

# Właściwości współczesnych cementów kompozytowych oraz ich mechanizm wiązania do szkliwa i zębiny

## Properties of contemporary resin cements and their adhesion to enamel and dentin

*Małgorzata Marzec-Gawron, Sylwia Michalska, Beata Dejak*

Z Zakładu Protetyki Stomatologicznej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Kierownik: dr hab. B. Dejak

---



---

### HASŁA INDEKSOWE:

cementy kompozytowe konwencjonalne, cementy żywiczne samotrąwające i samoadhezyjne – właściwości

---



---



---



---

### KEY WORDS:

conventional (etch-and-rinse) composite cements, properties of self-etching and self-adhesive cements

---



---

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono charakterystykę cementów kompozytowych: tradycyjnych oraz samotrąwiających i samoadhezyjnych. Na podstawie piśmiennictwa omówiono ich skład, adhezję do szkliwa i zębiny, właściwości mechaniczne. Porównano parametry wytrzymałościowe tych materiałów w tym moduły elastyczności, wytrzymałość na zginanie, rozciąganie, ściskanie i twardość.*

### *Summary*

*This article presents the characteristics of composite cements: conventional (etch-and-rinse) self-etching and self-adhesive. Based on the literature, chemical composition, adhesion to dental structures and properties of the materials are discussed. Elastic modulus, flexural strength, tensile, compressive strength and hardness of these cements are compared.*

Celem zastosowania cementu w protetyce jest uzyskanie ścisłego połączenia pomiędzy uzupełnieniem a naturalnym zębem pacjenta. Zapewnia to retencję odbudowy i zabezpiecza struktury zębów przed działaniem szkodliwych bodźców mechanicznych, chemicznych i bakteryjnych na obnażoną zębiny. Cementy kompozytowe w porównaniu do innych cementów posiadają najlepsze właściwości mechaniczne, to znaczy mają dużą wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie oraz są estetyczne – mają barwę i przezroczoność zbliżoną do tkanek zębów. Charakteryzują się małą lepkością, dlatego tworzą cienką warstwę po zacementowaniu. Zapewniają największą siłę połączenia z tkankami oraz szczelność odbudowy. Po skończonej polimeryzacji nie rozpuszczają się w wodzie i w kwasach. Niestety

stosowanie ich wiąże się z wieloetapową procedurą adhezyjnego cementowania. Nie są też obojętne dla miążgi, powodują pozabiegową nadwrażliwość żywych zębów (1,2).

Obecnie kompozytowe cementy możemy podzielić na:

- Cementy kompozytowe konwencjonalne do których należą: Variolink II (Ivoclar, Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein), Lute-It (Jeneric&Pentron), Calibra (Dentsply, DeTrey GmbH, Konstanz, Niemcy), NX3 (Kerr), ParaPost Cement (Coltene Whaledent), EnaCem (Micerium),
- Cementy kompozytowe samotrąwające i samoadhezyjne
- samotrąwające – stosowane z samotrąwia-

cymi systemami wiążącymi: Panavia 21, Panavia F2,0 (Kuraray Co. Ltd, Osaka, Japan), Multilink Automix (Vivadent),

- samoadhezyjne – stosowane bez systemów wiążących: RelyX Unicem (3M ESPE, St. Paul, MN, USA), Breeze (Jeneric/Pentron), Smart Cem 2 (Dentsply), Multilink Sprint (Vivadent), Maxcem Elite (KerrHawe, Szwajcaria).

Celem pracy było porównanie składu, parametrów mechanicznych, zasad wiązania z tkankami oraz wytrzymałości połączenia wybranych cementów kompozytowych ze szkliwem i zębina, na podstawie dostępnego piśmiennictwa.

## Cementy kompozytowe konwencjonalne

### Skład

Cementy kompozytowe przedstawiono na przykładzie dwóch reprezentantów tej grupy. Cement Variolink II (Ivoclar, Vivadent) jest oparty na mikrohybrydowym materiale Tetric firmy Vivadent. Monomer matrycy organicznej zawiera żywicę Bis-GMA, dimetakrylan uretanu (UDMA) dimetakrylan glikolu trójetylenowego (TEGDMA). Wypełniaczami nieorganicznymi są między innymi: szkło barowe, trójfluorek itru, szkło barowo-glinowo-fluorokrzemowe. Średnia wielkość cząsteczek wypełniacza wynosi 0,7  $\mu\text{m}$  (0,04-3,0  $\mu\text{m}$ ). Dodatkowe składniki to: aktywatory, katalizatory, stabilizatory i barwniki (3). W skład cementu Calibra (Dentsply) wchodzi żywice metakrylanowe Bis-GMA, wypełniacze szklane oraz pigmenty i katalizatory (4).

