

Indywidualne wkłady koronowo-korzeniowe z ceramiki tlenku cyrkonu wykonane w systemach CAD/CAM

Customized posts and cores made of zirconium oxide ceramics performed in the CAD/CAM systems

Beata Dejak¹, Bartłomiej Konieczny²

¹ Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

Department of Prosthodontics, Medical University of Lodz

Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Beata Dejak*

² Uczelniane Laboratorium Badań Materiałowych, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

University Lab for Material Research, Medical University of Lodz

Kierownik: prof. dr hab. *Jerzy Sokołowski*

HASŁA INDEKSOWE:

ceramika tlenku cyrkonu, ceramiczne wkłady koronowo-korzeniowe indywidualne, system CAD/CAM

KEY WORDS:

zirconium oxide ceramic, customized ceramic posts and cores, CAD/CAM system

Streszczenie

Celem pracy jest przedstawienie procedury wykonania indywidualnego wkładu koronowo-korzeniowego z ceramiki tlenku cyrkonu w systemie CAD/CAM oraz opisanie wad i zalet tego uzupełnienia. Wykonano skanowanie wycisku elastomerowego pod wkład koronowo-korzeniowy oraz gipsowego modelu roboczego, modelu zębów przeciwstawnych i bocznego rejestratu zwarcia w urządzeniu Edge (DOF, Korea). Wirtualne modele z wycisku i modelu roboczego nałożono na siebie w programie skanera DOF scan-app. Dane przesłano do programu CAD Exocad, w którym zaprojektowano wirtualny wkład, a następnie do programu CAM Millbox. Uzupełnienie wyfrezowano z bloczka 3Y-TPZ Aidite Suprfect Zir HTW we frezarce CORiTEC 350i PRO+ Loader (imes-icore). Opisano trudności w wykonaniu ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych oraz problemy z wyborem odpowiedniej grubości bloczka ze sprasowanego tlenku cyrkonu. Zaprezentowano zalety i wady tych uzupełnień. Przedstawiono odporność na złamanie zębów od-

Summary

The aim of the study is to present the procedure for making a customized post and core made of zirconium oxide ceramic in the CAD/CAM system and to describe the advantages and disadvantages of this type of prosthetic restorations. The post and core impression and the plaster model, the model of the opposing teeth and the lateral occlusion recorder were scanned in the Edge device (DOF, Korea). Virtual models of the impression and the working model were superimposed in the DOF scan-app scanner programme. The data was sent to the CAD Exocad programme, where a virtual post and core was designed, and then to the CAM Millbox programme. The restoration was milled from the 3Y-TPZ Aidite Suprfect Zir HTW block in the CORiTEC 350i PRO + Loader imes-icore). Difficulties in the manufacture of ceramic posts and cores, problems with the selection of the appropriate thickness of a zirconia ceramic block have been described. The advantages and disadvantages

budowanych indywidualnymi wkładami z ceramiki tlenku cyrkonu oraz trwałość tych uzupełnień. Technologia CAD/CAM umożliwia wykonanie wkładów koronowo-korzeniowych z ceramiki tlenku cyrkonu. Należy zawsze rozważyć kliniczne zastosowanie tych uzupełnień biorąc pod uwagę ich właściwości, zalety i wady.

of these restorations are presented. The fracture resistance of teeth restored with ceramics posts and their durability are shown in this paper. The CAD/CAM technology enables the production of zirconia post and cores. The clinical use of these restorations should always be considered with respect to their properties, advantages and disadvantages.

Wskazaniem do wykonania indywidualnych wkładów koronowo-korzeniowych są zęby leczone endodontycznie, których struktury nadziąsłowe uległy zniszczeniu w ponad 50%. Zalecane są w sytuacjach, w których dalsza odbudowa protetyczna (korona, most) nie będzie miała dostatecznej retencji lub istnieje ryzyko, że ząb filarowy ulegnie złamaniu.¹ Można je zastosować w sytuacji, gdy kanał korzenia ma przekrój owalny, nie okrągły oraz w zębach z proklinacją.

