

Porównanie odporności na złamania zębów odbudowanych różnymi systemami wkładów koronowo-korzeniowych wzmocnionych włóknami szklanymi oraz wkładami metalowymi*

Comparison of fracture resistance of teeth restored by different FRC posts and cast post*

Marzena Kacprzak-Ogluszka, Beata Dejak

Katedra Stomatologii Odtwórczej, Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Kierownik: dr hab. B. Dejak, prof. nadzw.

HASŁA INDEKSOWE:

wkłady koronowo-korzeniowe, wkłady FRC, odporność na złamanie

KEY WORDS:

crown-root posts, fiber reinforced composite posts, fracture resistance

Streszczenie

Wstęp. Zęby leczone endodontycznie z utraconą w znacznej części strukturą koronową wymagają odbudowy tkanek naddziąsłowych poprzez zastosowanie wkładów koronowo-korzeniowych. Istotnym jest pytanie, jaki wpływ na odporność na złamania odbudowanych zębów ma wybór rodzaju wkładu koronowo-korzeniowego.

Cel pracy. Celem pracy było porównanie odporności na złamania zębów odbudowanych różnymi rodzajami wkładów FRC (fiber reinforced composite) i zębów odbudowanych wkładami metalowymi.

Materiał i metoda. Korony 80 zębów odcięto, kanały opracowano i odbudowano trzema rodzajami wkładów koronowo-korzeniowych FRC: Fiber Post (GC), Glassix (Nordin) oraz DT Light® Post (VDW) oraz wkładami metalowymi (stop Cr-Co) ($n=20$). Do cementowania wkładów zastosowano cement kompozytowy CoreXFlow (Dentsply). Część koronowa została odbudowana kompozytem Filtek Z550 (3M ESPE). Grupę

Summary

Introduction. Endodontically treated teeth with significant loss of the coronal structure need the post and core restoration. The essential question is, whether and how the choice of post and core type may affect the fracture resistance of the restored teeth.

Aim of the study. The objective of this study was to compare the fracture resistance of teeth restored with different composite posts and cast posts.

Material and methods. The coronal portion of 80 teeth was amputated, canals were prepared and restored with three types of FRC posts: Fiber Post (GC), Glassix (Nordin), DT Light® Post (VDW) and with metal posts (Cr-Co alloy) ($n = 20$). All posts were cemented with resin cement CoreX Flow (Dentsply). The coronal structure was built up with composite Filtek Z550 (3M). The reference group was composed of 20 intact teeth. All specimens were mounted in acrylic resin blocks and the fracture load test was per-

* Praca finansowana przez UM w Łodzi z zadania badawczego Nr 502-03/2-148-03/502-24-006.

kontrolną stanowiło 20 nienaruszonych zębów ($n=20$). Wszystkie próbki zostały zatopione w akrylowych bloczkach i poddane łamaniu w uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej.

Wyniki. Średnia siła niszcząca dla zębów odbudowanych wkładami Glassix (Nordin) wyniosła $473,6 \pm 70,3$ N, – wkładami Fiber Post (GC) $531,7 \pm 66,1$ N, – wkładami DT Light® Post (VDW) $573,6 \pm 108,7$ N, oraz wkładami ze stopu Cr-Co $845,4 \pm 106,2$ N. Średnia siła niszcząca dla zębów nienaruszonych miała wartość $995,9 \pm 273,5$ N.

Wnioski. Stwierdzono wystąpienie istotnych statystycznie różnic w wartościach odporności na złamanie zębów odbudowanych różnymi rodzajami wkładów FRC. Wkłady metalowe zapewniają większą odporność na złamania zębów w porównaniu z wkładami FRC. Im materiał wkładu k-k jest sztywniejszy, tym odbudowany ząb ma większą odporność na złamania.

formed with a universal testing machine.

Results. The mean fracture resistance for teeth restored with Glassix (Nordin) was 473.6 ± 70.3 N, with Fiber Post (GC) – 531.7 ± 66.1 N, with DT Light® Post (VDW) – 573.6 ± 108.7 N, and with cast post (Cr-Co) – 845.4 ± 106.2 N. The intact teeth mean fracture resistance was 995.9 ± 273.5 N.

