

Właściwości na zginanie wkładów koronowo-korzeniowych wzmocnionych włóknem szklanym i wkładów metalowych: badanie metodą testu trójpunktowego*

The flexural properties of glass fiber-reinforced posts and cast posts: three-point bending test*

Marzena Kacprzak-Ogłuszka, Beata Dejak

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

HASŁA INDEKSOWE:

wkłady koronowo-korzeniowe wzmocnione włóknem szklanym, wytrzymałość na zginanie, moduł sprężystości, trójpunktowy test zginania

KEY WORDS:

fiber post, flexural strength, flexural modulus, three-point bending test

Streszczenie

Wprowadzenie. Od dwóch dekad wkłady koronowo-korzeniowe wzmocnione włóknem szklanym FRC wykorzystywane są w stomatologii odtwórczej. Wkłady o większej wytrzymałości na zginanie zapewniają większą wytrzymałość odbudowanym zębom.

Cel pracy. Celem pracy było zbadanie i porównanie wytrzymałości na zginanie oraz modułu sprężystości na zginanie wybranych systemów wkładów FRC i wkładów metalowych

Material i metoda. Testom poddano dwanaście rodzajów wkładów koronowo-korzeniowych dostępnych na naszym rynku: Fiber Post (GC), Glassix i Glassix Plus (Harald Nordin), Rebuilda Post (VOCO), DT Light Post (VDW), FibreKleer (Pentron), Luxapost Refill (DMG), ParaPost Fiber Lux (Coltene), Postec Plus (Ivoclar), Rely X (3M), EasyPost (Maillefer), X-Post (Dentsply). Przebadano 120 sztuk wkładów, po 10 z każdego rodzaju. Przygotowane zostały także metalowe cylindryczne wkłady lane o średnicy 1,2mm i długości 20mm ze stopu Cr-Co jako grupa kontrolna. Badania zostały przeprowadzone metodą testu trójpunktowego na zginanie za pomocą maszyny Instron 4485. Kąt przyłożenia siły do próbki wynosił 90°, prędkość prze-

Summary

Background. For almost twenty years fibre-reinforced posts (FRC) have been used in reconstructive dentistry. Posts with higher flexural strength yield better flexural strength of tooth restorations.

Aim of the study. To investigate and to compare the flexural strength and the flexural modulus of chosen twelve types of FRC and cast metal posts.

Material and methods. Twelve types of fibre posts of different manufacturers present on our market were tested: Fibre Post (GC), Glassix and Glassix Plus (Harald Nordin), Rebuilda Post (VOCO), DT Light Post (VDW), FibreKleer Serrated Post (Pentron), Luxapost Refill (DMG), ParaPost Fiber Lux (Coltene), Postec Plus (Ivoclar), RelyX (3M), EasyPost (Maillefer), X-Post (Dentsply). There were examined 120 units of posts, ten out of each type. Ten cylindrical cast posts (diameter, 1.2 mm; length, 20 mm), made of chrome-cobalt alloy, were also produced to form a control group. A universal testing machine Instron 4485 loaded at an angle of 90°, with a crosshead speed of 0.5mm/min was used for three-point bending test.

Results. Within the limitations of this study the mean flexural strength of fibre posts was 888.8±178.2MPa.

*Praca wygłoszona na XI Konferencji Biomateriały i Mechanika w Stomatologii. Organizator: Polskie Towarzystwo Inżynierii Medycznej, Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach 6-9.X.2011r.

suwu głowicy -na 0,5mm/min. Test prowadzony był do momentu złamania próbki.

Wyniki. Średnia wartość wytrzymałości na zginanie systemów wkładów FRC wyniosła $888,8 \pm 178,2$ MPa. Największą wytrzymałość na zginanie miał wkład DTLightPost (VDW), najmniejszą – Glassix (Harald Nordin). Średnia wartość wytrzymałości na zginanie dla grupy kontrolnej wyniosła $1957,2 \pm 150,3$ MPa. Średnia wartość modułu sprężystości na zginanie dla wkładów FRC wynosi $17,9 \pm 4,6$ GPa a dla wkładów metalowych $71,32 \pm 3,7$ GPa.

Wnioski. Wkłady FRC mają ponad 2krotnie mniejszą niższą wytrzymałość i 4 krotnie mniejszy moduł sprężystości na zginanie niż wkłady metalowe.