Indywidualne wkłady koronowo-korzeniowe najczęściej są odlewane ze stopów metali (stopów złota, srebro-palladowych, chromo-kobaltowych). Do ich budowy można wykorzystać włókna polietylenowe lub szklane zespolone żywicami matakrylanowymi. Istnieją próby wykonania tych uzupełnień z ceramiki tlenku cyrkonu w (np. IPS e.max ZirCAD), ceramiki hybrydowej (np. Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen), czy wysokiej gęstości polimerów PICN (polymer-infiltrated network ceramic – infiltrowana polimerami sieć ceramiczna np. Lava Ultimate, 3M Espe, Ambarino; Creamed, Marburg) w technologii CAD/CAM.² Jednak do wykonania ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych stosuje się najczęściej ceramikę tlenku cyrkonu ze względu na jej właściwości materiałowe.³

Ceramika 3Y-TPZ składa się z gęsto spieczonych kryształów dwutlenku cyrkonu. Występuje w formie tetragonalnej, która w temperaturze pokojowej jest stabilizowana tlenkiem itru.⁴

Posiada właściwość transformacji wzmacniającej. Zjawisko to zapobiega kruchemu pękaniu ceramiki tlenku cyrkonu i wpływa na wzrost odporności na złamania tego materiału.⁵ Ceramika 3Y-TPZ charakteryzuje się współczynnikiem intensywności naprężeń K_{IC} 6,6-10 MPa·m^{1/2}, jest najmniej kruchą spośród ceramik dentystycznych,⁵ nie mniej w porównaniu z metalami jest 10-krotnie bardziej kruchym materiałem. Ceramika tlenku cyrkonu ma dużą sztywność, porównywalną ze stałą, z modułem sprężystości 210 GPa. Ma najwyższą spośród innych ceramik wytrzymałość na zginanie 840-1200 MPa. Jest bardzo twarda 13 HV. Ma biały kolor (chyba że zostanie podbarwiona) i jest mało przezierna. Ma gładką powierzchnię. Prawie nie ulega wytrawieniu HF.⁵

Zastosowanie technologii CAD/CAM do wykonania indywidualnych ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych zostało opisane w 2007 roku przez *Awad i Marghalani*,⁶ a później przez *Streckera i Geissbergera*.⁷ Wykonywali oni skan wzorca wkładu wykonanego bezpośrednio z Resin Patern, który następnie frezowali z ceramiki tlenku cyrkonu. Niestety wkłady te nie były dokładne i wymagały dopasowania wkładu do kanału korzenia.⁸ W 2014 roku *Li i wsp.*⁹ opisał zastosowanie standardowego wkładu korzeniowego z ceramiki tlenku cyrkonu, do którego doklejono część koronową wyfrezowaną w technice CAD/CAM. W 2018 roku ten sam autor przedstawił wykonanie wkładu 3Y-TPZ w

technologii CAD/CAM na podstawie skanu wycisku opracowanego zęba.¹⁰

Wykonanie wkładów koronowo-korzeniowych z ceramiki tlenku cyrkonu jest kontrolersyjne, ze względu na kruchość tego materiału i trudności w technicznym wykonaniu uzupełnienia.¹¹ Jednocześnie materiał ten jest wytrzymały na zginanie i pozwala na wykonanie estetycznych uzupełnień, które imitują barwę i przezroczoność zębiny.

Celem pracy jest przedstawienie procedury wykonania indywidualnego wkładu koronowo-korzeniowego z ceramiki tlenku cyrkonu w systemie CAD/CAM oraz opisanie wad i zalet tego uzupełnienia.

Kliniczne wykonanie indywidualnego wkładu koronowo-korzeniowego z ceramiki tlenku cyrkonu

Pacjentka lat 50 zgłosiła się w celu poprawy wyglądu zębów przednich. Na podstawie badania wewnątrzustnego stwierdzono w zębie 22 duże wypełnienia klasy IV M i III D, znaczne przebarwienie tkanek. Ząb był prawidłowo wyleczony endodontycznie. Na zdjęciu RTG nie zauważono zmian okołowierzchołkowych. Zaplanowano estetyczną i przezierną odbudowę zęba indywidualnym wkładem koronowo-korzeniowym z ceramiki tlenku cyrkonu oraz koroną pełnoceramiczną.

