

Ocena odporności na złamania zębów odbudowanych wkładami koronowo-korzeniowymi kompozytowymi wzmocnionymi włóknami szklanymi w zależności od średnicy i długości wkładów – badanie *in vitro**

Estimation of fracture resistance of teeth restored with FRC posts of various length and diameter. *In vitro* study*

Katarzyna Góra, Beata Dejak

Zakład Protetyki Stomatologicznej Katedry Stomatologii Ogólnej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Kierownik: dr hab. B. Dejak, prof. nadzw.

HASŁA INDEKSOWE:

długość i średnica wkładów koronowo-korzeniowych, wkłady wzmocnione włóknem szklanym, wytrzymałość zębów

KEY WORDS:

length and diameter of endodontic posts, glass fiber post, tooth strength

Streszczenie

Cel pracy. Celem pracy jest ocena odporności na złamania zębów odbudowanych wkładami koronowo-korzeniowymi kompozytowymi wzmocnionymi włóknami szklanymi w zależności od średnicy i długości wkładów.

Materiał i metoda. Badaniu poddano 200 zębów ludzkich: jednokorzeniowych, jednokanałowych, nieleczonych endodontycznie siekaczy przyśrodkowych szczęki. Od zębów odcięto korony. W badaniu wykorzystano korzenie o długości 13 mm. Opracowano kanały korzeniowe pod wkłady FRC (Glassix, Harald Nordin, Szwajcaria) o średnicach 1 mm, 1,2 mm oraz 1,5 mm i długościach 4 mm, 8 mm i 10 mm. Wkłady zacementowano adhezyjnie, korony odbudowano materiałem kompozytowym a następnie korzenie zatopiono w bloczkach z akrylu. Próbkę poddano zginaniu na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej INSTRON 4485. Siła została przyłożona

Summary

Aim of the study. To evaluate the influence of the FRC post length and diameter on tooth fracture resistance.

Material and methods. The study comprised 200 single-rooted extracted human teeth with one root canal and root diameter of 5 mm (+ 0.5 mm). Crowns were removed at the cemento-enamel junction and all roots were cut to 13 mm in length. The roots were randomly divided into nine groups of 20 samples each and then prepared for cementation of FRC posts. Posts were 1 mm, 1.2 mm, and 1.5 mm in diameter and 4 mm, 8 mm and 10 mm in length. Fiber posts (Glassix, Harald Nordin, Switzerland) were cemented. After composite crown restoration teeth were placed in acrylic blocks. The prepared samples were bent on an universal testing machine INSTRON 4485. Force was applied to the crown at an angle of 135° to the long axis of the tooth. Speed of the

* Badania przeprowadzone w ramach finansowania badań młodych pracowników nauki i studentów studiów doktoranckich nr 502-03/2-148-03/502-24-003.

do części koronowej pod kątem 135° do długiej osi zęba. Wykres zależności siły do przemieszczenia głowicy został zarejestrowany dla wszystkich próbek. Proces łamania rejestrowano kamerą. Synchronizując czas filmu z przebiegiem wykresu odczytywano wartość siły łamiącej.

Wyniki. Obliczono średnią siłę łamiącą dla każdej grupy badanej. Najbardziej odporna okazała się grupa zębów zrekonstruowana wkładami długimi o średniej grubości ($758 N \pm 179,2 N$). Najmniejszą odporność na złamanie uzyskały grupy zębów odbudowanych wkładami długimi i grubymi ($392,5 N \pm 57,7 N$) oraz krótkimi i cienkimi ($430,1 N \pm 186,1$).

Wnioski. Wraz ze wzrostem długości i średnicy wkładów FRC wzrasta odporność na złamanie odbudowywanych nimi zębów. Wyjątek stanowią zęby zrekonstruowane wkładami długimi (3/4 długości korzenia) o dużej grubości (1/3 grubości korzenia). Największą odporność na złamanie mają zęby z długimi wkładami FRC (których długość stanowiła 3/4 długości korzenia) o średniej grubości (stanowiącej 1/4 grubości korzenia).

crosshead was 1 mm/min. Graph of the force was recorded for all samples. First root or post fracture was charted.

