$ ). Ponadto stwierdzono, iż badane pary filar–kontrola są silnie skorelowane dodatkowo (współczynnik korelacji Pearsona  $p=0,0003$ , współczynnik korelacji rang Spearmana  $p=0,0004$ ) (Fig. 1).

Z zestawienia wskazań DIAGNOdentu dla powierzchni przedsiłkowych i językowych filarów w odcinku bocznym wynika, iż nie ma między nimi istotnych różnic w stopniu demineralizacji, inaczej jak w przypadku filarów odcinka przedniego. Tu powierzchnie językowe wykazują statystycznie wyższe wartości odczytu urządzenia od powierzchni policzkowych filaru (test t-Studenta  $p=0,0035$ ; test Wilcozona  $p=0,0178$ ). Analizując uzyskane wartości odczytu dla badanych powierzchni wszystkich filarów stwierdza się, iż najniższy stopień demineralizacji odnotowano dla powierzchni przedsiłkowych zębów przednich (Fig. 2).

Nie stwierdzono korelacji uproszczonego wskaźnika higieny OHI-S dla odcinka bocznego uzębienia ze stopniem demineralizacji badanych powierzchni. W odcinku przednim zaobser-

difference is statistically significant (T-Student test:  $p=0.0269$ , Wilcoxon test:  $p=0.0365$ ). Moreover, the examined abutment–control pairs were positively correlated. It indicates that the higher the depth of gingival pockets of examined teeth (with ceramic restorations), the higher the depth of gingival pockets of control teeth, and vice versa (Fig. 5)

## Discussion

During clinical evaluation of examined fixed restorations according to *California Dental Association* guidelines, marginal integrity, shape, colour and surface of zirconium oxide-based ceramic crowns and FPDs were “acceptable” in 90% of cases. Marginal fit for every FDP or crown is very important as it reduces the risk of bacterial leakage. Marginal fit of ceramic restorations, which was more than satisfactory after 36 months, confirmed that the concept of low marginal gap values of zirconium copings in *in vitro* studies<sup>20-22</sup> result in excellent functional outcome of crowns and FPDs *in vivo*.

Restorations were positively evaluated in terms of their aesthetics and adjacent soft tissues pink aesthetics. In the period of observation, no cases of fractures in zirconium framework occurred either within single crowns or FDPs. The comparison with literature reports, where the problem of framework fractures occurs in 0-8% of cases,<sup>11,17,18</sup> the clinical outcome obtained in this study should be assessed as very good. Low failure rate of dental restorations in this particular issue could be attributed to meticulous preparation of proper occlusion, which protects crowns and bridges from overload and nonaxial disruptive forces.

Despite preventive measures regarding occlusion, crowns and bridges could not be protected against porcelain chipping. In this study, 25% of prosthetic restorations manifested areas with partial porcelain loss, 4% of which with zirconium copings exposure. Chipping spots were located mostly in the posterior segment of the dentition and buccal surfaces (Tab. 3). They occurred with similar frequency to other published studies (3-25%).<sup>8,13,19</sup> After 18 months

wowano występowanie silnej korelacji ujemnej między wskaźnikiem higieny a demineralizacją powierzchni przedsionkowej filarów, co oznacza, iż z wyższymi wartościami OHI-S odczyt stopnia demineralizacji był niższy (współczynnik korelacji Pearsona  $p = 0,0066$ ) (Fig. 3).

Średnie wartości arytmetyczne wskaźników płytki bakteryjnej dla zębów filarowych oraz kontrolnych nie różniły się statystycznie istotnie (test t-Studenta  $p = 0,6263$ ).

Głębokość kieszonek dziąsłowych zębów filarowych była większa niż zębów kontrolnych (Filar: 1,55; Kontrola: 1,48) (Fig. 4) i różnica ta jest statystycznie istotna (test t-Studenta  $p = 0,0269$ , test Wilcoxon  $p = 0,0365$ ). Ponadto badane pary filar–kontrola są skorelowane ze sobą dodatnio, co oznacza, że większa głębokość kieszonek zębów badanych (z uzupełnieniami ceramicznymi) odpowiada większej głębokości kieszonek zębów kontrolnych i odwrotnie.