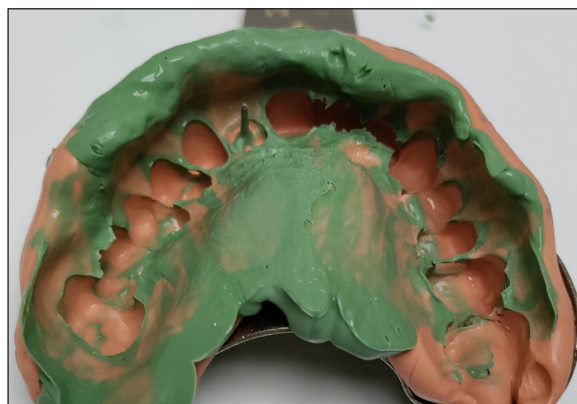
Ząb 22 opracowano pod indywidualny, ceramiczny wkład koronowo-korzeniowy. Postępowanie kliniczne do indywidualnych wkładów ceramicznych nie odbiega od konwencjonalnego pod wkłady ze stopów metali. Różnica polega na szerszym opracowaniu kanału korzenia. Usunięto wypełnienia, ścięto niepodparte tkanki zęba. Kanał korzenia opracowano na długość 9 mm (co stanowiło 2/3 długości kanału) i szerokość 1,4 mm. Powierzchnię nośną korzenia wygładzono. Wykonano wycisk dwuwarstwowy jednoczasowy masą elastomerową Express STD (3M/Espe) (ryc. 1), wycisk zębów przeciwstawnych,

zarejestrowano zwarcie nawykowe woskiem Alminax (Komdent).

Laboratoryjne wykonanie indywidualnego wkładu koronowo-korzeniowego z ceramiki tlenku cyrkonu

Do wykonania wkładu koronowo-korzeniowego z ceramiki tlenku cyrkonu wykorzystano system laboratoryjny CAD/CAM. Na podstawie wycisków odlano modele żuchwy i szczęki z gipsu klasy IV. W laboratorium zeskanowano wycisk górny oraz model szczęki z wkładem koronowo-korzeniowym w urządzeniu Edge (DOF, Korea). W programie skanera DOF scan-app, skan wycisku został automatycznie przekonwertowany na pozytyw. Dwa wirtualne modele szczęki nałożono na siebie za pomocą 3 charakterystycznych punktów. Wykonano również skan modelu zębów przeciwstawnych oraz skan boczny w zwarcu modeli. Modele przeciwstawne spójczonowano ze sobą. Pliki STL przesłano do programu Exocad (Exocad, Niemcy).

W programie Exocad wprowadzono dane pacjenta, określono ząb do odbudowy 22, podano rodzaj pracy oraz materiał z jakiego uzupełnienie będzie wykonane – ceramika miękkiego tlenku cyrkonu (ryc. 2, 3). Wykorzystano moduł Inlay. Zaznaczono granice preparacji (ryc. 4) oraz tor wprowadzania zgodny z

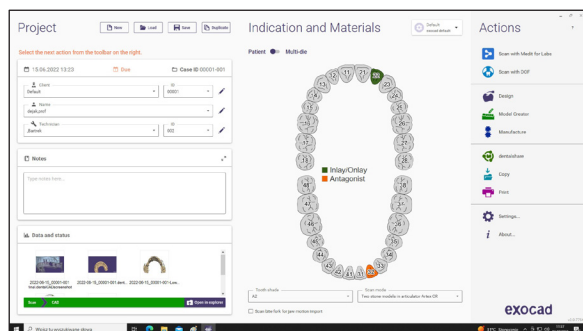


Ryc. 1. Wycisk zębów szczęki masą elastomerową Express, z opracowanym korzeniem 22 pod wkład koronowo-korzeniowy.

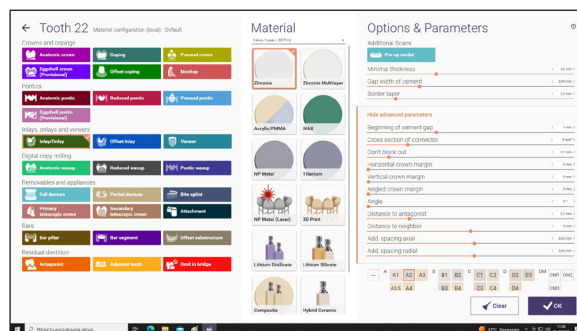
opracowanym kanałem (ryc. 5). Następnie zaprojektowano wkład koronowo-korzeniowy w programie Exocad. Część korzeniowa była dopasowana do kształtu korzenia, pomniejszona o warstwę cementu, którą ustalono na 150 μm . Kształt przyszłej korony został dobrany z biblioteki programu i dopasowywany do powierzchni nośnej korzenia, punktów styčných i do zwarcia. Następnie zeskalowano go do rdzenia korony (ryc. 6). W ten sposób powstał

wirtualny wzorec wkładu koronowo-korzeniowego (ryc. 7).