Conclusion. There are statistically significant differences between fracture resistance for teeth restored with different composite posts ($p < 0.001$). Teeth restored with cast posts demonstrated the higher resistance to fracture when compared to FRC posts. The more rigid post material provides the higher fracture resistance for teeth.

Wprowadzenie

Wkłady koronowo-korzeniowe wykorzystuje się w stomatologii do odbudowy zębów po leczeniu endodontycznym ze znacznie zniszczoną strukturą naddziąsłową. Od lat w tym celu stosowane są indywidualne metalowe wkłady koronowo-korzeniowe, które mają dobre właściwości mechaniczne i zapewniają trwałą odbudowę zębów.¹ Wadami wkładów metalowych jest brak estetyki, możliwość wystąpienia korozji i przebarwienia tkanek, wydłużenie wizyt klinicznych, trudność usunięcia z kanału oraz ryzyko wystąpienia złamań korzeni zębów.² Od prawie 30 lat alternatywą dla wkładów metalowych są wkłady koronowo-korzeniowe wzmocnione włóknami szklanymi (fiber reinforced composite posts, FRC posts).³ Głównym komponentem wkładów FRC są włókna kwarcowe, szklane typu E lub węglowe o średnicach od 8 do 26 μ m, które stanowią około 60% masy wkładu. Osnowę dla włókien stanowią różnego rodzaju żywice:

epoksydowa lub metakrylanowe.⁴ Ich zaletami są: estetyka, oszczędna preparacja tkanek, połączenie adhezyjne z tkankami zęba, krótszy czas leczenia oraz łatwość usunięcia z kanału.^{2,5} Wiele badań wskazuje na mniejsze ryzyko wystąpienia złamań korzeni odbudowanych wkładami kompozytowymi.⁶⁻¹⁴ Wkłady FRC charakteryzują się jednak słabszymi parametrami wytrzymałościowymi w porównaniu do wkładów metalowych.^{9,15,16} Obecnie dostępnych na rynku jest kilkanaście systemów wkładów FRC. Istotnym jest pytanie, czy i jaki wpływ na odporność na złamanie odbudowanych zębów ma wybór rodzaju wkładu koronowo-korzeniowego FRC.

Cel pracy

Celem pracy było porównanie odporności na złamanie twardych tkanek zębów odbudowanych wybranymi wkładami FRC oraz wkładami metalowymi.

Material i metoda

Do badań wykorzystano 100 zębów ludzkich: jednokorzeniowych, jednokanałowych, nieleczonych endodontycznie. Zęby zostały usunięte ze względów periodontologicznych lub ortodontycznych. Do badania zakwalifikowano zęby w przekroju poprzecznym zbliżone do okręgu, o średnicy korzenia 5 mm ($\pm 0,5$ mm), mierzonej na wysokości połączenia szklivno-cementowego. Odrzucane były zęby z widocznymi pęknięciami, próchnicą oraz starciem patologicznym koron. Zęby przechowywano w 5% wodnym roztworze tymolu, w temperaturze 37°C. Projekt badania został zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną 14 grudnia 2010 roku i uzyskał numer RNN/199/10/KE.

Do odbudowy wybrano 3 rodzaje wkładów koronowo-korzeniowych wzmocnionych włóknami szklanymi: Fiber Post (GC Europe N.V., Leuven, Belgia), Glassix (Harald Nordin SA, Chailly s/Montreux, Szwajcaria) oraz włóknami kwarcowymi-DT Light®Post (VDW GmbH, Monachium, Niemcy). Nazwy

fabryczne wkładów, nazwy producentów, średnice, kształt i skład zostały opisane w tabeli I.