Faza organiczna cementów kompozytowych jest odpowiedzialna za przebieg procesu polimeryzacji i sklejenie składników. Faza nieorganiczna nadaje materiałom twardość, odporność na ścieranie i odpowiednie załamywanie światła, podobne jak w naturalnych tkankach zęba. Aby dwie tak różne fazy mogły się połączyć, konieczne jest pokrycie cząstek wypełniaczy silanami. Są to związki, których hydrofilowa reszta reaguje z atomami krzemu ze szklanych wypełniaczy, a hydrofobowa z monomerami żywicy. Dodatkowo tlenek baru lub tlenek strontu umożliwia uwidocznienie materiałów w promieniach RTG. Cement Variolink i Calibra są cementami dualnymi. Za zapoczątkowanie

polimeryzacji chemicznej odpowiedzialny jest układ nadtlenek benzoilu-amina. Polimeryzację świetlną inicjuje kamforochinon (5).

### Adhezja do tkanek

Połączenie cementów kompozytowych konwencjonalnych z zębami wymaga zastosowania techniki „total etch” – wstępnego wytrawienia tkanek zęba 37% kwasem ortofosforowym (30 sek. szkliwo, 15 sek. zębina), wypłukania i osuszenia, a następnie użycia systemów wiążących IV lub V generacji. Zalecany system do cementu Variolink to Syntac Primer, Adhesive oraz Heliobond. System wiążący dla cementu Calibra to Prime&Bond NT (4). Primery zawierają monomery (HEMA, 4-META), rozpuszczalniki (woda, alkohol etylowy) i inicjatory, a w skład żywicy wchodzi monomery Bis-GMA, TEGDMA, inicjatory, nieorganiczne wypełniacze i związki fluoru. Połączenie ze szkliwem oparte jest na mikromechanicznej retencji. Po trawieniu kwasem w strukturze szkliwa powstają mikrozagłębienia, w które wnika żywica. Trawienie zębiny powoduje usunięcie warstwy mazistej i odsłonięcie siateczki kolagenowej. Pomiedzy włókna kolagenowe wnika żywica systemów łączących, tworząc gęstą, homogeną warstwę hybrydową o grubości 15-60  $\mu\text{m}$  (6). Niestety penetracja małych cząstek kwasu w głąb zębiny jest większa niż infiltracja żywicy. Pozostaje sieć obnażonych włókien kolagenowych, co powoduje nadwrażliwość pozabiegową (7, 8). Wieloetapowe procedury postępowania w technice „total etch” wymagają precyzji i są obciążone ryzykiem niepowodzenia. Zbyt mocne przesuszenie prowadzi do zapadnięcia się i sklejenia rusztowania włókien kolagenowych, co uniemożliwia impregnację żywicą. Dlatego zalecana jest praca techniką „wet bonding” to znaczy nie przesuszania zębiny po wytrawieniu. Niestety stopień zwilżenia tkanek nie jest precyzyjnie określony.

Wytrzymałość na rozciąganie i ścinanie połączenia cementu Variolink ze szkliwem jest lepsza niż cementów opartych na technice samoadhezyjnej (tabela I). *Latta* i wsp. dowiedli iż te same cementy (Calibra, Variolink) w aplikacji autopolimeryzującej odznaczały się mniejszą siłą wiązania niż utwardzane światłem (9). Według *Stewar* i wsp. cementy adhezyjne auto- i światło-polimeryzujące

Tabela I. Wytrzymałość połączenia na rozciąganie i ścinanie cementów kompozytowych z tkankami (MPa)