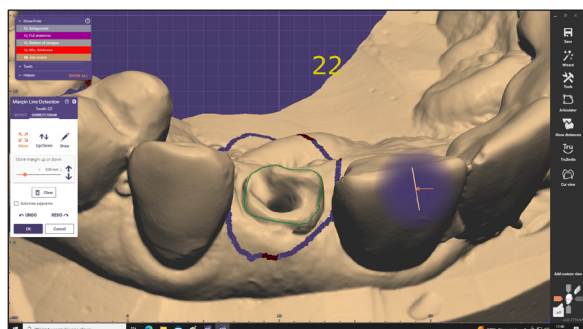
W programie Millbox usytuowano wkład w wirtualnym bloczku, tak aby jego końce nie wystawały poza bloczek. Długość trzonu wkładu wynosiła 9 mm, a część koronowa miała 7 mm. Należy uwzględnić współczynnik skurczu sprasowanego tlenku cyrkonu 24%. Minimalną szerokość bloczka tlenku cyrkonu określono na 22,0 mm (19,8 mm



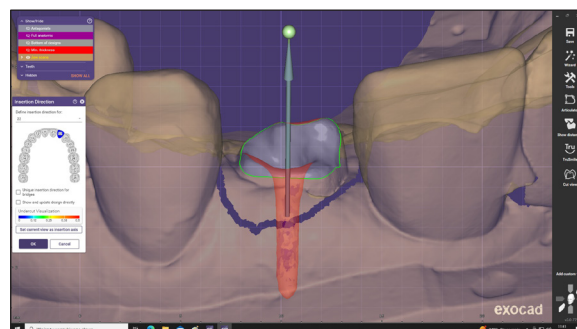
Ryc. 2. Wprowadzenie danych pacjenta oraz zęba 22 pod uzupełnienie w programie Exocad.



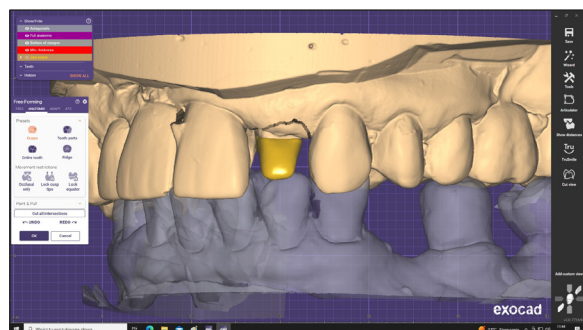
Ryc. 3. Wprowadzenie materiału uzupełnienia sprasowanego tlenku cyrkonu oraz rodzaju pracy- inlay.



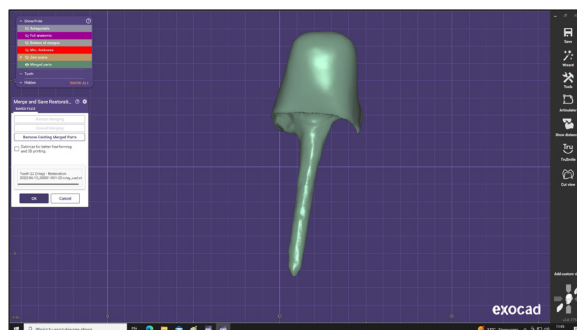
Ryc. 4. Zaznaczenie granicy preparacji na powierzchni korzenia zęba 22.



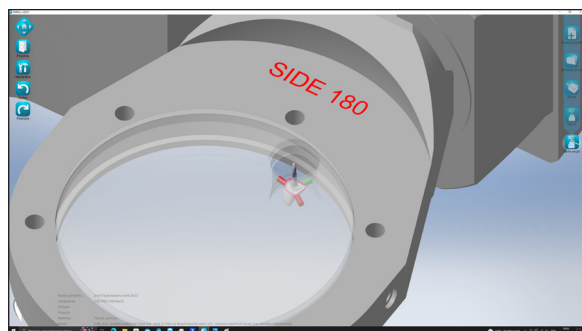
Ryc. 5. Wybór toru wprowadzania wkładu koronowo-korzeniowego zgodnie z długą osią kanału korzenia.



