

Wybrane aspekty mechaniczne wkładów koronowo-korzeniowych z włókna szklanego – przegląd piśmiennictwa

Chosen aspects of mechanical strength of glass fiber posts: A literature review

Michał Biały, Tomasz Dąbrowa, Piotr Napadłek

Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

Kierownik: dr hab. *W. Więckiewicz*, prof. nadzw.

HASŁA INDEKSOWE:

wkład koronowo-korzeniowy, włókno szklane, wytrzymałość mechaniczna, test trójpunktowy, efekt obręczy

KEY WORDS:

crown-root post, glass fiber post, mechanical of strength, 3-point bending test, ferrule effect

Streszczenie

Wkłady koronowo-korzeniowe z włókna szklanego umożliwiają rekonstrukcję zębów leczonych endodontycznie tworząc retencję dla korony protetycznej w oparciu o wykonaną na nich podbudowę kompozytową. Charakterystyka wytrzymałości mechanicznej wkładów koronowo-korzeniowych może pomóc w wyborze odpowiedniego rodzaju włókna szklanego wśród ogromnej palety produktów oferowanych na rynku stomatologicznym. Na podstawie przeglądu piśmiennictwa przeprowadzono analizę wytrzymałości mechanicznej różnych wkładów z włókna szklanego.

Summary

Crown-root glass fiber posts allow to reconstruct endodontically treated teeth. They are composite restorations that provide retention for prosthetic crowns. Characteristics of mechanical strength of glass fiber posts can help choose the right one from the variety of products offered in the dental market. The analysis of the glass fiber posts' mechanical strength based on a literature review is presented.

W zębach leczonych endodontycznie znacznie zniszczona struktura korony zęba jest często zbyt słaba, by sprostać działającym na nią siłom żucia, a prawdopodobieństwo złamania w trakcie obciążenia czynnościowego znacznie się zwiększa. Siły zgryzu w zależności od

wielkości, intensywności, czasu trwania i miejsca występowania powodują różny stopień koncentracji naprężeń w twardych tkankach zęba i uzupełnieniach protetycznych. Podstawową cechą odporności konstrukcji protetycznej na uszkodzenie jest jej wytrzymałość materiałowa,

którą określa się poprzez ocenę wpływu trzech typów obciążeń: docisku, rozciągania i ścinania. Docisk jest to stan obciążenia materiału, w którym punktowa lub powierzchniowa siła zewnętrzna działa na powierzchnię ciała, powodując powstawanie naprężeń w warstwie powierzchniowej materiału. Rozciąganie jest to stan obciążenia materiału przez parę sił współliniowych i równych sobie co do wartości, lecz o przeciwnych zwrotach, skierowanych na zewnątrz ciała. Ścinanie jest to taki przypadek obciążenia, w którym układ sił wewnętrznych zostaje sprowadzony do jednej siły działającej w płaszczyźnie przekroju elementu.¹

Zastosowanie wkładu koronowo-korzeniowego, który składa się z części korzeniowej umieszczonej w kanale oraz koronowej stanowiącej rdzeń dla odbudowy, stwarza możliwości rekonstrukcji częściowo lub całkowicie utraconych tkanek twardych zęba. Stanowi również solidne podparcie dla uzupełnień ostatecznych, jakimi są pojedyncze korony czy mosty.² Niektórzy badacze sugerują, że wkłady wzmacniają tkanki tak zrekonstruowanych zębów.^{3,4} Również dzięki nim występuje lepszy rozkład naprężeń w korzeniu. Inni naukowcy twierdzą, że wkład koronowo-korzeniowy nie wzmacnia struktury zęba, nie wpływa na poprawę jego odporności na złamania, a jedynie zapewnia rdzeń zwiększający retencję materiału odbudowującego zrąb koronowy do tkanek zęba.⁵⁻⁸ Z tych powodów wykonanie wkładu koronowo-korzeniowego jest jednym z najczęstszych zabiegów protetycznych.