Grupa	Cement	Szkliwo	Zębina			
		Wytrzymałość na rozciąganie (MPa)	Wytrzymałość na ścinanie (MPa)	Wytrzymałość na rozciąganie (MPa)	Wytrzymałość na ścinanie (MPa)	
Cementy kompozytowe konwencjonalne	Variolink	49,3 (11)	18,8 (8) 7,3 (44) 42,9 (41)	1,1 (11) 3,5 (46)	5,3 (47) 5,5^ (47)	
	Calibra		35,5 (14)	6,0 (13) 10,7* (13)	12,0 (45) 18,0 (22)	
Cement kompozytowe samotrawiące	Panavia 21		4,0 (49) 19,3 (50) 23,7^ (50)		13,4 (33) 14,9 (33) 11,1^ (33) 11,3^ (33) 2,0 (49) 7,8 (50) 8,8^ (50)	
		Panavia F2.0		35,2 (51)		21,9 (51) 11,0 (22)
		Panavia F	35,4 (11) 38,8'' (11) 33,7 (35)	36,3 (51) 14,5 (52)	17,5 (11) 22,9'' (26) 10,2 (26)	21,0 (51) 5,9 (52) 4,5 (47) 14,0 (45)
	RelyX Unicem	19,6 (11) 35,2' (11) 13,0 (30) 15,3 (35)	7,2 (52) 4,0 (49) 4,5 (34) 6,0* (34)	15,9 (11) 5,9' (11) 15,7'' (26) 13,5 (26) 4,5 (46) 8,3 (53)	4,9 (52) 16,0 (45) 9,2 (33) 9,9 (33) 9,4^ (33) 8,6^ (33) 4,5 (34) 7,1* (34) 5,5 (48)	
Cementy kompozytowe samoadhezyjne	Maxcem	11,5 (35)	1,5 (34) 3,3* (34) 7,5 (52) 19,6 (19)	8,45 (53)	0,1 (34) 1,0* (34) 5,5 (52) 14,5 (19)	

\*polimeryzacja światłem; ^termocykle, 'dodatkowe użycie bondu, ''dodatkowe użycie wytrawiacza.

osiągały mocniejsze połączenia z zębina niż cementy podwójnie polimeryzujące (10). Inne badania dowodzą, że auto-, duo- i światło-polimeryzujące systemy mają zbliżoną efektywność wiązania (11,12). Również użycie innych systemów wiążących niż rekomendowane przez producenta wpływa negatywnie na połączenie ich z tkankami (9, 13). Wytrzymałość połączenia cementów kompozytowych konwencjonalnych ze strukturami zębów,

szczególnie ze szkliwem, wykazuje dobrą odporność na termocykliczne obciążenia (tabela I) (14).

### Właściwości materiałów

Cement Variolink II charakteryzuje się dobrymi parametrami wytrzymałościowymi (tabela II). Wytrzymałość na ściskanie tego materiału wynosi 350 MPa (utwardzany światłem), 330MPa (chemoutwardzany) (15), wytrzymałość na rozciąganie

T a b e l a II. Właściwości wytrzymałościowe cementów kompozytowych (MPa)

Grupa	Cement	Moduł elastyczności GPa	Wytrzymałość na ściskanie MPa	Wytrzymałość na rozciąganie MPa	Wytrzymałość na zginanie MPa	Twardość wg Vickersa
Cementy kompozytowe konwencjonalne	Variolink	8,3 (18)	330; 350*(15)	54,0*; 55,0 (15) 40,4; 48,4* (16)	90,0 (17)	32,0 (17)
	Calibra	5,2*; 6,8 (4)	283 (4)	39;42* (4)	91,2 (20)	38,4 (21)
Cement kompozytowe samotrawiące	Panavia	7,5 (4)	290 (15,24)	62,0 (15); 43,3; 44,0*(16)	77(24); 106,6 (20)	40,9 (21,24)
Cementy kompozytowe samoadhezyjne	Maxcem	6,8; 7,8* (19)	332; 351*(19)	55,4; 52,4*(19)	83; 112* (19) 71,3; 71,6*(36)	47,2; 17,8*(36)
	Rely X	3,9; 6,3*(34)	216; 244*(34); 145 (17)	44,5; 51,6* (16)	60; 71* (34); 76,7 (20)	44 (17) 49,2 (21)

\*materiał polimeryzowany światłem.

48,4-54,0 MPa (utwardzany światłem) (15,16), 40,4-55,0 (chemoutwardzalny)(15,16). Materiał ma wytrzymałość na zginanie 90 MPa (17). Twardość wg Vickersa ma wartość 32 HV (17). Moduł elastyczności wynosi 8,3 GPa (18). Cement daje kontrast w promieniach rentgenowskich oraz uwalnia fluor. Materiał cechuje się bardzo małą ścieralnością 1  $\mu\text{m}$  – po 10.000 cyklach (15) i dobrą stabilnością koloru (19). Minimalna grubość warstwy wynosi 29  $\mu\text{m}$  (15).