## Dyskusja

Na podstawie przeprowadzonego badania w zakresie parametrów klinicznych szczelności brzeżnej, kształtu oraz koloru i struktury powierzchni licowej, zgodnie z wyznacznikami *California Dental Association*, 90% uzupełnień protetycznych sklasyfikowano jako „akceptowalne”. Niezmiernie istotną cechą każdego wykonanego mostu i korony jest dopasowanie brzeżne, które warunkuje niewielkie ryzyko przecieku bakteryjnego. Szczelność brzeżna wykonanych uzupełnień protetycznych po 36 miesiącach była w większości przypadków zadowalająca, co potwierdza, iż niskie wartości szczeliny brzeżnej podbudowy cyrkonowej opisywane w wielu badaniach *in vitro*,<sup>20-22</sup> mają odzwierciedlenie w klinice. Korony i mosty protetyczne na podbudowie cyrkonowej oceniono pozytywnie w zakresie ich estetyki oraz estetyki przylegających tkanek miękkich.

W brany pod uwagę okresie obserwacji, nie wystąpiło pęknięcie lub złamanie w obrębie struktury podbudowy uzupełnień protetycznych. W zestawieniu z doniesieniami literatury światowej, gdzie problem złamań cyrkonowej podbudowy występował z częstością do 8%,<sup>11,17,18</sup> wynik ten można uznać za bardzo korzystny. Niska

of function, one bridge in the anterior area of the upper arch (12–25) had to be replaced due to major delamination of veneering porcelain. For other restorations, chipped spots were detected only by the examiner and besides smoothing did not require additional preparations.

Measurements concerning hard tissue demineralization level, conducted by means of DIAGNOdent device, revealed higher reading values at points below the edges of ceramic restorations than on similar sites of control teeth. However, the comparison of arithmetic average Plaque Index values for examined–control teeth pairs did not reveal statistically significant differences. Since the evaluation of the Plaque Index only defines the state of plaque accumulation at the moment of examination, it has to be concluded that it is the DIAGNOdent measurements that reveal long-term influence of ceramic restorations on bacterial plaque retention within abutments. More demineralized areas under crown and FPD edges prove longer bacterial accumulation and worse cleaning than of adjacent natural teeth. The conducted examination revealed the decisively lowest DIAGNOdent reading values concerning vestibular surfaces of abutments in dentition's anterior segment, and the highest ones for lingual and buccal surfaces of abutments in the lateral area. It reflects the different level of cleaning teeth with prosthetic restorations depending on their localization in the oral cavity.

The analysis of DIAGNOdent reading values under restoration edges in the lateral segment along with OHI-S index value, did not reveal a statistically significant negative influence of improper hygiene (higher OHI-S values) on hard dental tissues surface demineralization. Nevertheless, it has to be stated that the OHI-S index evaluates oral hygiene of particular patients only at approximate level. It is determined by the examination model, based on six strictly defined points of dentition. It does not provide full information about hard and soft deposits on other teeth.

In the anterior segment of the dental arch, the analysis of OHI-S values and demineralization level of vestibular surfaces of abutment teeth

awaryjność uzupełnień protetycznych mogła być w tym wypadku podyktowana dużą dbałością w stworzeniu prawidłowych warunków zwarcio-owych, które chronią korony i mosty od przeciążenia oraz destrukcyjnego wpływu sił działających nieosiowo.

W opisywanym badaniu, pomimo takiego postępowania, nie udało się zabezpieczyć koron i mostów przed problemem, jakim są odpryski porcelany licującej. W przypadku 25% prac protetycznych występowały miejsca z częściową utratą porcelany, z czego w 4% z odsłonięciem cyrkonowej podbudowy. Odpryski zlokalizowane były głównie w odcinku bocznym i na powierzchni policzkowej (Tab. 3). W zestawieniu z danymi z literatury światowej, ich częstość jest porównywalna z innymi opisanymi badaniami, w których mieściła się w granicach 3–25%.<sup>8,13,19</sup> Po 18 miesiącach użytkowanie z powodu delaminacji powierzchni licowej mostu 12–25, istniała konieczność jego wymiany na nowy. W przypadku pozostałych uzupełnień protetycznych, odpryski były wykrywane jedynie przez osobę badającą i poza wygładzeniem, nie wymagały większej interwencji.