Do badań przygotowane zostały także metalowe wkłady kształtu cylindrycznego o średnicy 1,2 mm i długości 20 mm, które zostały odlane ze stopu chromowo-kobaltowego Rex CCT™ (Pentron™ Alloys, LLC, San Diego, Stany Zjednoczone) metodą traconego wosku. Skład chemiczny stopu to: 60% Co, 26% Cr, 7-8% Ta, 3-4% Mo, 3% Al, mniej niż 1% Mn i Hf.

Zęby podzielono losowo na 5 grup (po 20 zębów każda): (1) zęby odbudowane wkładami Fiber Post (GC Europe N.V., Leuven, Belgia), (2) zęby odbudowane wkładami Glassix (Harald Nordin SA, Chailly s/Montreux, Szwajcaria), (3) zęby odbudowane wkładami DT Light®Post (VDW GmbH, Monachium, Niemcy), (4) zęby odbudowane wkładami metalowymi i (5) zęby nienaruszone.

Przygotowanie próbek zębów

Korony zębów z grup 1-4 odcięto, pozostawiając korzeń o długości 13 mm. Kanały korzeniowe

Tabela I. Nazwy wkładów wykorzystanych do badania, ich średnice, długości, kształt i skład

Numer grupy badanej, nazwa fabryczna wkładu, producent	Średnica wkładu w części dokoronowej (mm)	Kształt	Długość (mm)			Skład (informacje producenta oraz z piśmiennictwa ⁴)
			całkowita	odcinka równoległego	odcinak stożkowego	
1. Fiber Post GC Europe N.V., Leuven, Belgia	1,2	cylindryczno-stożkowy	22	18	4	włókno szklane (77%), żywica metakrylanowa (23%)
2. Glassix Harald Nordin, Chailly s/Montreux, Szwajcaria	1,2	cylindryczno-stożkowy	20	18	2	włókno szklane (65%), żywica epoksydowa (35%)
3. DT Light®Post VDW GmbH, Monachium, Niemcy	1,25	cylindryczno-stożkowy	20	7	13	włókna kwarcowe (59%), żywica epoksydowa



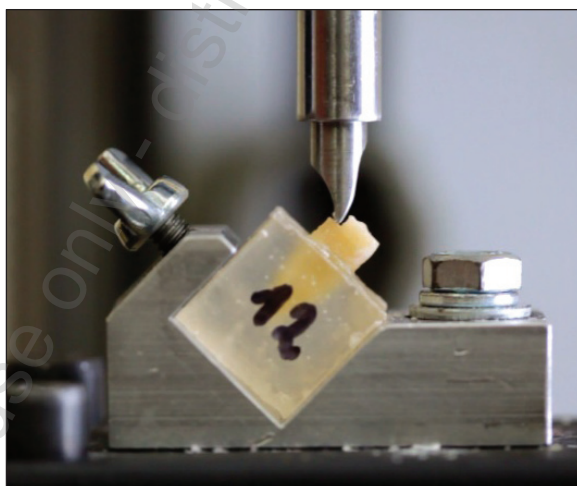
Ryc. 1. Urządzenie do powtarzalnego opracowania kanałów korzeniowych.

opracowano zgodnie z długą osią zęba, ustawiając wiertło pod kątem prostym do powierzchni nośnej korzenia. Dla spełnienia tych warunków wykonano specjalne urządzenie, które zapewniało możliwość jednoznacznego i powtarzalnego opracowania kanału korzenia zgodnie z jego długą osią (ryc. 1). Do opracowania kanałów korzeniowych użyto wiertel Peeso oraz wiertel z wybranego systemu, które montowano na końcówkę wolnoobrotową z chłodzeniem wodnym. Kanały zębów opracowano na 10 mm. Do opracowania kanałów pod cylindryczne wkłady metalowe zastosowano wiertła Parapost® Taper Lux™ Drill (Coltene/Whaledent Inc., Cuyahoga Falls, Stany Zjednoczone) o średnicy 1,25 mm pod wkłady metalowe.

Powierzchnie nośne i kanały opracowanych korzeni wytrawiano 37% kwasem ortofosforowym Scotchbond Universal Etchant (3M ESPE Dental Products, St. Paul, Stany Zjednoczone) w czasie 15 sekund, następnie obficie płukano i osuszono.