Podobne cechy ma cement Calibra. Wytrzymałość jego na zginanie osiągnęła 91,2 MPa (20), na rozciąganie 39-42 MPa (4), na ściskanie 283 MPa (4). Materiał wykazuje twardość wg Vickersa 38,4 HV (21). Tworzy cienką warstwę 11-19  $\mu\text{m}$  (4). Moduł elastyczności tego cementu wynosi od 5,2 do 6,8 GPa (4) w zależności od sposobu utwardzania. Niestety charakteryzuje się średnią stabilnością kolorów (22).

## Cementy żywiczne samotrawiące

### Skład

Przedstawicielem tej grupy materiałów jest Panavia (Kuraray), która w swoim składzie ma

kwaśne monomery w postaci dwuhydrofosforanu 10-metaakrylohexadecylu (10-MDP). Dwie pasty A&B – składają się z fazy organicznej zawierającej hydrofobowe aromatyczne i alifatyczne dimetakrylany, hydrofilowe dimetakrylany oraz kwaśny monomer 10-MDP. Fazę nieorganiczną stanowią silanizowane szkło barowe i krzemionka oraz tlenek tytanu. Dodatkowo cement zawiera nadtlenek benzoilu (katalizator), przyspieszacze, fluorek sodu (7,23).

### Adhezja do tkanek

Aplikacja cementów samotrawiących jest poprzedzona zastosowaniem systemów wiążących VI i VII generacji, które również zawierają kwaśne primery w postaci estrów kwasu fosforowego i monomerów kwasu karboksylowego (GDMP, 10-MDP, MEP, PENTYL). Cement Panavia posiada samotrawiący system – ED Primer II A&B, w którego skład wchodzi dwuhydrofosforan 10-metaakrylohexadecylu (10-MDP) żywice (HEMA, 5-NMSA), woda, przyspieszacze, katalizatory polimeryzacji (24).

Potencjał wytrawiania szkliwa przez te związki jest niski, dlatego siła wiązania ze szkliwem jest

mniejsza niż cementów kompozytowych konwencjonalnych (tabela I). W celu poprawy połączenia zaleca się dodatkowe rozwinięcie powierzchni szkliwa przez wytrawienie lub schropowacenie (25). Zastosowanie selektywnego trawienia szkliwa przed użyciem cementów żywicznych samoadhezyjnych wydaje się być konieczne. W zębienie zachodzi inny mechanizm wiązania niż w przypadku zastosowania czynników wiążących V generacji. Bondy VII generacji demineralizują zębinę niecałkowicie, pozostawiając zamknięte hydroksyapatytem kanaliki zębinowe. Pozostały hydroksyapatyt uczestniczy w wytwarzaniu wiązań chemicznych z kwaśnymi monomerami. Powstaje cienka, warstwa hybrydowa 300nm-4µm (6). Pomimo to wytrzymałość połączenia cementów z zębiną, w porównaniu do konwencjonalnych cementów kompozytowych jest większa (tabela I) (26,23). Rzadko obserwowana jest nadwrażliwość pozabiegowa.

### Właściwości materiału

Panavia F charakteryzuje się wytrzymałością na ściskanie 290 MPa (15, 24), na rozciąganie 43,3-62 MPa (15, 16), na zginanie 77-106,6 MPa (20, 24) oraz twardością wg Vickersa 40,9 HV (21, 24) (tabela II). Moduł elastyczności ma wartość 7,5 GPa (4). Ścieralność po 10.000 termocyklach wynosi 4µm (15). Według Kious i wsp. minimalna grubość warstwy ma mniej niż 25 µm (27), choć według innych badań zakres waha się od 19 do 44 µm (15, 24).

### Żyvice samoadhezyjne

#### Skład

Przedstawicielami tej grupy są Rely X Unicem (3M ESPE) i Maxcem (Kerr). RelyX Unicem zawiera kwaśne metakrylowe estry fosforowe. W skład żywicy wchodzi dimetakrylany, stabilizatory, inicjatory i pigmenty. Nieorganiczny wypełniacz szklany i krzemionkowy z wodorotlenkiem wapnia zajmuje 72% wagi, a wielkość cząsteczki wynosi 9,5 µm (D90%).