The highest values of flexural strength were demonstrated by DTLightPost (VDW) and the lowest by Glassix (Harald Nordin). The mean flexural strength of the control group amounted to 1957.2 ± 150.3 MPa. The mean flexural modulus of FRC posts was 17.9 ± 4.6 GPa, and 71.32 ± 3.7 GPa for cast metal posts.

Conclusion. FRC posts showed a twofold lower strength and almost a fourfold lower flexural modulus than those yielded by cast posts.

Wprowadzenie

Odbudowane zęby powinny być estetyczne i wytrzymałe. Nowe generacje wkładów koronowo-korzeniowych kompozytowych wzmocnianych włóknami szklanymi FRC (fiber-glass reinforced composite), gwarantują uzyskanie dobrego efektu kosmetycznego (1), jednak charakteryzują się słabszymi parametrami wytrzymałościowymi w porównaniu do wkładów ze stopów metali (2-4). Wg Dhanavel i wsp. zęby odbudowane wkładami FRC wykazują mniejszą odporność na złamanie, to znaczy ulegają uszkodzeniu pod wpływem mniejszej siły niż zęby z metalowymi wkładami (4-6). Jednak wielu autorów donosi, że zęby z kompozytowymi wkładami ulegają złamaniu w okolicy szyjki zęba, a nie wewnątrz korzenia (jak w przypadku wkładów lanych) (4-6, 12-14). Wśród innych przyczyn odpowiedzialnych za niepowodzenia odbudowy zębów z użyciem wkładów kompozytowych wymieniane są: odcementowanie wkładu (utrata połączenia na granicy: cement-zębina albo cement-wkład) (15-17) lub złamanie wkładu na skutek pęknięcia matrycy kompozytowej, rozwarstwienia wkładu, ugięcia i przerwania ciągłości włókien (18, 19).

Wkłady FRC są zbudowane z włókien zatopionych w żywicy. Zawierają średnio około 60% (55-84%) włókien szklanych. Najczęściej stosowane są włókna typu E (electrical glass), których fazę amorficzną stanowi mieszanina SiO_2 (52-56%), CaO (16-25%), Al_2O_3 (12-16%), B_2O_3 (5-10%) i

innych tlenków metali. Średnica tych włókien wynosi od 8 do 16 μm (20). Żywice epoksydowe i metakrylanowe tworzą matrycę i spoiwo wkładu. Charakteryzują się wysokim stopniem konwersji polimerów i silnie usieciowaną strukturą. Dane dotyczące składu wkładów wykorzystanych do badania umieszczone zostały w tabeli I (21-25).

W ostatnich latach wkłady FRC są coraz częściej używane do odbudowy zębów (26-30). Na rynku pojawiło się kilkadziesiąt rodzajów standardowych wkładów kompozytowych, produkowanych przez różne firmy (30). Przeprowadzone badania wytrzymałościowe mogą pomóc w wyborze odpowiedniego rodzaju wkładu wśród ogromnej palety produktów oferowanych przez firmy.

Cel pracy

Celem pracy było zbadanie i porównanie wytrzymałości na zginanie oraz modułu sprężystości na zginanie wybranych systemów wkładów koronowo-korzeniowych FRC i wkładów metalowych.

Materiał i metoda

Do badania wykorzystano dwanaście rodzajów wkładów koronowo-korzeniowych wzmocnionych 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),