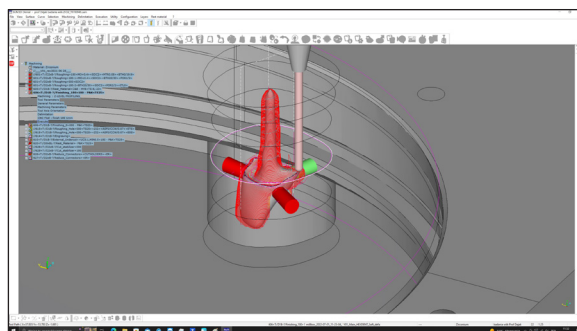
Ryc. 6. Projektowanie części koronowej wkładu w programie exocad.



Ryc. 7. Zaprojektowany kształt wkładu koronowo-korzeniowego.



Ryc. 8. Projektowanie łączników w programie millbox.



Ryc. 9. Projektowanie ścieżki frezowania w programie millbox.



Ryc. 10. Gotowy indywidualny ceramiczny wkład koronowo-korzeniowy.

długość wkładu i po 1 mm dookoła wkładu). Zaprojektowano łączniki wkładu z bloczkiem w celu ustabilizowania uzupełnienia podczas frezowania (ryc. 8). Ustalono rodzaje wiertel i ich drogę frezowania (ryc. 9).

Informacje zostały przesyłane do frezarki numerycznej CORiTEC 350i PRO+ Loader (imes-icore). Wkład wyfrezowano z bloczka sprasowanego tlenku cyrkonu Aidite Suprfect Zir HTW o wymiarach 98 x 22 mm. Następnie podbarwiono wkład za pomocą Ceramill Liquid A2. Wyciętą strukturę zsynteryzowano w piecu Ceramill Therm (Amann Girrbach, Niemcy) przez 12 godzin w temperaturze 1500°C, przy zaplanowanym wzroście temperatury 8°C/min. W ten sposób powstał indywidualny ceramiczny wkład koronowo-korzeniowy (ryc. 10).

Cementowanie ceramicznego indywidualnego wkładu koronowo-korzeniowego

Ceramiczny wkład koronowo-korzeniowy z ceramiki tlenku cyrkonu skontrolowano u

pacjenta za pomocą masy silikonowej. Jego dopasowanie do kanału i powierzchni nośnej było bardzo dobre. Wkład został zacementowany w korzeniu na samotrawiący cement Duolink (Bisco, USA). Powierzchnię uzupełnienia odtłuszczono alkoholem, wypłukano dokładnie i wysuszono. Następnie pokryto primerem Z-Prime Plus (Bisco, USA) i ponownie wysuszono. Na powierzchnię kanału korzenia naniesiono All Bond Universal (Bisco, USA). Do kanału za pomocą kaniuli wprowadzono cement Duolink (Bisco, USA) i osadzono wkład koronowo-korzeniowy w korzeniu.¹²

Podsumowanie

Trudności techniczne wykonania ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych

Wielu klinicystów uważa, że wykonanie ceramicznego wkładu koronowo-korzeniowego w technice CAD/CAM jest niemożliwe. Opinia ta jest podyktowana trudnością w uwidocznieniu głębokiego kanału w skanowaniu wewnętrznym lub skanowaniu laboratoryjnym modelu. Jediną metodą dobrego odwzorowania geometrii kanału korzenia jest skan wycisku, cyfrowo przekonwertowany na wirtualny model i nałożony na skan odlanego modelu gipsowego. Kanał powinien być prosty, szeroki i niezbyt długi (8-9 mm).

Kolejnym problemem jest wyfrezowanie całego wkładu koronowo-korzeniowego w jednym kawałku. Wysokość krążka sprasowanego

tlenku cyrkonu nie powinna być mniejsza niż 22 mm, ponieważ razem należy wyfrezować trzon (około 8-9 mm) i rdzeń wkładu (około 7-8 mm), a dodatkowo uwzględnić 20-25% skurcz materiału podczas syntezy. Dlatego długie wkłady nie mogą być wykonane tą metodą. Ponadto istnieje ryzyko złamania wkładu podczas jego frezowania. Cienki trzon wkładu może ulec uszkodzeniu podczas obróbki frezami.