Maxcem jest cementem zawierającym kwaśny monomer GPDM (glicerooldimethacrylate dihydrogen phosphate), który jest stosowany we wszystkich systemach łączących firmy Kerr (np. Optibond FL, Optibond Solo Plus). W Maxcemie znajdują się

także hydrofilne monomery działające jako czynniki zwilżające i poprawiające adhezję do tkanek zębów. Średnia wielkość cząsteczek wypełniacza wynosi 3,6 µm. Ilość cząsteczek wagowo 67%, a objętościowo 48% (19). Cementy firmy Kerr (Maxcem) zawierają unikatowy system inicjatorów, który jest wolny od amin trzeciorzędowych i nadtlenu benzoilu (układ nadtlenek wodoru/system bezaminy) (22,28).

### Adhezja do tkanek

Według zaleceń producentów cementy samoadhezyjne nie wymagają użycia żadnego systemu wiążącego. Materiały zawierają w swoim składzie kwaśne monomery, które reagują chemicznie z hydroksyapatytami zęba. Powinno to wyeliminować potrzebę stosowania primera lub bondu. Jednak pomimo niskiego pH 2,1-4,2 siła wytrawiania szkliwa przez te cementy jest rażąco niewystarczająca, a wytrzymałość połączenia tych materiałów ze szkliwem jest niezadawalająca (29) (tabela I). W celu lepszego rozwinięcia powierzchni szkliwa konieczne jest dodatkowe użycie kwasu fosforowego. Badania dowodzą, że selektywne trawienie szkliwa znacznie poprawia połączenie cementu z tą tkanką (30). Cementy samoadhezyjne nie infiltrują powierzchni zębiny i nie tworzą warstwy hybrydowej, a jedynie przylegają do warstwy maziowej. Mechanizm połączenia z zębiną jest oparty na połączeniu kwaśnych monomerów z wapniem (31). Dodatkowe użycie bondu VII generacji przed aplikacją cementów samoadhezyjnych znacznie wzmacnia siłę połączenia z tkankami zęba (32). Wytrzymałość połączenia tych cementów z zębiną jest dobra (7), ale w odróżnieniu od szkliwa, znacznie spada po uprzednim wytrawieniu (23). Według Holderegger i wsp. wytrzymałość na ścianie połączenia cementu Rely X Unicem z zębiną była mniejsza niż cementu Multilink Automix czy Panavia F, ale jego wrażliwość na termocykliczne obciążenie oraz długotrwałe przechowywanie w wodzie była minimalna (33).

### Właściwości materiału

Wytrzymałość na zginanie cementu Rely X wynosi 60-76,7 MPa (20,34), na ściskanie 145-244 MPa (17,34) (tabela II). Moduł elastyczności ma wartość 3,9-6,3 GPa w zależności od sposobu utwardzania

(34). Wytrzymałość na rozciąganie wynosi 44,5-51,6 MPa (16) Materiał charakteryzuje się słabą stabilnością koloru (35). Materiał jest twardy, wg Vickersa 44-49,2 HV (17, 21). Minimalna grubość warstwy tego cementu nie przekracza 25  $\mu\text{m}$  (27).

Cement Maxcem polimeryzowany chemicznie ma wytrzymałość na ściskanie 332 MPa (19), na rozciąganie 55,4 MPa (19), na zginanie 71,3-83,0 MPa (19,36), moduł elastyczności 6,8 GPa (19), twardość według Vickersa 47,2 HV(36). Materiał polimeryzowany podwójnie posiada wytrzymałość na ściskanie 351 MPa (19), wytrzymałość na rozciąganie 52,4 MPa (19), wytrzymałość na zginanie 71,6-112 MPa (19)(36). Moduł elastyczności Maxcem wynosi 7,8 GPa (19), twardość według Vickersa 17,8 (36). Grubość minimalnej warstwy ma 12  $\mu\text{m}$  (27). Materiał wykazuje dobrą stabilność koloru (19).