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

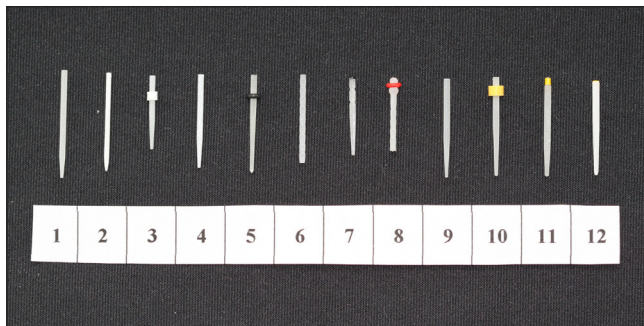
Nazwa	Producent	Średnica (mm)	Długość (mm)	Kształt	Skład (16-20)
Fiber Post	GC America Inc.	1,2	22	cylicyryczno-stożkowy	włókno szklane, żywica metakrylanowa
Glassix	Harald Nordin	1,2	18	cylicyryczno-stożkowy	E-włókno szklane, śr. włókien 8µ-60%, żywica epoksydowa
Glassix+plus	Harald Nordin	1,2	15	Stożkowy z helikoidalnym skręceniem	E-włókno szklane 60%, żywica epoksydowa
Rebilda Post	VOCO	1,2	19	cylicyryczno-stożkowy	włókna szklane, nieorganiczne wypełniacze, żywica polidimetakrylanowa
DT Light Post	VDW	1,25	20	stożkowy	włókna kwarcowe, śr. włókien 8µ 59%, żywica epoksydowa
FibreKleer	Pentron	1,25	18	cylicyryczny	włókna szklane-81-84% żywica bis-GMA, UDMA, HDDMA-16-19% (informacja producenta)
Luxapost	DMG	1,25	16	cylicyryczno-stożkowy	włókna szklane presilanizowane, żywica bis-GMA
ParaPost Fiber Lux	Coltene Whaledent	1,25	15	cylicyryczny z „główką”	włókna szklane 60%, żywica epoksydowa
Postec Plus	Ivoclar	1,29	20	cylicyryczno-stożkowy	włókna szklane typu E 8µm 55%, żywice: UDMA i TEGMA, dwutlenek krzemu, fluorek itru
Rely X Fiber Post	3M	1,3	20	cylicyryczno-stożkowy	włókno szklane, żywica metakrylanowa
EasyPost	Maillefer	1,35	20	cylicyryczno-stożkowy	włókna szklane z 18% dodatkiem cyrkonu, śr. włókien 8µ, 60%; żywica epoksydowa
X-Post	Dentsply	1,35	20	cylicyryczno-stożkowy	włókna szklane wzbogacone cyrkonem 60%, presilanizowane; żywica epoksydowa
Rex CC	P	1,2	20	cylicyryczny	Co-60%, Cr-26%, Ti-8%, Mo-4%, Al-3%, Mn i Hf- mniej niż 1%

ParaPost Fiber Lux (Coltene Whaledent), Postec Plus (Ivoclar), Rely X Fiber Post (3M), EasyPost (Maillefer/Dentsply) i X-Post (Dentsply) (ryc. 1). W tabeli I umieszczono dane na temat średnic, długości i składu badanych wkładów. Z każdego z 12 systemów próbom wytrzymałościowym poddanych zostało po 10 sztuk wkładów o średnicach od 1,2 do 1,35 mm i długości od 15 do 22 mm.

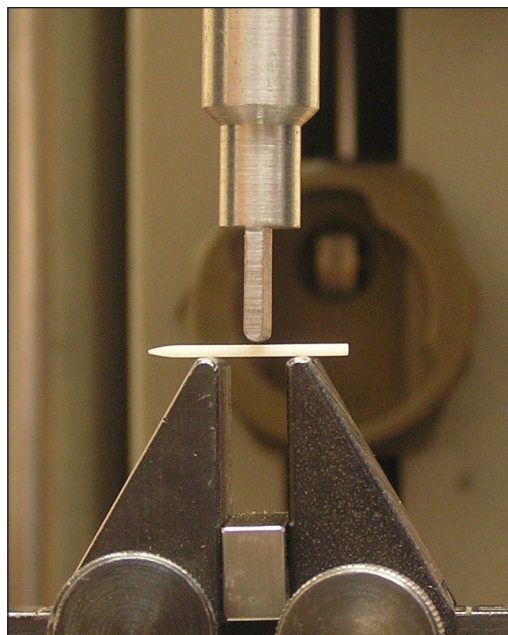
Przygotowane zostały także metalowe cylindryczne wkłady lane o średnicy 1,2 mm i długości

20 mm. Próbki odlano ze stopu Cr-Co Rex CC (Pentron, USA) metodą traconego wosku. Jako form użyto pałeczek z wosku odlewowego (Renfert, Niemcy) o średnicy 1,2 mm.