Do niedawna wkłady koronowo-korzeniowe w systemach CAD/CAM były niedokładne. Rozwój tych systemów pozwolił na wykonanie wkładów korzeniowych dobrze dopasowanych do kanałów korzeni. *Habib*¹³ porównał systemy Ceramill Motion 2 (Amann Girrbach, Niemcy); Weiland (Ivoclar Vivadent, USA); Cerec (Sirona Dental, USA); Zirkonzahn (GmbH Bruneck, Włochy) i Cad4dent (Kanada). Największą dokładność dopasowania wkładów do ścian korzenia uzyskano w Ceramill $31,30 \pm 15,12 \mu\text{m}$, a najmniejszą w Zirkonzahn $44,83 \pm 28,76 \mu\text{m}$. Wartości pionowej rozbieżności obserwowane dla różnych systemów mieściły się w zakresie akceptowalnym klinicznie.

Odporność na złamania ceramicznych indywidualnych wkładów koronowo-korzeniowych

W ocenie wytrzymałości indywidualnych ceramicznych wkładów badania nie są jednoznaczne. Według *Habibzadeh* i wsp.¹⁴ zęby z wkładami 3Y-TPZ są mniej odporne na złamania niż indywidualne metalowe. *Alkhatiri* i wsp.¹⁵ zauważyli, że średnia siły niszczącej wkłady metalowe i z ceramiki tlenku cyrkonu były podobne i wynosiły odpowiednio $324,05 \pm 71,47\text{N}$, $328,06 \pm 54,37\text{N}$. Natomiast *Abduljabbar* i wsp.¹⁶ a także *Kalyoncuoğlu* i wsp.¹⁷ wykazali wyższą odporność na złamanie zębów z niestandardowymi wkładami z tlenku cyrkonu w porównaniu do wkładów ze stopów metali oraz z włókna szklanego. *Dede* i wsp.¹⁸ porównali odporność na złamanie zębów z wkładami wykonanymi z monolitycznego tlenku cyrkonu (In Coris TZI;

Sirona Dental Systems), kompozytu wzmocnianego włóknami szklanymi (Cytec Blanco, Hahnenratt GmbH), ceramiki dwukrzemianu litu (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent), ceramiki krzemianu litu (Vita Suprinity, Vita Zahnfabrick) kompozytu nanoceramicznego (Lava Ultimade, 3M ESPE) i ceramiki hybrydowej Vita Enamic, Vita Zahnfabrick). Okazało się, że zęby z wkładami z przeziernego tlenku cyrkonu łamały się pod wpływem siły $365,62 \pm 28,52\text{N}$, podczas gdy FRC przy siłach $261,07 \pm 24,51\text{N}$, a pozostałe grupy uległy zniszczeniu pod wpływem $167,09-191,64\text{N}$. Zęby z wkładami z ceramik hybrydowych lub krzemianu litu wykazywały 2-krotnie mniejszą odporność na złamania w porównaniu z tymi z tlenku cyrkonu.

Z badań autorskich, przeprowadzonych metodą elementów skończonych MES wynika, że naprężenia wokół wkładów koronowo-korzeniowych w zębinie i w cemencie można zredukować przez stosowanie sztywnego wkładu i rdzenia,^{19,20} długiego trzonu wkładu,²¹ oparciu rdzenia wkładów o powierzchnie nośne korzeni,²² wykorzystania efektu obejmy „ferrule effect”.²³ Szczególnie istotne jest zastosowanie sztywnego rdzenia dopasowanego do powierzchni nośnej korzenia, objętego wraz z tkankami koroną protetyczną. Dlatego wykonanie indywidualnego ceramicznego wkładu koronowo-korzeniowego w jednym kawałku, w systemie CAD/CAM, jest znacznie korzystniejszym rozwiązaniem niż zastosowanie standardowego ceramicznego wkładu z kompozytowym rdzeniem. Z badań MES *Marghalani* i wsp. wynika, że wkłady z tlenku cyrkonu CAD/CAM mogą służyć jako alternatywa dla odlewanych ze złota, zwłaszcza w strefach wymagających pod względem estetycznym.³

Zalety i wady indywidualnych ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych

Zaletą indywidualnych ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych z ceramiki

tlenku cyrkonu jest dobra estetyka. Możliwość dopasowania koloru ceramiki tlenku cyrkonu i transparentności do zębiny powoduje, że wkłady te są korzystniejsze pod względem estetycznym w porównaniu z metalowymi. Ceramika jest biogodnym materiałem, w jamie ustnej nie powoduje odczynów zapalnych ani alergicznych. Wkład wykonany z ceramiki tlenku cyrkonu jest widoczny na RTG, co pozwala ocenić jego dokładność.