Wkłady koronowo-korzeniowe (k-k) z włókna szklanego umożliwiają odbudowę części koronowej zębów, których tkanki twarde uległy znacznej redukcji i osłabieniu na skutek przeprowadzonego leczenia endodontycznego.⁹ Zasadniczy wpływ na ich wytrzymałość mechaniczną, ma równoległe ułożenie włókien do długiej osi wkładu, ich równomierne rozmieszczenie w przekroju poprzecznym matrycy, gęstość (ilość włókien na mm² powierzchni) oraz

brak występowania porowatości. Ilość włókien przypadająca na mm² powierzchni wkładu wynosi średnio od 18 do 36 i wraz ze wzrostem ich zagęszczenia rośnie odporność wkładu na złamanie.¹⁰

Podstawowym składnikiem włókien szklanych jest dwutlenek krzemu (SiO₂), którego proces wytwarzania polega na stopieniu krysztalów kwarcu w temperaturze 1400-1500°C, a następnie uformowaniu włókien o średnicy 6-21 μm. W przypadku powolnego ochładzania stopionej krzemionki powstaje szkło kwarcowe (włókna kwarcowe), którego głównym składnikiem jest faza krystaliczna (tetragonalna) z małą ilością fazy amorficznej (bezpostaciowej). Natomiast szybkie chłodzenie prowadzi do powstania szkła amorficznego (włókna szklane) z niewielką ilością fazy krystalicznej. Zawartość włókien, w zależności od producenta wynosi wagowo pomiędzy 42 a 77% masy wkładu. Współcześnie, w większości przypadków włókna są fabrycznie silanizowane, a następnie zatapiane w matrycy epoksydowej lub polimerowej opartej na monomerze Bis-GMA (dimetakrylan eteru diglicydowego bis fenolu A), UMDA (dimetakrylan uretanowy) lub TEGDMA (dimetakrylan glikolu trietylenowego). W celu lepszego kontrastu na zdjęciach RTG w organicznej matrycy zawarty jest dwutlenek cyrkonu.¹⁰

Wkłady k-k z włókna szklanego charakteryzują się słabszymi parametrami wytrzymałościowymi w porównaniu do wkładów ze stopów metali.¹¹⁻¹⁴ Według *Dhanavel* i wsp. włókna szklane wykazują mniejszą odporność na złamanie niż wkłady wykonane z metalu.¹⁵ Autorzy Ci dokonali oceny odporności na pękanie zębów leczonych endodontycznie z pięcioma różnymi systemami wkładów koronowo-korzeniowych. Były to wkłady wykonane z włókna węglowego (Mirafit, Hager Worldwide, Inc, Odessa, USA), z włókna szklanego Luscent Anchor (Dentatus USA Ltd, NY, USA), ze stali nierdzewnej – Flexi post, (Essential Dental

Systems Inc, NJ), tytanowe-(Dentatus Classic System, Charles B.Schwed co, Inc, NJ) oraz wkłady lane. Wszystkie zęby wraz z wkładami poddano obciążeniu do momentu złamania próbki. W grupie zębów z osadzonymi wkładami tytanowymi i lanymi nastąpiło złamanie korzeni zębów. Natomiast w grupach z wkładami z włókna węglowego, szklanego oraz stali nierdzewnej załamanie nastąpiło w części koronowej wkładu. Wielu badaczy potwierdza, że wkłady k-k z włókna szklanego najczęściej ulegają złamaniu w okolicy szyjki zęba, a nie powodują złamania korzenia (jak w przypadku wkładów lanych) co daje lepsze rokowanie i możliwość ponownej odbudowy zęba.¹⁶⁻¹⁸

W swojej pracy Dejak porównała wytrzymałość zębów odbudowanych za pomocą indywidualnych wkładów koronowo-korzeniowych metalowych i standardowych kompozytowych wzmacnianych włóknami szklanymi.¹⁹ W tym celu zostały stworzone trójwymiarowe modele zębów siecznych szczęki – nienaruszonego, odbudowanego wkładem z włókna szklanego oraz zęba odbudowanego lanym wkładem ze stopu NiCr. Modele poddano obciążeniu 100N pod guzkiem językowym, w miejscu kontaktu z zębami przeciwstawnymi, pod kątem 130°. Do oceny naprężenia tkanek zębów, ceramiki i kompozytów zastosowano zmodyfikowane kryterium zniszczenia von Mises (mvM), dla włókna szklanego Tsai-Wu, a dla metalu kryterium Hubera-Misesa-Henckye’go. Kryteria te uwzględniały specyficzne właściwości materiałów np. iloraz wytrzymałości na ściskanie i wytrzymałość na rozciąganie. W przeprowadzonym badaniu wykazano redukcję naprężeń w zębinie o 21% w przypadku włókien szklanych, a 25% dla wkładów lanych w porównaniu do naprężeń w nienaruszonym zębie. Dlatego też zęby odbudowane wkładami metalowymi powinny wykazywać większą odporność na złamanie niż zęby z wkładami z włókna szklanego. Jednakże podczas fizjologicznych obciążeń niezależnie od rodzaju zastosowanego

materiału wkłady nie są narażone na uszkodzenie.