Parametry wytrzymałościowe obliczono stosując metodę testu trójpunktowego. Do badań wykorzystano uniwersalną maszynę Instron 4485 z czujnikiem siły w zakresie pomiarowym 500 N. Błąd pomiarowy wynosił mniej niż 0,02%. Testy przeprowadzono w laboratorium Wytrzymałości

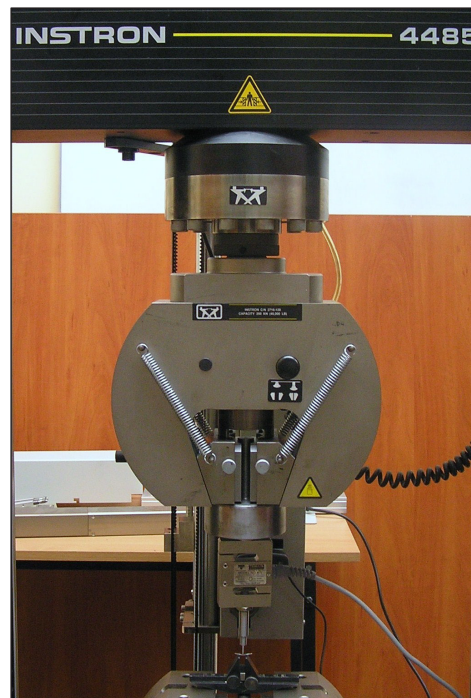


Ryc. 1. Wkłady wybrane do badania: 1 – Fiber Post (GC), 2 – Glassix (Harald Nordin), 3 – Glassix Plus (Harald Nordin), 4 – Rebuilda Post (VOCO), 5 – DT Light Post (VDW), 6 – FibreKleer Serrated Post (Pentron), 7 – Luxapost Refill (DMG), 8 – ParaPost Fiber Lux (Coltene Whaledent), 9 – Postec Plus (Ivoclar), 10 – Rely X Fiber Post (3M), 11 – EasyPost (Maillefer/Dentsply), 12 – X-Post (Dentsply).

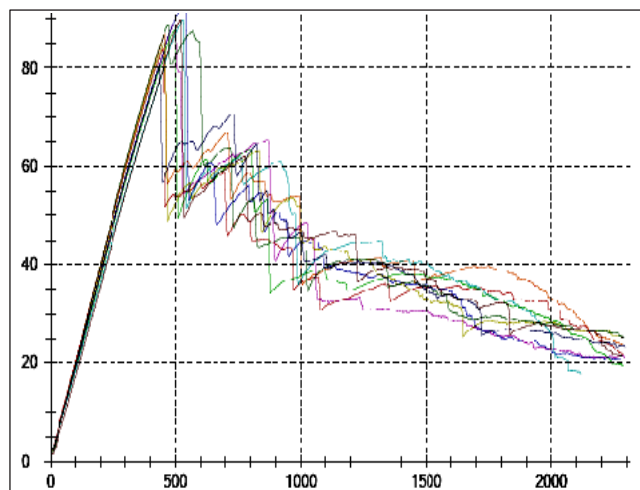


Ryc. 3. Wkład przygotowany do badania metodą testu trójpunktowego.

Materiałów i Konstrukcji Politechniki Łódzkiej (rys. 2). Siłę przyłożono do punktu, który znajdował się na środku odcinka wkładu o jednakowej średnicy (rys. 3). Odległość podpór została ustalona na 8 mm. Odległość ta była uwarunkowana obecnością równoległościennego odcinka we wszystkich wkładach. Kąt przyłożenia siły do próbki wynosił 90°, wartość siły wstępnej ustalono na 0,1 N, prędkość przesuwu głowicy – na 0,5 mm/min. Test prowadzony był do momentu złamania próbki.



Ryc. 2. Maszyna Instron 4485 z czujnikiem z czujnikiem siły w zakresie pomiarowym 500N.



Ryc. 4. Wykres zginania wkładów.

Podczas badania rejestrowano wykres natężenia siły w zależności od przemieszczenia głowicy maszyny wytrzymałościowej (rys. 4). Dla każdej próbki otrzymano wartości sił maksymalnych, przy których następowało złamanie wkładu. Wykorzystując otrzymane dane obliczano wytrzymałość na zginanie dla próbek o kształcie cylindrycznym wg wzoru (1):

$$R_g = 8F_m L / \pi D^3$$

gdzie:

R_g – wytrzymałość na zginanie (MPa), F_m – siła maksymalna, przy której dochodzi do złamania próbki (N), L – odległość podpór (mm), D – średnica próbki (mm).