Pomiary stopnia demineralizacji tkanek twardej urządzeniem DIAGNOdent ujawniły wyższe jego wartości w punktach poniżej brzegów koron ceramicznych niż na zębach kontrolnych, jednak zestawienie średnich arytmetycznych wartości wskaźników płytki dla badanych par zębów nie wykazały istotnych statystycznie różnic w stopniu zalegania płytki bakteryjnej. Ponieważ określenie wskaźnika płytki obrazuje jedynie stan zastany w momencie badania, wnioskować należy, iż to pomiar urządzeniem DIAGNOdent obrazuje długoczasowy wpływ uzupełnień ceramicznych na zaleganie miękkich złogów nazębnych odpowiedzialnych za tworzenie próchnicy. Bardziej zdemineralizowane miejsca pod brzegami koron i mostów świadczą o dłuższym zaleganiu płytki bakteryjnej i gorszym oczyszczaniu niż sąsiednich zębów własnych. W przeprowadzonym badaniu stwierdzono, iż zdecydowanie najniższe wskazania DIAGNOdent odczytywane były dla powierzchni przedsiłkowych filarów w odcinku przednim, a najwyższe dla powierzchni języko-

revealed statistically significant negative correlation. This result might indicate that patients with poor oral cavity hygiene tend to clean their front teeth (and particularly vestibular surfaces) more accurately than other areas of the arch.

Florida Probe device periodontal assessment revealed that average depth of gingival pockets of restored teeth was statistically higher than in control teeth. However, it has to be noted that the Spearman correlation test results indicate that as the depth of gingival pockets surrounding abutment teeth increases, gingival pockets surrounding control teeth also get deeper. Therefore, it may be concluded that the presence of fixed prosthetic restorations themselves causes deepening of gingival pockets, yet they do not negatively influence the state of periodontium during the analysed observation period.

## Conclusions

During the 36-month period of function, zirconium oxide-based ceramic restorations in most cases met functional and aesthetic requirements. Although porcelain chipping incidents were revealed in 25% of restorations, which constitutes a major drawback of zirconium-based crowns and bridges, it does not have to lead to prosthetic retreatment. Abutment teeth with zirconium restorations as well as adjacent natural teeth are equally prone to caries and periodontal diseases. However, their presence requires increased hygienic discipline, which cannot be solely confined to anterior dentition.

wych i policzkowych filarów w odcinku bocznym. Stanowi to odzwierciedlenie stopnia doczyszczania wymienionych miejsc zaopatrzonych w uzupełnienia protetyczne.

W odniesieniu do uproszczonego wskaźnika higieny OHI-S, mierzonego u każdego pacjenta nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu gorszej higieny (wyższe wartości OHI-S) na stopień demineralizacji powierzchni pod brzegami uzupełnień w odcinku bocznym. Należy jednak stwierdzić, iż wskaźnik OHI-S umożliwia określenie higieny danego pacjenta tylko w przybliżonym stopniu. Uwarunkowane jest to modelem badania, które obejmuje zawsze 6 ściśle określonych miejsc uzębienia, nie dając pełnej informacji na temat twardych lub miękkich złogów na pozostałych zębach.

Zależność między OHI-S a stopniem demineralizacji powierzchni przedsińkowych zębów filarowych odcinka przedniego zgodnie z przeprowadzonym badaniem była statystycznie istotna i wykazywała korelację ujemną. Oznacza to, iż pacjenci charakteryzujący się słabą higieną jamy ustnej, wyjątkowo dokładnie czyszczą zęby przednie, a w szczególności ich powierzchnie przedsińkowe (mniejsze wartości odczytu urządzenia DIAGNOdent).

W ocenie wyników pomiarów urządzeniem Florida Probe stwierdzono, iż głębokość kieszonek dziąsłowych w obrębie zębów filarowych jest statystycznie wyższa w porównaniu z zębami kontrolnymi. Na uwagę zasługuje jednak wynik testu korelacji Spearmana, który wskazuje, iż zgodnie ze wzrastającą głębokością kieszonek wokół zębów filarowych, głębsze są również kieszonki wokół zębów kontrolnych. Można zatem wnioskować, że sama obecność stałych uzupełnień protetycznych spowodowała pogłębienie kieszonek dziąsłowych, natomiast nie wpływały one negatywnie na stan przyzębia w trakcie użytkowania ich przez pacjenta w brany pod uwagę okresie obserwacji.