## Dyskusja

Z piśmiennictwa wynika, że najwyższą wytrzymałość połączenia ze szkliwem gwarantują cementy kompozytowe konwencjonalne. Dlatego, gdy granica szlifowania znajduje się w szkliwie (w licówkach, wkładach, nakładach), materiałami z wyboru powinny być te cementy. Natomiast wytrzymałość połączenia z zębina cementów samotrąwiających i samoadhezyjnych jest większa niż konwencjonalnych. Powinny one być stosowane np. do cementowania koron. W celu lepszego połączenia cementów samoadhezyjnych ze szkliwem konieczne jest wcześniejsze selektywne wytrawienie tej tkanki (11).

W celu zwiększenia wytrzymałości połączenia cementów kompozytowych z tkankami należy utwardzić światłoutwardzalne systemy wiążące, przed zacementowaniem uzupełnienia (11). Należy pamiętać, aby nie stosować systemów wiążących VI i późniejszych generacji z konwencjonalnymi kompozytowymi cementami. Kwaśne monomery zawarte w tych systemach powodują zubożenie amin czwartorzędowych i zaburzenie inicjacji polimeryzacji opisanych materiałów. Powodują także degradację nadtlenu benzoilu (37). W nowych cementach układ inicjatorów polimeryzacji tlenek benzoilu/amina został zastąpiony przez układ nad-tlenek wodoru/system bezaminowy (38). Niektóre

z systemów wiążących VI i VII generacji zawierające komponenty kwasowe tworzą zalegającą warstwę „kwasowej inhibicji” opóźniająca reakcję wiązania samoutwardzających systemów mocujących. Podczas gdy polimeryzacja światłem jest natychmiastowa, w przypadku autopolimeryzacji proces przebiega wolniej, umożliwiając warstwie kwasowej interferowanie na granicy fazy cement-ząb i tworzenia niehomogennej strefy o mniejszej wytrzymałości (39). Utwardzenie cementu światłem podnosi jego parametry wytrzymałościowe (tabela I i II). W doborze systemu wiążącego należy stosować się ściśle do wskazówek producenta.

W zebranym piśmiennictwie wartości wytrzymałości połączenia cementów z tkankami zębów znacznie różnią się między sobą (tabela I). Jest to spowodowane tym, że badania były przeprowadzane w różnych warunkach. Różnice polegały na wyborze materiału do badań (zęby ludzkie lub bawole) i sposobie przygotowania powierzchni próbek (40,41). Powierzchnie zębów były pokrywane lub nie systemami wiążącymi. Stosowano cementy polimeryzowane światłem lub chemicznie (11,12,26,40,42,43). Próbkę były przechowywane w wodzie o różnych temperaturach, przez różny okres czasu (33,43). Pomimo tych rozbieżności możemy wysnuć następujące wnioski.

## Wnioski

Gdy granica szlifowania znajduje się w szkliwie i zębinie, materiałami z wyboru powinny być cementy kompozytowe konwencjonalne, ze względu na silne połączenie ich ze szkliwem.

Zastosowanie selektywnego trawienia szkliwa przed użyciem cementów żywicznych samotrąwiających i samoadhezyjnych jest konieczne.

Wytrzymałość połączenia cementów samotrąwiających z zębina, w porównaniu do konwencjonalnych cementów kompozytowych jest większa.

## Piśmiennictwo

1. Cox C.F., O'Neal S.J.: Biologic and clinical evaluation of Syntac and Variolink systems for cohesive pretreatment of hypersensitivity and definitive cementation. Signature, 1994, winter: 3-7.
2. Kramer N., Reinelt C., Richter G., Frankenberger