Następnie obliczono moduł sprężystości na zginanie dla próbek o kształcie cylindrycznym wg wzoru (2):

$$E = [4L^3/3\pi D^4] \cdot [(F_{high} - F_{low})/dl]$$

gdzie:

E – moduł sprężystości na zginanie (GPa), L – odległość podpór (mm), D – średnica próbki (mm), F_{high} i F_{low} – są wartościami sił wybranymi z liniowego odcinka wykresu rejestrującego siłę przyłożoną do próbki w funkcji ugięcia wkładu (N), dL – jest wartością przemieszczenia (ugięcia wkładu)

zarejestrowaną na wybranym odcinku odpowiadającym ww siłom F_{high} i F_{low} odczytanym z wykresu (mm) (rys. 4).

Wyniki

Z wkładów FRC najbardziej odporne na zginanie okazały się X-Post (Dentsply). Ulegały one złamaniu pod wpływem średniej siły około $114,5 \pm 4,3$ N. Badanie wykazało, że najłatwiej jest złamać wkład Glassix (Harald Nordin), pod wpływem średniej siły $48,4 \pm 4,2$ N. Wkłady metalowe ze stopu chromowo-kobaltowego ulegały złamaniu przy średniej sile $165,9 \pm 12,7$ N, czyli z siłą o 30% większą od siły potrzebnej do złamania wkładu X-Post i aż o 70% większą od maksymalnej siły złamania dla wkładu Glassix. Wartości średnie maksymalnych sił złamania dla wkładów FRC umieszczone zostały w tabeli II, dla wkładów metalowych w tabeli III.

Tabela II. Wartości średnie siły złamania, wytrzymałości na zginanie i modułu sprężystości dla wszystkich grup wkładów FRC. Wartość średnia, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności obliczony dla ww. parametrów dla wkładów FRC

Lp.	Nazwa próbki	Nazwa producenta	Średnie wartości sił maksymalnych (N)	Średnie wartości wytrzymałości na złamanie (MPa)	Średnie wartości modułu sprężystości na zginanie (GPa)
1.	Fiber Post	GC	87,48±3,58	1031,3±42,28	22,63±0,80
2.	Glassix	Harald Nordin	48,43±4,29	571,9±51,0	20,04±0,79
3.	Glassix+plus	Harald Nordin	55,36±3,64	652,5±43,0	10,93±1,37
4.	Rebilda Post	VOCO	84,8±3,09	991,1±36,58	22,90±0,84
5.	DT Light Post	VDW	79,79±3,23	1221,0±49,69	
6.	FibreKleer Serrated Post	Pentron	91,10±7,69	949,9±79,93	15,62±1,38
7.	LuxaPost	DMG	78,27±7,95	816,2±82,87	12,66±1,85
8.	ParaPostFiber Lux	Coltene Whaledent	84,82±5,59	884,9±58,26	18,12±0,88
9.	Postec Plus	Ivoclar	75,13 ±1,85	713,2±17,36	11,1±0,14
10.	Rely X Fiber Post	3M	105,47±4,23	978,3±39,98	21,56±0,40
11.	EasyPost	Maillefer	109,9±4,62	908,2±37,49	20,82±0,54
12.	X-Post	Dentsply	114,5±4,35	947,9±36,45	20,6±0,52
Średnia-x			84,5±19,9	888,8±178,2	17,9±4,6

Tabela III. Wartość średnia dla trzech parametrów: siły złamania, wytrzymałości na zginanie i dla modułu sprężystości na zginanie dla wszystkich grup wkładów FRC i grupy kontrolnej

Lp.	Nazwa grupy	Średnia wartość sił maksymalnych (N)	Średnia wartość wytrzymałości na złamanie (MPa)	Średnia wartość modułu sprężystości na zginanie (GPa)
1.	FRC	84,5±19,9	888,8±178,2	17,9±4,6
2.	Stop Cr-Co	165,9±12,7	1957,2±150,3	71,32±3,7

Średnia wartość wytrzymałości na zginanie dla wkładów FRC wyniosła 888,8±178,2 MPa (tab. II). Największą wartością charakteryzował się wkład DT Light Post (VDW) 1221,0±49,7MPa, najmniejszą-Glassix (Harald Nordin) 571,9±51,0 MPa. Wkłady lane ze stopu chromowo-kobaltowego miały średnią wytrzymałość 1957,2±150,3 MPa (tab. III).