Results. Average fracture failure was estimated for all groups. The highest fracture resistance was observed for long posts with medium diameter ($758 N \pm 179.2 N$). The lowest fracture resistance was observed in roots reconstructed with long and wide ($392.5 N \pm 57.7 N$) or short and thin posts ($430.1 N \pm 186.1$).

Conclusion. The fracture resistance of reconstructed tooth rises with rising FRC post length and diameter. The highest fracture resistance was shown by teeth restored with long and medium thick FRC posts.

Wstęp

Do odbudowy zębów leczonych endodontycznie, których korona kliniczna została zniszczona w znacznym stopniu lub całkowicie, wykorzystuje się wkłady koronowo-korzeniowe (1, 2). Uzupełnienia te mają na celu przede wszystkim odbudowę zniszczonych struktur naddziąsłowych zębów i podbudowę pod przyszłe uzupełnienia protetyczne (3), a także wzmocnienie pozostałych tkanek twardych (4, 5). Wytrzymałość i długoterminowe użytkowanie odbudowy są uwarunkowane przez materiał, z którego wykonano wkład, silne wiązanie między powierzchnią wkładu a ścianą korzenia, ilość pozostałej struktury naddziąsłowej, obecność efektu obręczy i obciążenia działające na ząb (6, 7).

Do odbudowy zębów po leczeniu endodontycznym od dziesięcioleci stosowano wkłady koronowo-korzeniowe lane metalowe. Długość wkładu metalowego indywidualnego powinna wynosić 2/3 długości korzenia zęba (8) z pozostawieniem w części przywierzchołkowej 3-5 mm obturatora z materiału wypełniającego kanał korzeniowy (9). Średnica wkładu powinna być równa 1/3 średnicy korzenia zęba mierzonej na wysokości powierzchni nośnej (1). Prawidłowo zaprojektowany i wykonany wkład koronowo-korzeniowy lany metalowy spełnia swoje funkcje w jamie ustnej nawet przez kilkadziesiąt lat (10). Uzupełnienia te nie są jednak ani estetyczne ani biogodne a wykonanie ich jest pracochłonne. Współczesna stomatologia wykorzystuje prefabrykowane wkłady koronowo-korzeniowe kompozytowe

wzmacniane włóknami szklanymi (FRC – fiber reinforced composite), które zapewniają estetykę odbudowy i skrócenie czasu pracy. Niestety mają one mniejszą wytrzymałość niż wkłady metalowe indywidualne (6, 11).

Wyniki badań dotyczące odporności na złamanie zębów zrekonstruowanych wkładami FRC są sprzeczne. Jedni badacze twierdzą, że zęby z wkładami koronowo-korzeniowymi metalowymi są bardziej odporne na złamania niż te z wkładami kompozytowymi wzmacnianymi włóknami (12-14). Inni wykazują, że zęby zrekonstruowane wkładami wzmacnianymi włóknami szklanymi mają lepszą odporność na złamanie niż te z wkładami metalowymi (15, 16).

Pojawiają się pytania: Jaki wpływ ma długość i średnica wkładów FRC na odporność na złamanie odbudowanych nimi zębów? Jaka jest rekomendowana długość i średnica wkładów koronowo-korzeniowych FRC w stosunku do wymiarów korzenia odbudowanego zęba? Do jakich uszkodzeń prowadzi rekonstrukcja zęba źle zaprojektowanym wkładem FRC? Czy użycie wkładu FRC pozwoli przywrócić zębom pierwotną odporność na złamania? Brak jednoznacznych doniesień naukowych odnośnie projektowania wkładów koronowo-korzeniowych kompozytowych wzmacnianych włóknami szklanymi skłania do podjęcia badań w tym zakresie.

Cel pracy

Celem pracy jest ocena odporności na złamanie zębów odbudowanych wkładami koronowo-korzeniowymi kompozytowymi wzmacnianymi włóknami szklanymi w zależności od średnicy i długości wkładów.