Ryc. 2. System wiążący V generacji XP Bond z aktywatorem do bondu Self Cure Activator (Dentsply Caulk, Milford, Stany Zjednoczone) oraz cement dualny CoreX Flow (Dentsply Caulk, Milford, Stany Zjednoczone).



Ryc. 3. Próbką w specjalnych uchwytach. Siła przyłożona pod kątem 135°.

Cementowanie wkładów

Do cementowania wybrano cement kompozytowy CoreX Flow o dualnym systemie wiązania z systemem wiążącym XP Bond i aktywatorem do bondu SelfCure Activator (Dentsply Caulk, Milford, Stany Zjednoczone) w oddzielnej buteleczce (ryc. 2).

Wkłady zostały odtuszczone 70% roztworem alkoholu etylowego i osuszone. Powierzchnia wkładów została pokryta silanem Monobond Plus (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) i osuszona po 60 sekundach. System wiążący V generacji XP Bond

(Dentsply Caulk, Milford, Stany Zjednoczone) zmieszano, według zaleceń producenta, w równych proporcjach z aktywatorem Self Cure Activator (Dentsply Caulk, Milford, Stany Zjednoczone) (ryc. 2) w czasie 2 sekund i aplikowano na powierzchnie wkładów w czasie 10 sekund. Nadmiary płynu zostały usunięte silnym strumieniem powietrza. System wiążący wprowadzono także do kanału za pomocą aplikatorów kanałowych. Po 10 sekundach aplikacji (według zaleceń producenta) nadmiar bondu odsączało się sączkami papierowymi. Cement wprowadzono do kanału za pomocą końcówki mieszającej z dołączoną wydłużoną tulejką (ryc. 2). Natychmiast po podaniu cementu, do kanału wprowadzono przygotowany wkład kk. Cement został utwardzony światłem lampy diodowej (FlashMax P3; CMS Dental, Kopenhaga, Dania) w czasie 5 sekund.

Odbudowa części koronowej

Do odbudowy zrębu koronowego wybrano kompozytowy materiał światłoutwardzalny Filtek Z550 z systemem wiążącym V generacji Adper™Single Bond Plus Adhesive (3M ESPE Dental Products, St. Paul, Stany Zjednoczone). Powierzchnię nośną korzenia i wkład ponownie wytrawiono kwasem ortofosforowym Scotchbond Universal Etchant (3M ESPE Dental Products, St. Paul, Stany Zjednoczone) w czasie 15 sekund, spłukano w czasie 20 sekund, osuszono i pokryto systemem wiążącym Adper™Single Bond Plus Adhesive (3M ESPE). Po 10 sekundach osuszono i spolimeryzowano. Do wykonania odbudowy zrębu wykorzystano system SuperMat z kształtkami Adapt®SuperCap®Matrix (KerrHawe SA, Bioggio, Szwajcaria). Kompozyt Filtek Z550 nakładano warstwami grubości maksymalnie 2 mm i naświetlano lampą polimeryzacyjną (FlashMax P3; CMS Dental, Kopenhaga, Dania) w czasie 5 sekund. Najpierw odbudowano zgrab do wysokości 3 milimetrów. Następnie podniesiono odbudowę do

wysokości 6 milimetrów, kształtując w tej części, z pomocą silikonowej kształtki, stopień o głębokości 1 mm. Schodek imitował wklęsłość ściany podniebiennej zębów siecznych oraz umożliwiał stabilne przyłożenie siły w miejscu oddalonym 1 mm od długiej osi wkładu i 3 mm powyżej powierzchni nośnej. Zęby zostały zatopione w bezbarwnym tworzywie akrylowym samopolimeryzującym Estetic Ort (Wiedent, Łódź, Polska) w kształtkach aluminiowych o wymiarach 20x20x20 mm. Jako imitację sztucznej ozębnej zastosowano klej Butapren (Wytwórnia Chemiczna Dragon, Kraków, Polska).