Wadą ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych jest ich kruchość. Opracowanie wkładu z ceramiki tlenku cyrkonu wiertłami, podczas dopasowywania do podłoża generuje na powierzchni materiału mikropęknięcia, które mogą przyczynić się do złamania struktury wkładu. Ponadto, ceramika tlenku cyrkonu jest bardzo twarda. W przypadku pęknięcia wkładu koronowo-korzeniowego w korzeniu zęba, trzon wkładu jest bardzo trudno usunąć. Dlatego części korzeniowe wkładów z ceramiki tlenku cyrkonu powinny być szersze niż tradycyjnych metalowych. Zalecana szerokość opracowania kanału wynosi 1,4-1,7 mm. Niestety taka szeroka preparacja kanału powoduje mechaniczne osłabienie korzenia. Dodatkowo ceramika tlenku cyrkonu nie ulega wytrawieniu HF. Jej połączenie z zębiną jest słabsze niż w przypadku cementowania adhezyjnego ceramik szklanych, co może przyczynić się do mikroprzecieku wokół wkładu.²⁴ Obecnie są cementy samotrawiące z primerami dedykowanymi do ceramiki ZrO₂ np. Panavia F V5 z Clearfil Primer Plus (Kuraray), Multilink Automix z Monobond Plus (Ivoclar Vivadent), ResiCem z AZ-Primer (Shofu) lub Z-Prime Plus Duolink (Bisco). Wkłady te są droższe niż te ze stopów metali.

Trwałość wykładów ceramicznych indywidualnych wkładów koronowo-korzeniowych.

Według Ying i wsp.²⁵ wskaźnik przeżycia ceramicznych wkładów koronowo-korzeniowych z ceramiki tlenku cyrkonu wyniósł 96,0%,

a wskaźnik sukcesu 92,4% w ciągu 6 lat obserwacji. W zębach przednich współczynnik przeżycia wyniósł 100%, w zębach przedtrzonowych 95,4% i a w zębach trzonowych 88,3%

Przyczynami niepowodzeń było złamanie korony (1,9%) zapalenie okołowierzchołkowe (1,9%), odklejenie korony (1,1%), zmiany okołowierzchołkowe (1,9%) oraz złamanie korzenia (0,8%).

Wnioski

Technologia CAD/CAM umożliwia wykonanie wkładów koronowo-korzeniowych z ceramiki tlenku cyrkonu. Należy zawsze rozważyć kliniczne zastosowanie tych uzupełnień biorąc pod uwagę ich właściwości, zalety i wady.

Piśmiennictwo

1. Dejak B: Vademecum wykonywania protez stałych i ruchomych. MedTourPress. Otwock 2020: 27-47.
2. Eid R, Tribst JP, Juloski J, Özcan M, Salameh Z: Effect of material types on the fracture resistance of maxillary central incisors restored with CAD/CAM post and cores. *Int J Computer Dent* 2021; 24(1): 41-51.
3. Marghalani TY, Hamed MT, Awad MA, Naguib GH, Elragi AF: Three-dimensional finite element analysis of custom made ceramic dowel made using CAD/CAM technology. *J Prosthodont* 2012; 21(6): 440-450. doi:10.1111/j.1532-849X.2012.00860.x.
4. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkova V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajratkova-Misevska C, Grozdanov A: Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indication for use. *Maced J Med Sci* 2018; 6(9): 1742-1755.
5. Dejak B, Kacprzak M, Suliborski B, Śmielak B: Structure and some properties of dental ce-