Material i metoda

Do badań wykorzystano 200 zębów ludzkich z czego 20 stanowiło grupę kontrolną. Zęby wykorzystane w badaniu były

jednokorzeniowymi, jednokanałowymi, nieleczonymi endodontycznie siekaczami przyśrodkowymi szczęki. Projekt badania został zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną 15 marca 2011 i uzyskał numer RNN/36/11/KE. Do badania zakwalifikowano zęby o średnicy korzenia 5 mm ($\pm 0,5$ mm), mierzonej na wysokości powierzchni nośnej w wymiarze poprzecznym. Zęby przechowywano w 5% wodnym roztworze tymolu w temperaturze pokojowej. Od zębów odcięto korony, pozostawiając, wykorzystane w badaniu, korzenie o długości 13 mm. Kanały korzeniowe opracowano narzędziami ręcznymi K-files (Poldent, Polska) do rozmiaru 30 a następnie wypełniono metodą kondensacji bocznej gutaperki na zimno. Jako uszczelniacza użyto materiału AH plus (Dentsply, Niemcy). Powierzchnię nośną opracowano prostopadle w stosunku do osi długiej korzenia zęba.

Zęby do badania podzielono losowo na 3 grupy po 60 korzeni do rekonstrukcji:

- wkładami krótkimi (o długości 4 mm, stanowiącej 1/3 długości korzenia),
- wkładami średniej długości (o długości 8 mm, stanowiącej 2/3 długości korzenia),
- wkładami długimi (o długości 10 mm, stanowiącej 3/4 długości korzenia).

Każdą z grup podzielono na 3 podgrupy (po 20 korzeni), które opracowano pod odbudowę:

- wkładami cienkimi (Φ 1 mm, stanowiąca 1/5 średnicy korzenia),
- wkładami średniej grubości (Φ 1,2 mm, stanowiąca 1/4 średnicy korzenia),
- wkładami grubymi (Φ 1,5 mm, stanowiąca 1/3 średnicy korzenia).

Grupę kontrolną stanowiło 20 pierwszych siekaczy górnych – nienaruszonych, niezniszczonych procesem próchnicowym.

Powierzchnie nośne opracowanych korzeni i kanały korzeniowe wytrawiano 34% kwasem ortofosforowym, splukiwano wytrawiacz sprayem wodnym a następnie osuszano sączkami papierowymi. Kanał korzeniowy,

powierzchnię nośną korzenia i wkład pokryto systemem wiążącym V generacji XP Bond (Dentsply, Niemcy), zmieszany z aktywatorem Self Cure Activator (Dentsply, Niemcy) w stosunku 1:1. Nadmiar systemu wiążącego odsączano sączkiem papierowym. Do kanału korzeniowego wprowadzano cement Core-X-Flow (Dentsply Niemcy). W kolejnym kroku umieszczano w kanale wkłady koronowo-korzeniowe FRC Glassix (Harald Nordin, Szwajcaria). Do badań wykorzystano wkłady o rozmiarach: 1 (o średnicy 1 mm), 2 (o średnicy 1,2 mm) i 4 (o średnicy 1,5 mm).