Badanie odporności na złamanie przeprowadzono metodą statycznego obciążenia przygotowanych modeli doświadczalnych. Schemat badań opracowano na podstawie metodologii badań dostępnych w piśmiennictwie.^{10,11,17-22} Do testu łamania wykorzystywano uniwersalną maszynę Instron 4485 (Instron Corporation, Norwood, Stany Zjednoczone). Próbkę umieszczano w specjalnym uchwycie, który umożliwiał przyłożenie siły pod kątem 135° względem długiej osi zęba. Głowica łamiąca miała kształt i wymiary zęba siecznego żuchwy (ryc. 3). Prędkość przesuwu głowicy ustalano na 0,5 mm/min. W trakcie badania rejestrowano wykres natężenia siły w zależności od przemieszczenia głowicy maszyny wytrzymałościowej. Badania wykonano w laboratorium Katedry Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Politechniki Łódzkiej.

Wyniki

Wyniki badań odpornościowych przedstawiono w tabeli II.

Omówienie wyników i dyskusja

Przeprowadzone badania pozwoliły porównać odporność na złamanie zębów odbudowanych różnymi rodzajami wkładów

Tabela II. Wyniki odporności na złamania (N) w analizowanych grupach – wartości przeciętne i miary rozrzutu

Nr grupy	Nazwa grupy	Obliczone parametry sił złamania (N)					
		min	max	x	Me	SD	v(%)
1	Fiber Post (GC)	428,4	664,7	531,7	546,6	66,1	12,4
2	Glassix (Nordin)	354,5	578,5	473,6	458,4	70,3	14,8
3	DT Light®Post (VDW)	360,5	704,0	573,6	612,0	108,7	18,9
Grupa	Cr-Co	701,9	1104,8	845,4	825,5	106,2	12,6
Grupa kontrolna	Zęby nienaruszone (K)	548,0	1470,0	995,9	1030,0	273,5	27,5

koronowo-korzeniowych. Istotne różnice zaobserwowano pomiędzy wartościami odporności na złamanie zębów odbudowanych wkładami Glassix (Harald Nordin, Szwajcaria): $473,61 \pm 70,28$ N) a wkładami Fiber Post (GC, Belgia): $531,67 \pm 66,14$ N ($p < 0,05$) i DT Light®Post (VDW, Niemcy) z wartością $573,61 \pm 108,66$ N ($p < 0,01$). Pomędzy grupą zębów odbudowanych wkładami Fiber Post (GC, Belgia) a grupą zębów odbudowanych wkładami DT Light®Post (VDW, Niemcy) różnice w odporności na złamanie zębów nie były istotne ($p \leq 0,05$). Większość badań w piśmiennictwie potwierdziło hipotezę, że wybór rodzaju wkładu FRC wpływa na odporność na złamanie odbudowanych zębów.^{10-12,14,23,24} Istotne różnice występowały szczególnie pomiędzy zębami odbudowanymi wkładami wzmocnionymi włóknami kwarcowymi a zębami odbudowanymi wkładami z włóknami szklanymi.¹⁰⁻¹²

Badanie wykazało, że zęby odbudowane wkładami metalowymi miały większą odporność na złamanie ($845,4 \pm 106,16$ N) w porównaniu z zębami odbudowanymi wkładami FRC średnio o 37%. Porównanie średnich w poszczególnych grupach zębów odbudowanych

wkładami FRC ze średnią w grupie zębów odbudowanych wkładami metalowymi wykazało istotne statystycznie różnice w przypadku każdej z analizowanych grup ($p < 0,001$). Większość badaczy potwierdza fakt, że wkłady metalowe zwiększają istotnie wartość siły potrzebnej do zniszczenia odbudowanego filaru w porównaniu z zębami odbudowanymi wkładami FRC.^{10,11,13,14,18,24-31} Pomimo niższych wartości odporności na złamanie, jakie uzyskały wkłady FRC, należy stwierdzić, że do zniszczenia zębów odbudowanych za ich pomocą nadal potrzebne są siły większe od przeciętnych sił żucia, które u młodych osób wynoszą od 100 do 300N.^{31,32}

Najbardziej odporne na złamania były zęby nienaruszone ze średnią wartością maksymalnych sił łamiących wynoszącą $995,87 \pm 273,5$ N. Była to wartość o 15% większa od średniej siły złamania dla zębów z wkładami metalowymi i średnio o 47% większa od – zębów odbudowanych wkładami FRC.