Średnia wartości modułu sprężystości na zginanie dla wkładów FRC wyniosła 17,9±4,6 GPa (tab. II). Bardzo elastyczny okazał się wkład Glassix Plus (Harald Nordin) 10,9±1,3 GPa, najbardziej sztywny był wkład Rebuilda Post (VOCO) z wartością 22,9±0,8 GPa. Wartość średnia modułu sprężystości na zginanie dla wkładów ze stopu chromowo-kobaltowego wyniosła 71,3±3,7 GPa (tab. III). Dla wkładu DT Light Post nie można było obliczyć modułu sprężystości ze względu na stożkowy kształt wkładu i brak odcinka równoległościennego o długości 8mm.

Dyskusja

Wykonane badania miały dać odpowiedź na pytanie, jakimi parametrami wytrzymałościowymi charakteryzują się różne systemy wkładów koronowo-korzeniowych wykorzystywane obecnie przez stomatologów. Wynika z nich, że średnia wytrzymałość na zginanie wkładów FRC wynosi 888,8±178,2 MPa. Wartości te są porównywalne z wynikami prac innych autorów (2, 18, 31-34). Średnia wytrzymałość na zginanie wkładów szklanych Reforpost Glass Fiber (Angelus) wyniosła 753,5±45,6 MPa (31), wkładów Endoclass (IDS) 907,6 MPa (32), dla wkładów wzmocnionych włóknami z dodatkiem cyrkonu Tech 21 Xop (Carbotech) 879,1±66,2 MPa (2). Wartość ostatnia jest zbliżona do wyników otrzymanych w pracy dla wkładów EasyPost (Maillefer) oraz XPost (Ivoclar), które w strukturze

mają ten sam rodzaj włókien (tab. II).

DT Light Post charakteryzuje się najwyższą wartością wytrzymałości na zginanie, sięgającą 1221±49,7 MPa (tab. II). Naukowcy badający wkłady o podobnej budowie jak np.: Endo Light Post (RTD) czy wkład Aestheti-Plus (RTD) uzyskali odpowiednio wyniki 1010,6±41,5 MPa (32) i 1290 MPa (18). W badaniu *Stewardsona* i innych DT Light Post charakteryzował się wytrzymałością 1131±38,5 MPa (35). Otrzymane wyniki wskazują, że wykorzystanie w strukturze wkładów kompozytowych włókien kwarcowych wpływa istotnie na wzrost parametrów wytrzymałościowych tych wkładów (2, 22, 34, 36).

Porównując z grupą kontrolną wytrzymałość wkładów FRC jest dwukrotnie mniejsza od wytrzymałości wkładów odlanych ze stopów chromowo-kobaltowych 1957MPa (tab. III).

Wyżej wymieniony test zginania jest również wykorzystywany dla oceny modułu sprężystości na zginanie (33, 36-38). Z przeprowadzonych badań wynika, że średnia wartość modułu sprężystości dla wkładów FRC wynosi 17,9±4,6 GPa. Jest to wartość zbliżona do modułu sprężystości zębiny 17,5±3,8 GPa (2). Według innych autorów średnie wartości modułu sprężystości dla wkładów FRC otrzymane testem trójpunktowym są wyższe (2, 22, 31, 32). Wkłady szklane Endoclass (IDS) miały moduł sprężystości 25,16±1,35 GPa (32), Reforpost Glass Fiber; (Angelus) 23,5±9,5 GPa (31), natomiast Endo Light Post (RTD) złożony z włókien kwarcowych 24,07±0,76 GPa (32). Moduł sprężystości wkładów wzmocnionych włóknami szklanymi z dodatkiem cyrkonu (Tech 21 Xop, Carbotech) wyniósł 24,4±3,8 GPa (2).

Jak wynika z badań przeprowadzonych w tej pracy, moduł sprężystości wkładów odlanych ze stopu chromo-kobaltowego jest 4krotnie wyższy i wynosi 71,32±3,7 GPa (tab. III).