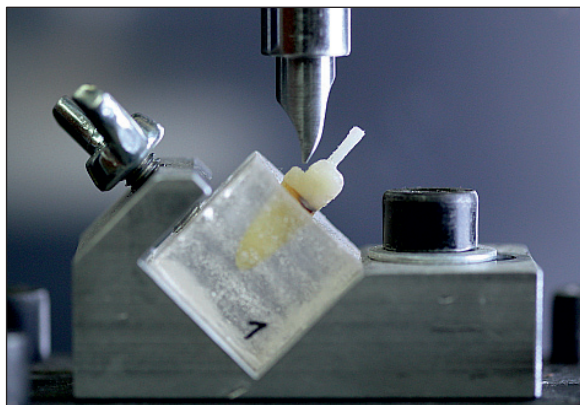
Kolejnym etapem pracy była odbudowa części koronowej zęba z kompozytu Filtek Z250 (3M ESPE, Niemcy). Ustalono miejsce przyłożenia siły do części koronowej wkładu – znajdujące się 3 mm powyżej powierzchni nośnej korzenia i oddalone o 2 mm od długiej osi wkładu, modelując je w kompozycie. Odbudowa kompozytowa miała wysokość 8 mm. Po odbudowie części koronowej korzeń zanurzano w kleju kauczukowym. Korzeń zęba zatapiano w akrylu ortodontycznym Estetic Ort (Wiedent, Polska). Każdej z prób nadano numer porządkowy. Do badań wykorzystano uniwersalną maszynę wytrzymałościową INSTRON 4485 (Instron, U.S.A.) Prędkość przesuwu głowicy ustalano na 1 mm/min. Każdą próbkę umieszczano w specjalnie zaprojektowanym i wykonanym bloczku, który stabilizował ją tak, aby siła łamiąca działała pod kątem 135°, co odpowiada relacji siekaczy centralnych szczęki z siekaczami centralnymi żuchwy (17) (ryc. 1). W trakcie badania rejestrowano wykres siły działającej na ząb od odkształcenia próby badanej (ryc. 2). Badanie przerywano w momencie całkowitego zniszczenia próby. Cały proces badania był filmowany. Film synchronizowano z wykresem. Odnotowywano w wynikach wartość siły niszczącej. Po przeprowadzeniu badania każdą próbkę dokładnie oglądano i fotografowano, określano rodzaj zniszczeń. Wyniki poddano analizie statystycznej. Zastosowano

jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA, a jako test post hoc w porównaniach dwóch prób niezależnych – test NIR. Za istotne statystycznie uznano te różnice między średnimi, dla których obliczona wartość testu była równa lub większa od wartości krytycznej (odczytanej z odpowiednich tablic) przy właściwej liczbie stopni swobody i prawdopodobieństwie błędu $p < 0,05$.

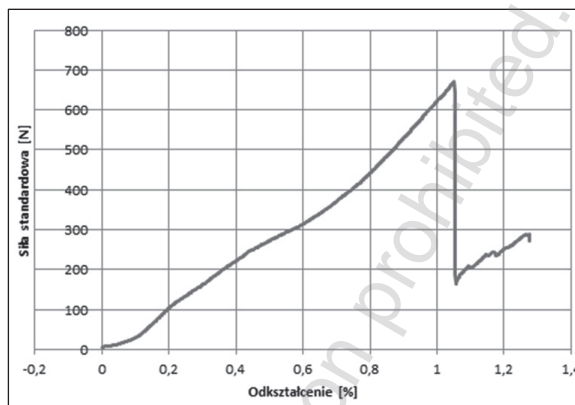
Wyniki

Obliczono średnią siłę łamiącą dla każdej badanej grupy. Wyniki przedstawiono na rycinie 3. Przeprowadzone badanie wykazało istotną statystycznie ($p < 0,05$) zależność odporności korzeni zębów na złamania od długości i średnicy części korzeniowej wkładów kompozytowych wzmocnianych włóknami szklanymi zastosowanych do rekonstrukcji. Wraz ze wzrostem długości i średnicy wkładu wzrastała odporność zęba na złamanie, z wyjątkiem wkładów długich o dużej średnicy. Najbardziej odporna okazała się grupa zębów zrekonstruowana wkładami długimi o średniej grubości ($758 \text{ N} \pm 179,2 \text{ N}$; $p < 0,05$). Najmniejszą odporność na złamanie uzyskały grupy zębów odbudowanych wkładami długimi i grubymi ($392,5 \text{ N} \pm 57,7 \text{ N}$; $p < 0,001$) oraz krótkimi i cienkimi ($430,1 \text{ N} \pm 186,1 \text{ N}$; $p < 0,001$). W grupie kontrolnej zębów nienaruszonych odporność na złamanie średnio wynosiła $991,9 \text{ N} \pm 379,1 \text{ N}$; $p < 0,05$.