Odbudowa zębów za pomocą wkładów, niezależnie od ich rodzaju, nie przywraca pierwotnej odporności zębów na złamanie. Potwierdzają to badania innych autorów.^{10,17,22,23,33-35} Niektórzy badacze posuwają

się do wniosków, że wkłady FRC zmniejszają odporność na złamania odbudowanych zębów.^{10,22,35} W badaniach *Valdivia*²² zęby odbudowane wkładami FRC a następnie licówkami ceramicznymi wykazały mniejszą odporność na złamania w porównaniu z grupą zębów odbudowanych analogicznie, lecz bez zastosowania wkładów. Zęby po leczeniu endodontycznym nie zawsze muszą być odbudowane wkładami FRC.³⁶⁻³⁸ W przypadku zębów przednich, kiedy ubytek tkanek występuje tylko w punkcie trepanacyjnym i nie przekracza 1/3 części koronowej zęba, a w zębie nie ma innych rozległych wypełnień – nie ma wskazań do zastosowania wkładu koronowo-korzeniowego. Opracowanie tych zębów dodatkowo pod wkład FRC spowoduje nieuzasadnioną utratę tkanek.^{36,37} Jednak przy zredukowanej suprastrukturze zęba (obecność wypełnień klasy III na obu ścianach stycznych) zęby bez wkładów wykazały istotnie mniejszą odporność na złamania w porównaniu do zębów odbudowanych wkładami FRC.²² W badaniach *Makade*,¹⁰ odporność zębów pozbawionych koron klinicznych i odbudowanych tylko materiałem kompozytowym była istotnie niższa od odporności zębów pozbawionych koron, ale odbudowanych materiałem kompozytowym i wkładem FRC. Wnioski te potwierdzają tezę podnoszoną przez autorów wielu badań, że nie status zęba leczonego endodontycznie stanowi o wskazaniach do odbudowy wkładem kompozytowym, lecz stan jego korony klinicznej i obecność obręczy.^{29,35-38} Wskazane jest zatem zastosowanie wkładów koronowo-korzeniowych w zębach, których struktury naddziąsłowe zostały zniszczone w ponad 50%.^{37,39} Warunkiem istotnym jest obecność minimum 2 mm tkanek zęba naddziąsłowo dla zapewnienia efektu obręczy (ferule effect).^{31,40,41} Niemożność spełnienia tego warunku według wielu autorów niesie ze sobą wysokie ryzyko niepowodzenia.^{42,43}

W przeprowadzonym badaniu porównanie średnich maksymalnej siły złamania w grupach

zębów odbudowanych wkładami metalowymi i zębów nienaruszonych, nie wykazało istotnej statystycznie różnicy ($p > 0,05$). Można zatem stwierdzić, że zęby odbudowane wkładami metalowymi uzyskały odporność najbardziej zbliżoną do ich własnej. Pomimo wad wkładów metalowych warto rozważyć dalsze stosowanie ich do odbudowy zniszczonych struktur zębów.

Wnioski

1. Wybór rodzaju wkładu FRC ma wpływ na odporność na złamania odbudowanych zębów.
2. Im materiał wkładu koronowo-korzeniowego jest sztywniejszy, tym odbudowany ząb ma większą odporność na złamania. Wkłady metalowe zapewniają większą odporność na złamania zębów w porównaniu z wkładami FRC.
3. Odbudowa zębów za pomocą wkładów, niezależnie od ich rodzaju, nie przywraca pierwotnej odporności zębów na złamania.