Według piśmiennictwa, użycie wkładu koronowo-korzeniowego o wyższej wytrzymałości zapewnia odbudowanym strukturalom zębów wyższą odporność na złamanie (12, 13, 39, 40). W badaniach porównywano głównie wkłady metalowe: prefabrykowane lub odlewane i wkłady FRC wzmacniane włóknem szklanym lub węglowym. Zęby odbudowane wkładami metalowymi wykazywały większą (4, 5, 12, 13, 40) lub porównywalną (4, 5, 14, 41, 42) odporność na złamanie w stosunku do zębów odbudowanych wkładami FRC. W badaniach *Dhanavel* i innych średnia odporność na złamanie zębów odbudowanych lanym wkładem metalowym wynosiła $30,64 \pm 1,99$ kG natomiast zębów odbudowanych wkładem węglowym $27,43 \pm 2,03$ kG (5). *Maccari* i innych wykazali, że zęby odbudowane wkładami lanymi ze stopu chromo-niklowego miały dwukrotnie wyższą odporność na złamanie w porównaniu z zębami odbudowanymi wkładami FRC-DT Light Post (Bisco) i FRC Postec (Ivoclar) (13). Inne badanie wykazało różnice rzędu 100 N pomiędzy grupami zębów odbudowanych lanymi wkładami i koroną metalową ($2934,0 \pm 785,9$ N) a zębami odbudowanymi wkładami FRC i koroną metalową (Exacto, Angelus) $2854,2 \pm 642,9$ N (42).

Wnioski

1. Wkłady FRC mają ponad dwukrotnie niższą wytrzymałość i czterokrotnie mniejszy moduł sprężystości na zginanie niż wkłady metalowe.
2. Spośród wkładów koronowo-korzeniowych kompozytowych wzmocnionych włóknami największą wytrzymałość na zginanie miał wkład DT Light Post (VDW), największy moduł sprężystości Rebuilda Post (VOCO). Najniższe parametry wytrzymałościowe wykazały wkłady z grupy Glassix (Harald Nordin).

Podziękowania

Serdecznie dziękujemy za udostępnienie wkładów firmom 3M, Dentsply, VOCO, Coltene Whaledent i Poldent.