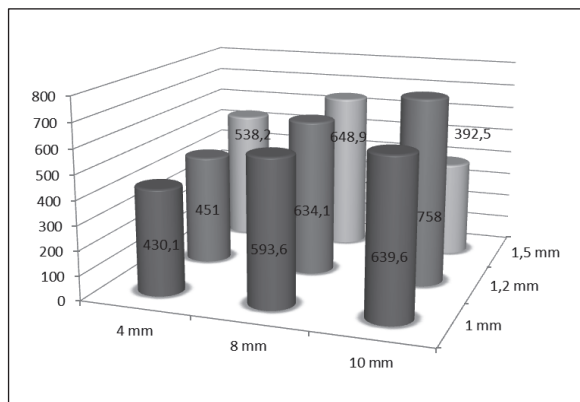
Odporność na złamania zębów odbudowanych wkładami krótkimi była o 32% mniejsza niż zębów odbudowanych wkładami średniej długości i o 26% mniejsza od zębów zrekonstruowanych przy użyciu wkładów długich. Wkłady średniej grubości miały o 16% wyższą odporność na złamanie od zębów zrekonstruowanych wkładami grubymi. Odporność na złamania zębów z wkładami cienkimi była o 10% mniejsza niż dla wkładów średniej grubości.



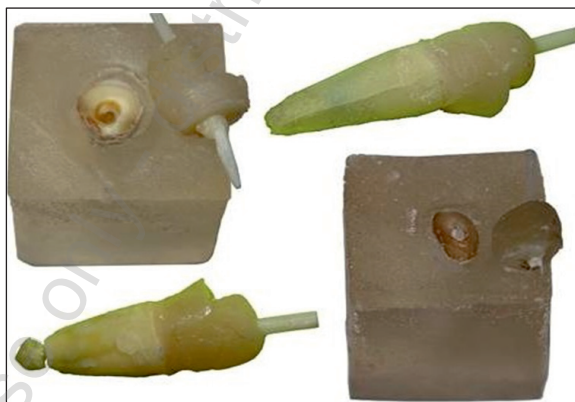
Ryc. 1. Próbkę badaną w bločku stabilizującym.



Ryc. 2. Przykładowy wykres siły łamiącej od odkształcenia próbki badanej.



Ryc. 3. Odporność na złamania zębów odbudowanych wkładami FRC w zależności od średnicy i długości wkładów.



Ryc. 4. Najczęstsze uszkodzenia zębów odbudowanych wkładami FRC.

Najczęstsze uszkodzenia zębów przedstawiono na rycinie 4. W grupie zębów odbudowanych wkładami krótkimi 72% wkładów uległo odcementowaniu. W przypadku zębów odbudowanych wkładami średniej długości 68% korzeni uległo podłużnemu pęknięciu. 33% korzeni zębów z wkładami długimi złamało się w okolicy wierzchołka. 25% wkładów cienkich uległo złamaniu. W zębach zrekonstruowanych wkładami średniej grubości w 42% przypadków odnotowano podłużne pęknięcie korzenia. 100% zębów odbudowanych wkładami grubymi i długimi uległo pęknięciu przywierzchołkowemu.

Dyskusja

Z przeprowadzonych badań wynika, że wraz ze wzrostem długości i średnicy zastosowanego wkładu wzrasta odporność zębów na złamanie. Wyjątek stanowiły zęby zrekonstruowane wkładami długimi i grubymi.

Grupą o najbardziej przewidywalnym i satysfakcjonującym wyniku badań wytrzymałościowych są zęby odbudowane wkładami długimi lub średniej długości (od 2/3 do 3/4 długości korzenia). Wyniki te potwierdzają inni badacze. Giovanni (18) badając kły szczęki, cementował w nich wkłady FibreKor o długościach 6,