Kacprzak-Ogłuszka i wsp. porównali wytrzymałość na zginanie oraz moduł sprężystości na zginanie wybranych systemów wkładów koronowo-korzeniowych z włókna szklanego.¹⁴ Do badania wykorzystano dwanaście rodzajów wkładów koronowo-korzeniowych wzmacnionych włóknami szklanymi: Fiber Post (GC), Glassix i Glassix Plus (Harald Nordin), Rebuilda Post (VOCO), DT Light Post (VDW), FibreKleer Serrated Post (Pentron), Luxapost Refill (DMG), ParaPost Fiber Lux (Coltene Whaledent), Postec Plus (Ivoclar), Rely X Fiber Post (3M), EasyPost (Maillefer/Dentsply) i X-Post (Dentsply). Parametry wytrzymałościowe obliczono stosując metodę testu trójpunktowego. Siłę przyłożono do punktu, który znajdował się na środku odcinka wkładu o jednakowej średnicy. Test prowadzony był do momentu złamania próbki. Średnia wartość wytrzymałości na zginanie dla wkładów k-k z włókna szklanego wyniosła $888,8 \pm 178,2$ MPa. Z przeprowadzonych badań największą wartością wytrzymałości na zginanie charakteryzował się wkład DT Light Post (VDW) $1221,0 \pm 49,7$ MPa, a najmniejszą-Glassix (Harald Nordin) $571,9 \pm 51,0$ MPa. Test zginania został również wykorzystywany dla oceny modułu sprężystości na zginanie. Średnia wartość modułu sprężystości na zginanie dla wkładów k-k z włókna szklanego wyniosła $17,9 \pm 4,6$ GPa. Najbardziej elastyczny okazał się wkład Glassix Plus (Harald Nordin) $10,9 \pm 1,3$ GPa, najbardziej sztywny był wkład Rebuilda Post (VOCO) z wartością $22,9 \pm 0,8$ GPa. Badaniom poddane zostały także metalowe cylindryczne wkłady lane jako grupa kontrolna. Wkłady k-k z włókna szklanego miały ponad dwukrotnie niższą wytrzymałość na zginanie niż wkłady metalowe (1957MPa). Również moduł sprężystości na zginanie był czterokrotnie mniejszy niż przy wkładach metalowych ($71,32 \pm 3,7$ GPa).

Z przeprowadzonych badań wg *Kacprzak-Ogłuszki* i wsp. wynika, że średnia wartość modułu sprężystości dla wkładów k-k z włókna szklanego wynosi $17,9 \pm 4,6$ GPa.¹⁴ Jest to wartość zbliżona do modułu sprężystości zębiny $17,5 \pm 3,8$ GPa.¹¹ Inni autorzy podają, że średnie wartości modułu sprężystości dla wkładów k-k z włókna szklanego otrzymane testem trójpunktowym są wyższe. Według *D'Arcangelo* i wsp. wkłady szklane Endoclass miały moduł sprężystości $25,16 \pm 1,35$ GPa.²⁰ Według *Soaresi* i wsp. moduł sprężystości wyniósł $23,5 \pm 9,5$ GPa dla wkładów Reforpost Glass Fiber; (Angelus).²¹ Natomiast moduł sprężystości wkładów wzmocnionych włóknami szklanymi z dodatkiem cyrkonu (Tech 21 Xop, Carbotech) wyniósł $24,4 \pm 3,8$ GPa.¹¹

Wielokrotnie poddawano pod wątpliwość fakt, czy zastosowanie wkładów z włókna szklanego po leczeniu endodontycznym rzeczywiście zmniejsza ryzyko złamania zęba. W swoich badaniach *Phebus* i wsp. poddali cyklom termicznym grupę zębów siecznych leczonych endodontycznie z zacementowanymi wkładami z włókna szklanego oraz w drugiej grupie zęby leczone endodontycznie bez wkładów.²² Cykle termiczne symulowały zmienne warunki panujące w jamie ustnej. Próbkę poddano testom wytrzymałościowym z użyciem testu trójpunktowego. Badacze ci wykazali, iż zęby z zacementowanym wkładem z włókna szklanego były istotnie bardziej wytrzymałe na uszkodzenia niż zęby leczone endodontycznie bez zacementowanego wkładu.