Piśmiennictwo

1. *Stockton LW*: Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 380-385.
2. *Zielińska R, Dejak B, Suchorzewski A*: Porównanie właściwości zębów odbudowanych wkładami koronowo-korzeniowymi lanowymi, standardowymi i kompozytowymi wzmacnianymi włóknami szklanymi. *Protet Stomatol* 2010; LX, 1: 37-43.
3. *Duret B, Reynaud M, Duret F*: New concept of coronaradicular reconstruction: the Compositopost (1). *Le Chirurgien-Dentiste De France*. 1990; 60: 131.
4. *Zicari F, Coutinho E, Scotti R, Van Meerbeek B, Naert I*: Mechanical properties and micro-morphology of fiber posts. *Dent Mater* 2013; 29: e45-e52.
5. *D'Arcangelo C, De Angelis F, Vadini M,*

- D'Amario M, Caputi S*: Fracture Resistance and Deflection of Pulpless Anterior Teeth Restored with Composite or Porcelain Veneers. *J Endod* 2010; 36: 153-156.
6. *Alharbi F, Nathanson D, Morgano SM, Baba NZ*: Fracture resistance and failure mode of fatigued endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced resin posts and metallic posts in vitro. *Dent Traumatol* 2014; 30: 317-325.
 7. *Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, do Valle AL*: Fracture strength of teeth with flared root canals restored with glass fibre posts. *Int Dent J* 2007; 57: 153-160.
 8. *Mi-Joo K, Won-Chang J, Seunghan O, Hattori M, Yoshinari M, Kawada E, et al.*: Flexural properties of three kinds of experimental fiber-reinforced composite posts. *Dent Mater J* 2011; 30: 38-44.
 9. *Le Bell-Rönnlöf A-M, Lassila LVJ, Kangasniemi I, Vallittu PK*: Load-bearing capacity of human incisor restored with various fiber-reinforced composite posts. *Dent Mater* 2011; 27: e107-e115.
 10. *Makade CS, Meshram GK, Warhadpande M, Patil PG*: A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post core systems - an in-vitro study. *J Adv Prosthodontol* 2011; 3: 90-95.
 11. *Maccari PC, Cosme DC, Oshima HM, Burnett LH, Jr., Shinkai RS*: Fracture strength of endodontically treated teeth with flared root canals and restored with different post systems. *J Esthet And Restorat Dent* 2007; 19: 30-36.
 12. *Akkayan B, Gülmez T*: Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 431-437.
 13. *Dhanavel C, Madhuran K, Naveenkumar V, Anbu R*: Fracture Resistance Of Endodontically Treated Maxillary Central Incisor With Five Different Post And Core Systems-An In-Vitro Study. *Internet J Dent Science* 2011; 10: 1-3.
 14. *Kaur J, Verma PR, Nagpal A*: Fracture Resistance Of Endodontically Treated Teeth Restored With Different Post Systems A Comparative Study. *Indian J Dent Sciences* 2011; 3: 5-9.
 15. *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.
 16. *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: 115-126.
 17. *Kathuria A, Kavitha M, Khetarpal S*: Ex vivo fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors restored with fiber-reinforced composite posts and experimental dentin posts. *J Conserv Dent* 2011; 14: 401-405.
 18. *Qing H, Zhu Z, Chao Y, Zhang W*: In vitro evaluation of the fracture resistance of anterior endodontically treated teeth restored with glass fiber and zircon posts. *J Prosthet Dent* 2007; 97: 93-98.
 19. *Rosentritt M, Sikora M, Behr M, Handel G*: In vitro fracture resistance and marginal adaptation of metallic and tooth-coloured post systems. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 675-681.
 20. *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.
 21. *Borelli B, Sorrentino R, Zarone F, Ferrari M*: Effect of the length of glass fiber posts on the fracture resistance of restored maxillary central incisors. *Amer J Dent* 2012; 25: 79-83.
 22. *Valdivia AD, Raposo LH, Simamoto-Júnior PC, Novais VR, Soares CJ*: The effect of fiber post presence and restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary incisors: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2012; 108: 147-157.
 23. *Ambica K, Mahendran K, Talwar S, Verma M*,