8 i 10 mm. Zęby odbudowane wkładami o długości 10 mm miały pięciokrotnie większą wytrzymałość na złamania od zębów z wkładami 6 mm (18). Büttel (19) badając odporność na złamania zębów odbudowanych wkładami FRC o długościach 3mm (wkład krótki) i 6 mm (wkład długi) wartość siły łamiącej zęby odbudowane wkładami długimi była o 43% większa od średniej siły łamiącej dla zębów odbudowanych wkładami krótkimi (19). Adanir i Belli (5) zaobserwowali że zęby odbudowane wkładami długimi (12 mm) ulegały zniszczeniu przy sile 954,5 N, blisko dwukrotnie większej niż dla zębów z wkładami krótkimi, 6 mm (510,3 N) (5). Natomiast Jindal i wsp. (20) wykazali blisko dwukrotnie wyższą odporność na złamania zębów z wkładami o długości 10 mm w stosunku do wkładów 5-milimetrowych (20).

Jednocześnie wyniki badań wskazują, że nie powinno się wykonywać wkładów krótkich. Odporność na złamania zębów z wkładami FRC o długości 4 mm była o blisko 26% mniejsza niż wkładów o długości 10 mm. Jest to zgodne z doniesieniami innych autorów (5,18-21).

Z przeprowadzonych badań wynika, że zwiększenie średnicy wkładu wpływa na wzrost odporności na złamania zębów, z wyjątkiem wkładów grubych i bardzo długich. Zastosowanie wkładów długich, o grubości stanowiącej 1/3 grubości korzenia spowodowało blisko 50% spadek odporności zębów na złamania. Agresywne opracowanie twardych tkanek zęba pod długi i gruby wkład doprowadziło do pozostawienia bardzo cienkich ścian przy wierzchołku korzenia. Wielu autorów twierdzi, że zastosowanie wkładu o zbyt dużej średnicy i długości powoduje duże prawdopodobieństwo wystąpienia nieodwracalnych uszkodzeń korzenia zęba (22, 23). Odporność na złamanie zębów odbudowanych wkładami koronowo-korzeniowymi wiąże się z zachowaniem maksymalnej ilości tkanek zębów i pozostawieniem grubych ścian korzenia (15, 24-27).

Użycie zbyt cienkiego wkładu FRC może doprowadzić do jego złamania (28). Najlepszym rozwiązaniem wydaje się być zastosowanie wkładu o grubości stanowiącej $\frac{1}{4}$ średnicy korzenia.

Zęby odbudowane wkładami koronowo-korzeniowymi FRC okazały się o co najmniej 30% mniej odporne na złamania niż zęby nie-naruszone. Wkłady koronowo-korzeniowe FRC nie przywracają zębom odporności na złamanie porównywalnej z zębami zdrowymi.

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają twierdzić, że reguły dotyczące opracowania zębów pod wkłady metalowe lane powinny być zmodyfikowane dla wkładów FRC. Rekomendowane jest stosowanie wkładów o średniej grubości nie przekraczającej $\frac{1}{4}$ grubości korzenia i o długości równej $\frac{2}{3}$ długości korzenia. Użycie wkładów o większej średnicy ($\frac{1}{3}$ średnicy korzenia) i równoczesne opracowanie kanału na głębokość większą niż $\frac{2}{3}$ długości korzenia przyczynia się do dwukrotnego spadku odporności na złamania zębów. Nadmierne poszerzenie kanału zmniejsza odporność mechaniczną zęba (9, 29). Zalecane jest pozostawienie jak najgrubszej warstwy zębiny (przynajmniej 1 mm wokół wkładu na całej jego długości) (30, 31). Nie poleca się stosowania wkładów krótkich stanowiących $\frac{1}{3}$ długości korzenia, które w porównaniu z wkładami średnimi ulegają odcementowaniu przy użyciu obciążenia mniejszego o ponad 30%.

Wnioski

Wraz ze wzrostem długości i średnicy wkładów FRC wzrasta odporność na złamania odbudowywanych nimi zębów. Wyjątek stanowią zęby zrekonstruowane wkładami długimi ($\frac{3}{4}$ długości korzenia) o dużej grubości ($\frac{1}{3}$ średnicy korzenia).