- R.: Four-year clinical performance and marginal analysis of pressed glass-ceramic inlays luted with ormocer restorative vs. conventional luting composite. *J. Dent.*, 2009, 37, 11: 813-819.
3. Źródła firmy Ivoclar.: Variolink II.
  4. Materiały firmy Dentsply.: Calibra. Esthetic resin cement.
  5. *Raszewski Z.*: Cementy kompozytowe. Nowy gabinet stomatologiczny, 2011, 55, 5: 24-27.
  6. *Malyk Y., Kaaden C., Hickel R., Ilie N.*: Analysis of resin tags formation in root canal dentine: a cross sectional study. *Int. Endod. J.*, 2010, 43, 1: 47-56.
  7. *Monticelli F., Osorio R., Mazzitelli C., Ferrari M., Toledo M.*: Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentine. *J. Dent. Res.*, 2008, 87, 10: 974-979.
  8. *Toman M., Cal E., Turkun M., Ertugrul F.*: Bond strength of glass-ceramics on the fluorosed enamel surfaces. *J. Dent.*, 2008, 36, 4: 281-286.
  9. *Latta M., Kelsey W., Kelsey W.*: Effect of polymerization mode of adhesive and cement on shear bond strength to dentin. *Am. J. Dent.*, 2006, 19, 2: 96-100.
  10. *Stewart G.P., Jain P., Hodges J.*: Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. *J. Prosthet. Dent.*, 2002, 88, 3: 277-284.
  11. *Hikita K., Van Meerbeek B., De Munck J., Ikeda T., Van Landuyt K., Maida T., Lambrechts P., Peumans M.*: Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentine. *Dent. Mater.*, 2007, 23, 1: 71-80.
  12. *de Menezes M.J., Arrais C.A., Giannini M.*: Influence of light-activated and auto- and dual-polymerizing adhesive systems on bond strength of indirect composite resin to dentin. *J. Prosthet. Dent.*, 2006, 96, 2: 115-121.
  13. *Zhang L., Magni E., Radovic I., Wang Ying-jie, Chen J., Ferrari M.*: Effect of curing modes of dual-curing luting systems and root regions on retention of translucent fibre post in root canals. *J. Adhesive Dent.*, 2008, 10, 3: 219-226.
  14. *Ritter A.V., Ghaname E., Pimenta L.A.*: Dentin and enamel bond strengths of dual-cure composite luting agents used with dual-cure dental adhesives. *J. Dent.*, 2009, 37, 1: 59-64.
  15. Źródła firmy 3M ESPE.: Rely X ARC.
  16. *Fonseca R.G., dos Santos J.G., Adabo G.L.*: Influence of activation modes on diametral tensile strength of dual-curing resin cements. *Braz. Oral Res.*, 2005, 19, 4.
  17. *Kumbuloglu O., Lassila L.V., User A., Vallittu P.K.*: A study of physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int. J. Prosthodont.*, 2004, 17, 3: 357-363.
  18. *Magne P., Perakis N., Belser U.C., Krejci I.*: Stress distribution of inlays-anchored adhesive fixed partial dentures: a finite element analysis of influence of restorative materials and abutment preparation design. *J. Prosthet. Dent.*, 2002, 87, 5, 516.
  19. Źródła firmy KerrHawe: Maxcem maksimum korzyści minimum nakładów Kerr Focus., 2005, 4.
  20. *Fulgencio R., Pinto A., Carvalho R.M., Osorio R., Aguilera F.S., Tolendo M.*: 0197 Flexural strength of self-adhesive resin cements. PEF IADR, 2008.
  21. *Osorio R., Fulgencio R., Carvalho R.M., Aguilera F.S., Osorio E., Tolendano M.*: 0196 Microhardness of self-adhesive compared to conventional resin cements. PEF IADR, 2008.
  22. Źródła firmy KerrHawe: Cementy kompozytowe Maxcem i NX3 w zarysie.
  23. *De Munck J., Vargas M., Van Landuyt K., Hikita K., Lambrechts P., Van Meerbeek B.*: Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dental. Materials.*, 2004, 20, 10: 963-971.
  24. Źródła firmy Kuraray CO. Japan: Panavia 21.
  25. *Elham S.J., Abu Alhaija, Ahed M.S. Al-Wahadni.*: Evaluation of shear bond strength with different enamel pre-treatments. *Eur. J. Orthod.*, 2004, 26, 2: 179-184.
  26. *Nikaido T., Cho E., Nakajima M., Tashiro H., Toba S., Burrow M.F., Tagami J.*: Tensile bond strengths of resin cements to bovine dentin using resin coating. *Am. J. Dent.*, 2003, 16, 41A-46A.
  27. *Kious A.R., Roberts H.W., Barckett W.W.*: Film thickness of recently introduced luting cements. *J. Prosthet. Dent.*, 2009, 101, 3: 189-192.
  28. *Bui H., Qian X., Chen X., Tobia D., Kerr Corporation.*: Bond Compatibility of NX3 Resin-Cement with 7th Generation Adhesives. 2007.
  29. *Shinohara M.S., de Oliveira M.T., Di Hipolito V., Giannini M., de Goes M.F.*: SEM analysis of the acid-etched enamel patterns promoted by acidic monomers and phosphoric acids. *J. Appl. Oral Sci.*, 2006, 14, 6: 427-435.
  30. *Duarte S.Jr., Botta A.C., Meire M., Sadan A.*: Microtensile bond strengths and scanning electron