## Wnioski

Uzupełnienia ceramiczne na podbudowie z tlenku cyrkonu w trakcie 36-miesięcznego okresu użytkowania w większości przypadków spełni-

ły stawiane im wymogi funkcjonalne i estetyczne. Stwierdzone w 25% odpryski porcelany, choć stanowią zasadniczą wadę badanych uzupełnień, nie zawsze noszą konieczność ich wymiany. Filary zaopatrzone w ceramiczne korony są w takim samym stopniu narażone na próchnicę oraz choroby przyzębia jak sąsiadujące zęby własne. Ich obecność wymaga jednak zwiększonego reżimu higienicznego, który nie może być celowany głównie na przedni obszar uzębienia.

## References

1. Denry I, Kelly J: State of the art zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008; 24: 299-307.
2. Piconi C, Maccauro G: Zirconia as a ceramic material. *Biomaterials* 1999; 20: 1-25.
3. Raigrodski AJ: Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. *Dent Clin North Am* 2004; 48: 531-544.
4. Kohorst B, Brinkmann H, Li J, Borchers L, Stiesch M: Marginal accuracy of four – unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer – aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci* 2009; 116: 319-325.
5. Reich S, Kappe K, Teschner H, Schmitt J: Clinical fit of four unit zirconia posterior fixed dental prostheses. *Eur J Oral Sci* 2008; 116: 579-584.
6. Meyenberg K, Luthy H, Schärer P: Zirconia posts: a new allceramic concept for nonvital abutment teeth. *J Esthet Dent* 1995; 7: 73-80.
7. Molin MK, Karlsson SL: Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 223-227.
8. Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CH: Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 383-388.
9. Sailer I, Feher A, Filser F, Lüthy H, Gauckler LJ, Schärer P, et al: Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int* 2006; 37: 685-693.
10. Edelhoff D, Florian B, Florian W, Johnen C: HIP zirconia fixed partial dentures – clinical results after 3 years of clinical service. *Quintessence Int* 2008; 39: 459-471.
11. Schmitter M, Mussotter K, Rammelsberg P, Stober T, Ohlmann B, Gabbert O, et al: Clinical performance of extended zirconia frameworks for fixed dental prostheses: two-year results. *J Oral Rehabil* 2009; 36: 610-615.
12. Ortorp A, Kihl M, Carlsson G: A 3-year retrospective and clinical follow-up study of zirconia single crowns performed in a private practice. *J Dent* 2009; 37: 731-736.
13. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S, et al: The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 237-244.
14. Quality evaluation for dental care. Guidelines for the assessment of clinical quality and professional performance. Los Angeles: California Dental Association; 1977.
15. Wędrychowicz-Welman A, Prymas A, Lewandowski P: Diagnostyka próchnicy powierzchni żujących zębów bocznych metodą fluorescencji laserowej. *Dent Med Probl* 2007; 44: 207-213.
16. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P: Clinical performance of laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001; 109: 14-19.
17. Cehreli MC, Kökat AM, Akça K: CAD /CAM Zirconia vs. slip-cast glass-infiltrated Alumina / Zirconia all-ceramic crowns: 2-year results of a randomized controlled clinical trial. *J Appl Oral Sci* 2009; 17: 49-55.
18. Pospiech P, Rountree P, Nothdurft F: Clinical evaluation of zirconia-based all-ceramic posterior bridges: two-year results. *J Dent Res* 2003; 82: 114.

19. *Bornemann G*: Prospective clinical trial with conventionally luted Zirconia-based fixed partial dentures – 18-month results. *J Dent Res* 2003; 82: 117.
20. *Bauer F, Naumeier P, Naumann M*: Marginal fit of 14-unit zirconia fixed dental prostheses retainers: *J Oral Rehabil* 2009; 36: 142-149.
21. *Coli P, Karlsson S*: Fit of a new pressure – sintered zirconium dioxide coping. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 59-64.
22. *Grenade C, Mainjot A, Vanheusden A*: Fit of single tooth zirconia copings comparison between various manufacturing processes. *J Prosthet Dent* 2011; 105: 249-255.

Address: 02-006 Warszawa, Nowogrodzka 59  
Tel.: +4822 50218186, Fax: +4822 5022145  
e-mail: k.majchrzak11@gmail.com

Received: 5<sup>th</sup> November 2014

Accepted: 19<sup>th</sup> January 2015