Rekomendowane jest stosowanie wkładów FRC o długości stanowiącej od $\frac{2}{3}$ do $\frac{3}{4}$

długości korzenia i średnicy nie przekraczającej 1/4 średnicy korzenia.

Nie zaleca się użycia do rekonstrukcji zębów wkładów FRC krótkich (1/3 długości korzenia) oraz grubych (1/3 średnicy korzenia)

Wkłady koronowo korzeniowe FRC nie przywracają zębom odporności na złamanie porównywalnej z zębami zdrowymi

Piśmiennictwo

1. *Shilingburg H.T., Hobo S., Whitsett L.D.*: Protezy stałe – zarys postępowania klinicznego i laboratoryjnego. Rozdział 7: Opracowywanie zębów z rozległymi uszkodzeniami twardych tkanek, Wydawnictwo Kwintesencja, Warszawa 1994.
2. *Dejak B.*: Kompendium wykonywania uzupełnień protetycznych. Rozdział 2: Wkłady koronowo-korzeniowe, Med Tour Press International, Otwock 2014.
3. *Spiechowicz E.*: Protetyka stomatologiczna – podręcznik dla studentów stomatologii. Rozdział XV: Protezy stałe jednoczłonowe, PZWL, Warszawa 2004.
4. *Joshi S., Mukherjee A., Kheur M., Mehta A.*: Mechanical performance of endodontically treated teeth. *Finite Elements in Analysis and Design*, 2001, 37, 587-601.
5. *Adanir N., Belli S.*: Evaluation of different post lengths effect on fracture resistance of a glass fiber post system. *Eur. J. Dent.*, 2008, 2, 1, 23-28.
6. *Dejak B., Mlotkowski 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, 2, 115-126.
7. *Silva N.R., Castro C.G., Santos-Filho P.C.F., Silva G.R., Campos R.E., Soares P.V., Soares C.J.*: Influence of different post design and composition on stress distribution in maxillary central incisor: Finite element analysis. *Indian J. Dent. Res.*, 2009, 20, 2, 153-158.
8. *Dejak B., Romanowicz M.*: Wpływ kształtu i wielkości części korzeniowych wkładów na wytrzymałość rekonstruowanych zębów w świetle piśmiennictwa. *Prot. Stom.*, 2000, L, 2, 86-94.
9. *Śpikowska-Szostak J., Dąbrowa T.*: Nowoczesne systemy prefabrykowanych wkładów koronowo-korzeniowych w praktyce stomatologicznej – przegląd piśmiennictwa. *Dent. Med. Probl.*, 2009, 46, 4, 494-500.
10. *Le Bell-Rönnlöf A.M., Lassila L.V.J., Kangasniemi I., Vallittu P.K.*: Loadbearing capacity of human incisor restored with various fiber reinforced composite posts. *Dental Mater.*, 2011, 27, 6, e107-e115.
11. *Le Bell-Rönnlöf A.M.*: Fibre reinforced composites as root canal posts, Turun Yliopisto, Turku 2007.
12. *Dhanavel C., Madhuran K., Naveenkumar V., Anbu R.*: Fracture Resistance Of Endodontically Treat-ed Maxillary Central Incisor With Five Different Post And Core Systems-An In-Vitro Study. *Int. J. Dent. Science.*, 2011, 10, 1-3.
13. *Fokkinga W.A., Kreulen M., Vallittu P.K., Creugers N.H.J.*: A structured analysis of In vitro failure loads and failure models of fiber, metal and ceramic post-and-core systems. *Int. Jour. Prosth.*, 2004, 17, 4, 476-482.
14. *Stewardson D.A., Shortall A.C., Marquis P.M.*: The effect of the elastic modulus of endodontic posts on static load failure. *Int. Endod. J.*, 2011, 44, 5, 158-168.
15. *Gonzalez-Lluch C., Chuanuez-Cervantes P.J., Sancho-Bru J.L., Perez-Gonzalez A., Barjau-Escribano A., Vergara-Monedero M., Forner-Navarro L.*: Influence of material and diameter of pre-fabricated posts on maxillary incisors restored with crown. *J. Oral Rehabil.*, 2009, 36, 737-747.
16. *Hayashi M., Sugeta A., Takahashi Y., Imazato S., Ebisu S.*: Static and fatigue resistances of pulp less teeth restored with post-cores. *Dent. Mater.*, 2008, 9, 1178-1186.