Ze względów wytrzymałościowych, wkłady k-k z włókien szklanych nie powinny być stosowane, gdy nie ma ścian zrębu korony zęba.²³⁻²⁴ Niewystarczająca ilość zachowanego zrębu korony przy stosowaniu tych wkładów jest najczęstszą przyczyną późniejszych uszkodzeń mechanicznych.²⁵ Najkorzystniej jest, gdy w zębach odbudowanych wkładami k-k z włókna szklanego można zastosować efekt obręczy- „ferrule effect” (f.e.), który polega na objęciu

pozostałych tkanek zęba i rdzenia koroną protetyczną. Jako obręcz definiuje się pas twardych tkanek o szerokości i wysokości co najmniej 2 mm na całym obwodzie zęba^{26,27} F.e. zwiększa retencję wkładu, poprawia proporcje części koronowej do korzeniowej i zapobiega wypłukiwaniu się cementu.^{28,29} Badania wykazały, że zęby z zachowaną strukturą naddziąsłową, pokryte koroną mają większą wytrzymałość niż zęby pozbawione resztek korony klinicznej.³⁰⁻³⁴

Podsumowanie

Każdego pacjenta po leczeniu endodontycznym, gdzie wskazane jest zastosowanie wkładu koronowo-korzeniowego, należy traktować indywidualnie analizując lokalizację zęba, stan zachowanych tkanek twardych i wielkość działających na niego sił zgryzowych. Badania dowiodły, że zęby z zacementowanym wkładem z włókna szklanego były istotnie bardziej wytrzymałe na uszkodzenia niż zęby leczone endodontycznie bez zacementowanego wkładu. Ponadto wartość modułu sprężystości dla wkładów k-k z włókna szklanego jest zbliżona do modułu sprężystości zębiny. W porównaniu z wkładami metalowymi charakteryzują się ponad dwukrotnie mniejszą wytrzymałością na złamanie i czterokrotnie niższym modułem sprężystości. Wartości te, zbliżone do parametrów zębiny, pozwalają na fizjologiczne rozłożenie naprężeń w obrębie pozostałych tkanek zęba. Daje to lepsze długoczasowe rokowanie dla zębów leczonych endodontycznie i ich pozostawienia w jamie ustnej.

Piśmiennictwo

1. *Dobosz A, Panek H, Napadlek P:* Zastosowanie analizy numerycznej do oceny naprężeń w twardych tkankach zębów odbudowanych wybranymi rodzajami protez stałych. *Dent Med Probl* 2005; 42, 4: 657-662.

2. Schillinburg HT, Hobo S, Whitsett LD: Protezy Stałe – zarys postępowania klinicznego i laboratoryjnego. Wyd. Kwintesencja 1997.
3. Ho MH, Lee SY, Chen HH, Lee MC: Three-dimensional finite element analysis of the effects of posts on stress distribution in dentin. *J Prosthet Dent* 1994; 72, 4: 367-372.
4. Bukowska D: Włókno szklane w stomatologii estetycznej. *Mag Stom* 2000; 108, 7-8: 30-33.
5. Bucking W: Złamanie wkładu koronowo-korzeniowego. *Quintessence* 2003; XI, 6: 335-339.
6. Goodacre CJ, Spolnik KJ: The prosthodontic management of endodontically treated teeth: literature review. Part II Maintaining the apical seal. *J Prosthodont* 1995; 4: 51-53.
7. Leśniewska A: Przegląd wkładów koronowo-korzeniowych dostępnych na polskim rynku. *Nowy Gab Stom* 2004; 4: 301-306.
8. Musikant BL, Cohen BI, Deutsch AS: Zasady osadzania i doboru rodzaju wkładów koronowo-korzeniowych: Jak przedłużyć żywotność wykonanego uzupełnienia? *Mag Stom* 2002; 6: 50-52.
9. Craig GC, Powers JM, Wataha JC: Materiały stomatologiczne: Cementy, Dentystyczne stopy odlewowe i lutowia. Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2000.
10. Pryliński M, Majewski S: Rekonstrukcja protezy zębów po leczeniu endodontycznym. Wyd. Elamed. Katowice 2013; 15-16.
11. Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F: Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mater* 2007; 23: 1129-1135.
12. Dejak B, Młotkowski A: Finite element analysis of strength and adhesion of cast posts compared to glass fiber-reinforced composite resin posts in anterior teeth. *J Prosthet Dent*, 2011; 105: 115-126.
13. Le Bell-Rönnlöf AM, Lassila LVJ, Kangasniemi I, Vallittu PK: Load-bearing capacity of human incisor restored with various fiber-reinforced composite posts. *Dent Mater* 2011; 27: 107-115.
14. Kacprzak-Ogłuszka M, Dejak B: Właściwości na zginanie wkładów koronowo-korzeniowych wzmocnionych włóknem szklanym i wkładów metalowych: badanie metodą testu trójpunktowego. *Protet Stomatol* 2012; 62, 4: 275-283.
15. Dhanavel C, Madhuram K, Naveenkumar V, Anbu R: Fracture Resistance of Endodontically Treated Maxillary Central Incisor With Five Different Post And Core Systems-An In-Vitro Study. *The Internet Journal of Dental Science*. 2010 Volume 10, 1.
16. Giovani AR, Vansan LP, de Sousa Neto MD, Paulino SM: In vitro fracture resistance of glass-fiber and cast metal posts with different lengths. *J Prosthet Dent* 2009; 101: 183-188.
17. Martínez-Insua A, da Silva L, Rilo B, Santana U: Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 527-532.
18. Rosentritt M, Fürer C, Behr M, Lang R, Handel G: Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores. *J Oral Rehabil* 2000; 27: 595-601.
19. Dejak B: Wpływ braku przylegania wkładu koronowo-korzeniowego do niektórych części korzenia na naprężenia występujące w strukturach odbudowanego zęba. *Protet Stomatol* 2000; 50, 1: 30-37.
20. D'Arcangelo C, D'Amario M, Vadini M, De Angelis F, Caputi S: Influence of Surface Treatments on the Flexural Properties of Fiber Posts. *J Endodont* 2007; 33: 864-867.
21. Soares CJ, Santana FR, Pereira JC, Araujo TS, Menezes MS: Influence of airborne-particle abrasion on mechanical properties and bond strength of carbon/epoxy and glass/bis-gma fiber-reinforced resin posts. *J Prosthet Dent* 2008; 99: 444-454.
22. Phebus JG, Owens BM, Rijk W, Davis A, Johnson WW: Fracture resistance of permanent anterior incisors using fiber-reinfor-