Piśmiennictwo

1. *D'Arcangelo C., De Angelis F., Vadini M., D'Amario M.* i wsp.: Fracture resistance and deflection of pulpless anterior teeth restored with composite or porcelain veneers. *J. Endodont.*, 2010, 36, 153-156.
2. *Plotino G., Grande N. M., Bedini R., Pameijer C. H., Somma F.*: Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent. Mater.*, 2007, 23, 1129-1135.
3. *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.
4. *Le Bell-Rönnlöf A. M., Lassila L. V. J., Kangasniemi I., Vallittu P. K.*: Load-bearing capacity of human incisor restored with various fiber-reinforced composite posts. *Dent. Mater.*, 2011, 27, 107-115.
5. *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. *Int. J. Dent. Science*, 2011, 10, 1-3.
6. *Makade C. S., Meshram G. K., Warhadpande M., Patil P. G.*: A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post core systems – an in-vitro study. *J. Adv. Prosthodont.*, 2011, 3, 90-95.
7. *Schmage P., Cakir F. Y., Nergiz I., Pfeiffer P.*: Effect of surface conditioning on the retentive bond strengths of fiberreinforced composite posts. *J. Prosthet. Dent.*, 2009, 102, 368-377.
8. *Bouillaguet S., Troesch S., Wataha J. C., Krejci I., Meyer J. M., Pashley D. H.*: Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent. Mater.*, 2003, 19, 199-205.
9. *Aksornmuang J., Foxton R. M., Nakajima M., Tagami J.*: Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J. Dent.*, 2004, 32, 443-450.
10. *Mannocci F., Sherriff M., Watson T. F.*: Three-point bending test of fiber posts. *J. Endodont.*, 2001, 27, 758-761.
11. *Ozkurt Z., Işeri U., Kazazoğlu E.*: Zirconia ceramic post systems: a literature review and a case report. *Dent. Mater.*, 2010, 29, 233-245.
12. *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, 183-188.
13. *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.
14. 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.
 15. Santos A. F. V., Meira J. B.C., Tanaka C.B., Xavier T. A., Ballester R. Y., Lima R. G.: Can fiber posts increase root stresses and reduce fracture? *J. Dent. Research.*, 2010, 89, 587-591.
 16. Pegoretti A., Fambri L., Zappini G., Bianchetti M.: Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials*, 2002, 23, 2667-2682.
 17. Bonfante G., Kaizer O. B., Pegoraro L. F., do Valle A. L.: Fracture strength of teeth with flared root canals restored with glass fibre posts. *Int. Dent. J.*, 2007, 57, 153-160.
 18. Maccari P. C., Cosme D. C., Oshima H. M., Burnett L. H., Shinkai R. S.: 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.
 19. Jung S. H., Min K. S., Chang H. S., Park S. D., Kwon S. N., Bae J. M.: Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading. *J. Prosthet. Dent.*, 2007, 98, 270-276.
 20. Li X., Bhushan B., McGinnis P. B.: Nanoscale mechanical characterization of glass fibers. *Materials Letters*, 1996, 29, 215-220.
 21. Goracci C., Corciolani G., Vichi A., Ferrari M.: Light-transmitting Ability of Marketed Fiber Posts. *J. Dent. Research*, 2008, 87, 1122-1126.
 22. Stewardson D. A., Shortall A. C., Marquis P. M., Lumley P. J.: The flexural properties of endodontic post materials. *Dent. Mater.*, 2010, 26, 730-736.
 23. Santos V., Perdigão J., Gomes G., Silva A. L.: Sealing Ability of Three Fiber Dowel Systems. *J. Prosthodont.*, 2009, 18, 566-576.
 24. dos Santos Alves Morgan L. F., Peixoto R. T. R., de Castro Albuquerque R. i wsp.: Light transmission through a translucent fiber post. *J. Endodont.*, 2008, 34, 299-302.
 25. Wiskott H. W. A., Meyer M., Perriard J., Scherrer S. S.: Rotational fatigue-resistance of seven post types anchored on natural teeth. *Dent. Mater.*, 2007, 23, 1412-1419.
 26. Ferrari M., Vichi A., García-Godoy F.: Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am. J. Dent.*, 2000, 13, 15B-8B.
 27. Ferrari M., Vichi A., Mannocci F., Mason P. N.: Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am. J. Dent.*, 2000, 13, 9B-13B.
 28. Ferrari M., Cagidiaco M. C., Goracci C., Vichi A., Mason P. N., Radovic I.: Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am. J. Dent.*, 2007, 20, 287-291.
 29. Grandini S., Goracci C., Tay F. R., Grandini R., Ferrari M.: Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. *Int. J. Prosthodont.*, 2005, 18, 399-404.
 30. Goracci C., Ferrari M.: Current perspectives on post systems: a literature review. *Austr. Dent. J.*, 2011, 56, 77-83.
 31. Soares C. J., Santana F. R., Pereira J. C., Araujo T. S., Menezes M. S.: 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.
 32. 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.
 33. Lassila L. V. J., Tanner J., Le Bell A. M., Narva K., Vallittu P. K.: Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent. Mater.*, 2004, 20, 29-37.
 34. Seefeld F., Wenz H. J., Ludwig K., Kern M.: Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. *Dent. Mater.*, 2007, 23, 265-271.
 35. Stewardson D. A., Shortall A. C., Marquis P. M.: The effect of clinically relevant thermocycling on the flexural properties of endodontic post materials. *J. Dent.*, 2010, 38, 437-442.
 36. Torbjörner A., Karlsson S., Syverud M., Hensten-Pettersen A.: Carbon fiber reinforced root canal posts. *Europ. J. Oral Scienc.*, 1996, 104, 605-611.
 37. Grandini S., Goracci C., Monticelli F., Tay F. R., Ferrari M.: Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. *Dent. Mater.*, 2005, 21, 75-82.
 38. Novais V. R., Quagliatto P. S., Bona A. D., Correr-

- Sobrinho L., Soares C. J.*: Flexural modulus, flexural strength, and stiffness of fiber-reinforced posts. *Indian J. Dent. Res.*, 2009, 20, 277-281.
39. *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.
40. *Ozcan M., Valandro L. F.*: Fracture strength of endodontically-treated teeth restored with post and cores and composite cores only. *Opera. Dent.*, 2009, 34, 429-436.
41. *King P. A., Setchell D. J.*: An in vitro evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. *J. Oral Rehabil.*, 1990, 17, 599-609.
42. *Santana F. R., Castro C. G., Simamoto-Júnior P. C., Soares P. V.* i wsp.: Influence of post system and remaining coronal tooth tissue on biomechanical behaviour of root filled molar teeth. *Int. End. J.*, 2011, 44, 386-394.

Zaakceptowano do druku: 1.VI.2012 r.

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

© Zarząd Główny PTS 2012.