17. Krauss B.S., Jordan R.E., Abrams L.: Dental anatomy and occlusion, a study of the masticatory system. Chapter I, Section 2: The permanent incisors, The Williams and Wilkins Company, Baltimore 1969.
18. Giovani A.R., Vansan L.P., de Sousa Neto M.D., Paulino S.M.: In vitro fracture resistance of glass fiber and cast metal posts with different lengths. *J. Prosthet. Dent.*, 2009, 101, 3, 183-188.
19. Büttel L., Krastl G., Lorch H., Naumann M., Zitzmann N.U., Weiger R.: Influence of post fit and post length on fracture resistance. *Int. Endod. J.*, 2009, 42, 1, 47-53.
20. Jindal S., Jindal R., Mahajan S., Dua R., Jain N., Sharma S.: In vitro evaluation of the effect of post system and length on the fracture resistance of endodontically treated human anterior teeth. *Clin. Oral. Investig.*, 2012, 16, 6, 1627-1633.
21. Bednarski J., Kalman P.: Odbudowa zębów po leczeniu endodontycznym z użyciem standardowych wkładów koronowo-korzeniowych i materiałów do odbudowy zrębu koronowego – przegląd piśmiennictwa. *Czas. Stomatol.*, 2007, LX, 9, 585-592.
22. Nakamura T., Ohyama T., Waki T., Kinuta S., Wakabayashi K., Mutobe Y., Takano, Yatani H.: Stress analysis of endodontically treated anterior teeth restored with different types of post material. *Dent. Mater. J.*, 2006, 25, 1, 145-150.
23. Okamoto K., Ino T., Iwase N., Shimizu E., Suzuki M., Saoth G., Ohkawa S., Fujisawa M.: Three dimensional finite element analysis of stress distribution in composite resin cores with fiber posts of varying diameters. *Dent. Mater. J.*, 2008, 27, 1, 49-55.
24. Schmage P., Nergiz I., Platzer U., Pfeiffer P.: Yield strength of fiber reinforced composite posts with coronal retention. *J. Prosthet. Dent.*, 2009, 101, 6, 382-387.
25. Zicari F., van Meerbeek B., Scotti R., Naert I.: Effect of fibre post length and adhesive strategy on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *J. Dent.*, 2012, 40, 4, 312-321.
26. Izadi A., Azarsina M., Kasraei S.: Effect of eugenol containing sealer and post diameter on the retention of fiber reinforced composite posts. *J. Conserv. Dent.*, 2013, 16, 1, 61-64.
27. Pilo R., Tamse A.: Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with gates glidden and ParaPost drills. *J. Prosthet. Dent.*, 2000, 83, 6, 617-623.
28. Mannoci F., Cavalli G., Gagliani M.: Uzupełnienia adhezyjne zębów leczonych endodontycznie. Wydawnictwo Kwintesencja, Warszawa 2008.
29. Boschian Pest L., Guidotti S., Pietrabissa R., Gagliani M.: Stress distribution in a post restored tooth using the three dimensional finite element method. *J. Oral. Rehabil.*, 2006, 33, 9, 690-697.
30. Al-Omiri M.K., Mahmoud A.A., Rayyan M.R.: Fracture resistance for postretained restorations: An overview. *J. Endod.*, 2010, 36, 9, 1439-1449.
31. Musikant B.L., Cohen B.I., Deutsch A.S.: Podstawowe wymagania stawiane wkładom koronowo-korzeniowym. *Mag. Stomatol.*, 2003, 1, 40-42.

Zaakceptowano do druku: 22.06.2015 r.

Adres autorów: 92-216 Łódź, ul. Pomorska 251.

© Zarząd Główny PTS 2015.