- ced composite posts: www.agd.org, General Dentistry March/April 2014 37-42.
23. *Zielińska R, Dejak B, Suchorzewski A*: Porównanie właściwości zębów odbudowanych wkładami koronowo-korzeniowymi lanymi i standardowymi kompozytowymi wzmocnionymi włóknami szklanymi na podstawie piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2010; 60, 1: 37-43.
24. *Ahmad I*: Stomatologia estetyczna: Nadbudowy i wkłady koronowo-korzeniowe, Cementowanie prac oraz systemy wiążące z zębina. Wydawnictwo Medyczne Urban&Partner, Wrocław 2007.
25. *Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, Vichi A, Mason PN, Radovic I, Tay F*: Long-term retrospective study of the clinical performance of fiberposts. *Am J Dent*, 2007; 20, 5: 287-291.
26. *Pacyk A*: Algorytm cementowania wkładów z włókien szklanych na przykładzie systemu Core&Post. *Twój Przegląd stomatologiczny* 2011; 10: 78-81.
27. *Biały M, Dąbrowa T, Więckiewicz W*: Analiza porównawcza indywidualnych wkładów koronowo-korzeniowych lanych oraz standardowych kompozytowych wzmocnionych włóknem szklanym –przegląd piśmiennictwa. *Dental Forum* 2013; 41: 53-56.
28. *Spiechowicz E*: Protetyka stomatologiczna – podręcznik dla studentów stomatologii: Protezy stałe jednoczłonowe. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2006.
29. *Dejak B, Romanowicz*: Wpływ objęcia koroną protetyczną zachowanych struktur nadzęślowych zębów na wytrzymałość zębów zrekonstruowanych wkładami koronowo-korzeniowymi. *Stomat Współczesna* 2000; 3: 14-19.
30. *Eraslan O, Aykent F, Yücel MT, Akman S*: The finiteelementanalysisoftheeffectofferruleheight on stress distribution at post-and-core-restored all-ceramic anterior crowns. *Clin Oral Investig* 2008.
31. *Stankiewicz N, Wilson P*: The ferrule effect. *Dent Update* 2008; 35, 4: 222-224, 227-228.
32. *Naumann M, Preuss A, Rosentritt M*: Effect of incomplete crown ferrules on load capacity of endodontically treated maxillary incisors restored with fiberposts, composite build-ups, and all-ceramic crowns: an in vitro evaluation after chewing simulation. *Acta Odontol Scand* 2006; 64, 1: 31-36.
33. *Pereira JR, de Ornelas F, Conti PC, de Valle AL*: Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts. *J Prosthet Dent* 2006; 95, 1: 50-54.
34. *Tan PL, Aquilino SA, Gratton DG, Stanford CM, Tan SC, Johnson WT, Dawson D*: In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. *J Prosthet Dent* 2005; 93, 4: 331-336.

Zaakceptowano do druku: 5.11.2015 r.

Adres autorów: 50-425 Wrocław, ul. Krakowska 26.

© Zarząd Główny PTS 2015 r.