- Padmini G, Periasamy R*: Comparative evaluation of fracture resistance under static and fatigue loading of endodontically treated teeth restored with carbon fiber posts, glass fiber posts, and an experimental dentin post system: an in vitro study. *J Endod* 2013; 39: 96-100.
24. *Fokkinga WA, Kreulen CM, Le Bell-Rönnlöf A-M, Lassila LVJ, Vallittu PK, Creugers NHJ*: In vitro fracture behavior of maxillary premolars with metal crowns and several post-and-core systems. *Europ J Oral Scienc* 2006; 114: 250-256.
25. *Ozcan M, Valandro LF*: Fracture strength of endodontically-treated teeth restored with post and cores and composite cores only. *Oper Dent* 2009; 34: 429-436.
26. *Stewardson DA, Shortall AC, Marquis PM*: The effect of the elastic modulus of endodontic posts on static load failure. *Int Endod J* 2011; 44: 458-468.
27. *Al-Wahadni AM, Hamdan S, Al-Omiri M, Hammad MM, Hatamleh MM*: Fracture resistance of teeth restored with different post systems: in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: e77-e83.
28. *Torabi K, Fattahi F*: Fracture resistance of endodontically treated teeth restored by different FRC posts: An in vitro study. *Ind J Dental Res* 2009; 20: 282-287.
29. *Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E*: Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 360-367.
30. *Stricker EJ, Göhring TN*: Influence of different posts and cores on marginal adaptation, fracture resistance, and fracture mode of composite resin crowns on human mandibular premolars. An in vitro study. *J Dent* 2006; 34: 326-335.
31. *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.
32. *Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Dellavia C, Tartaglia GM*: Single tooth bite forces in healthy young adults. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 18-22.
33. *Schmitter M, Lippenberger S, Rues S, Gilde H, Rammelsberg P*: Fracture resistance of incisor teeth restored using fibre-reinforced posts and threaded metal posts: effect of post length, location, pretreatment and cementation of the final restoration. *Int Endod J* 2010; 43: 436-442.
34. *Fokkinga WA, Le Bell AM, Kreulen CM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH*: Ex vivo fracture resistance of direct resin composite complete crowns with and without posts on maxillary premolars. *Int Endod J* 2005; 38: 230-237.
35. *Zicari F, Van Meerbeek B, Scotti R, Naert I*: Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *J Dent* 2013; 41: 207-215.
36. *Ferrari M, Cagidiaco MC, Grandini S, De Sanctis M, Goracci C*: Post Placement Affects Survival of Endodontically Treated Premolars. *J Dent Res* 2007; 86: 729-734.
37. *Mannoci F., Cavalli G., Gagliani M*: Uzupełnienia adhezyjne zębów leczonych endodontycznie. Wydawnictwo Kwintesencja, Warszawa 2008: 35.
38. *Scotti N, Coero Borga FA, Alovisi M, Rota R, Pasqualini D, Berutti E*: Is fracture resistance of endodontically treated mandibular molars restored with indirect onlay composite restorations influenced by fibre post insertion? *J Dent* 2012; 40: 814-820.
39. *Sterzenbach G, Franke A, Naumann M*: Rigid versus Flexible Dentine-like Endodontic Posts-Clinical Testing of a Biomechanical Concept: Seven-year Results of a Randomized Controlled Clinical Pilot Trial on Endodontically Treated Abutment Teeth

- with Severe Hard Tissue Loss. *J Endod.* 2012; 38: 1557-1563.
40. *Mangold JT, Kern M:* Influence of glass-fiber posts on the fracture resistance and failure pattern of endodontically treated premolars with varying substance loss: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2011; 105: 387-393.
41. *Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A:* Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quint Int* 2008; 39: 117-129.
42. *Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M:* Ferrule effect: a literature review. *J Endod* 2012; 38: 11-19.
43. *Ferrari M, Vichi A, Fadda GM, Cagidiaco MC, Tay FR, Breschi L, et al.:* A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J Dent Res* 2012; 91: 72S-78S.

Zaakceptowano do druku: 18.11.2015 r.

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

© Zarząd Główny PTS 2015.