- ramics used in all-ceramics restorations based on literature. *Protet Stomatol* 2006; 6: 471-477.
6. *Awad MA, Marghalani TY*: Fabrication of a custom-made ceramic post and core using CAD-CAM technology. *J Prosthet Dent* 2007; 98(2): 161-162. doi: 10.1016/S0022-3913(07)60050-X
 7. *Streacker AB, Geissberger M*: The milled ceramic post and core: a functional and esthetic alternative. *J Prosthet Dent* 2007; 98(6): 486-487. doi: 10.1016/S0022-3913(07)60151-6
 8. *Bittner N, Hill T, Randi A*: Evaluation of a one-piece milled zirconia post and core with different post-and-core system: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2010; 103: 369-379.
 9. *Lee JH, Sohn DS, Lee CH*: Fabricating a fiber-reinforced post and zirconia core with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent* 2014; 112(3): 683-685. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.01.015
 10. *Lee JH*: Fabricating a custom zirconia post-and-core without a post-and-core pattern or a scan post. *J Prosthet Dent* 2018; 120(2): 186-189. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.10.004
 11. *Goracci C, Ferrari M*: Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J* 2011; 56, Suppl 1: 77-83. doi:10.1111/j.1834-7819.2010.01298.x.
 12. *Sipahi C, Toksoy F, Ayyildiz S, et al.*: Effect of physical and physicochemical surface treatment methods on the tensile strength of CAD/CAM-fabricated zirconia posts and cores luted to root canals. *Int J Periodont Res Dent* 2011; 31(5): e64-70.
 13. *Habib SH*: Digital microscopic evaluation of vertical marginal discrepancies of CAD/CAM fabricated zirconia cores. *Randomized Controlled Trial Biomed Tech* 2019 24; 64(2): 207-214. doi: 10.1515/bmt-2017-0234.
 14. *Habibzadeh S, Rajati HR, Hajmiragha H, et al.*: Fracture resistances of zirconia, cast Ni-Cr, and fiber-glass composite posts under all-ceramic crowns in endodontically treated premolars. *J Adv Prosthodont* 2017; 9(3): 170-175. doi: 10.4047/jap.2017.9.3.170
 15. *Alkhatiri R, Saleh AR, Kheder W*: Evaluating fracture resistance and failure modes of root filled teeth restored with CAD/CAM-fabricated post and core. *Clin Cosmet Investig Dent* 2019; 14; 11: 349-355. doi: 10.2147/CCIDE.S219712.
 16. *Abduljabbar T, Sherfudhin H, AlSaleh SA, et al.*: Fracture resistance of three post and core systems in endodontically treated teeth restored with all-ceramic crowns. *King Saud Univ J Dent Sci* 2012; 3(1): 33-38. doi: 10.1016/j.ksujds.2011.10.001
 17. *Kalyoncuoğlu E, Ural C, Aydemir H, Aslan MA, Balkaya VJ*: Effect of 1-piece post and core fabrication techniques on fracture strength. *Appl Biomater Funct Mater* 2015; 16, 13(3): e253-8. doi: 10.5301/jabfm.5000223.
 18. *Dede DC, Celik E, Sariyilmaz E, Cakici F, Cakici E, Kahveci C*: Fracture strength of endodontically treated teeth restored with novel CAD/CAM ceramic post systems. *Ann Med Res* 2021; 28 (2): 267-274. doi: 10.5455/annalsmedres.2020.03.202
 19. *Dejak B*: Porównanie wytrzymałości zębów odbudowanych za pomocą indywidualnych wkładów koronowo-korzeniowych i standardowych kompozytowych wzmacnianych włóknami szklanymi. *Protet Stomatol* 2012; LX, 2: 112-123.
 20. *Ozcan N, Sahin E*: In vitro evaluation of the fracture strength of all-ceramic core materials on zirconium posts. *Eur J Dent* 2013; 7(4): 455-460. doi: 10.4103/1305-7456.120671.
 21. *Góra K, Dejak B*: Ocena odporności na złamanie zębów odbudowanych wkładami koronowo-korzeniowymi kompozytowymi wzmacnianymi włóknami szklanymi w zależności od średnicy i długości wkładów. *Protet Stomatol* 2015; LXV, 3: 233-240.
 22. *Dejak B*: Wpływ kształtu powierzchni nośnej wkładu koronowo-korzeniowego na naprężenia powstałe na tkankach zęba. *Stomatol*

- Współ 1994; 5: 359-366.
23. Dejak B, Młotkowski A: The influence of ferrule effect and length of cast and FRC posts on the stresses in anterior teeth. *Dent Mater* 2013; 29, 9: e227-237.
24. Usumez A, Cobankara FK, Ozturk N: Eskitascioglu G, Belli S. Microleakage of endodontically treated teeth with different dowel systems. *J Prosthet Dent* 2004; 92(2): 163-169. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.05.004.
25. Ying S, Chen S, Wang S, Xu L, Wang X, He F, Liu W: Outcome of teeth restored with CAD/CAM zirconium dioxide post-cores: a retrospective study with a follow-up period of 3-6 years. *BMC Oral Health* 2022; 22: 236. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02273-4>.

Zaakceptowano do druku: 15.11.2022 r.

Adres Autorów: 92-213 Łódź, ul. Pomorska 251.

© Zarząd Główny PTS 2022.