- microscopic evaluation of self-adhesive and self-etch resin cements to intact and etched enamel. *J. Prosthet. Dent.*, 2008, 100, 3: 203-210.
31. Bitter K., Paris S., Pfuertner C., Neumann K., Kielbassa A.M.: Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentine. *Eur. J. Oral. Sci.*, 2009, 117: 326-333.
  32. Barcellos D.C., Batista G.R., Silva M.A., Rangel P.M., Torres C.R., Fava M.: Evaluation of bond strength of self-adhesive cements to dentin with or without application of adhesive systems. *J. Adhes. Dent.*, 2011, 13, 3: 261-265.
  33. Holderegger C., Sailer I., Schuhmacher C., Schlapfer R., Hammerle C., Fischer J.: Shear bond strength of resin cements to human dentine. *Dent. Mater.*, 2008, 24, 7, 944-950.
  34. Źródła firmy 3M ESPE: RelyX U100.
  35. Viotti R.G., Kasaz Z., Pena C.E., Alexandre R.S., Arrais C.A., Reis A.F.: Microtensile bond strength of new self adhesive luting agents and conventional multistep system. *J. Prosthet. Dent.*, 2009, 102, 5: 306-1.
  36. Trempler C., Behr M., Rosentritt M., Handel G.: 2021 Properties of divergent mixing ratios of self-adhesive composite cement. University of Regensburg, Germany.
  37. Bednarski J., Kalman P.: Odbudowa zębów po leczeniu endodontycznym z użyciem standardowych wkładów koronowo-korzeniowych i materiałów do odbudowy zrębu koronowego – przegląd piśmiennictwa. *Czas. Stomat.*, 2007, LX, 9: 585-592.
  38. Pacyk A.: Adhezyjne cementowanie. *TPS* 2011; 5: 82-85.
  39. Tay F.R., Suh B.I., Pashley D.H. et al.: Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and the self-cured composites. Part II. Single Botle, total-etch adhesives. *J. Adhes. Dent.*, 2003, 18: 269-275.
  40. Ozuturk N., Aykent F.: Dentin bond strengths of two ceramic inlays systems after cementation with three different techniques and one bonding system. *J. Prosthet. Dent.*, 2003, 89, 3: 275-281.
  41. Luhrs A.K., Guhr S., Gunay H., Geurtsen W.: Shear bond strength of self-adhesive resins compared to resin cements with etch and rinse adhesives to enamel and dentin in vitro. *Clin. Oral Investig.*, 2009, 9.
  42. Asmussen E., Peutzfeldt A.: Bonding of dual-curing resin cements to dentin. *J. Adhes. Dent.*, 2006, 8, 5: 299-304.
  43. Pace L.L., Hummel S.K., Marker V.A., Bolouri A.: Comparison of the flexural strength of five adhesive resin cements. *J. Prosthodont.*, 2007, 16, 1: 18-24.
  44. Zheng M., Cheng H., Chen W.D., Li X.R., Hu Z.G., Ma S.Z.: Effect of desensitizer on shear bond strength of adhesive system. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 2008, 43, 5: 306-307.
  45. Irie M., Suzuki K., Wundmuller B.: Effect of one-day storage on marginal gap of composite inlays. *J. Dent. Res.*, 2002, 81: A-415.
  46. Raia G.: Tensile bond strength of first self adhesive resin based materials. *J. Dent. Res.*, 2002, 81: A-75.
  47. Altintas S., Elddeniz A.U., Usumez A.: Shear bond strength of four resin cements used to lute ceramic core material to human dentin. *J. Prosthodont.*, 2008, 17, 8: 634-640.
  48. Chang J.C., Hart D.A., Estey A.W., Chan J.T.: Tensile bond strength of five luting agents to two cad-cam restorative materials and enamel. *J. Prosthet. Dent.*, 2003, 90, 1: 18-23.
  49. Salz U., Duarte S. Jr., Zimmermann J., Lopes M.M., Perdigao J.: Bond strengths of self-cured, self-etching resin cement systems. *J. Dent. Res.*, 2004, 83: A-3179.
  50. Triolo P.T., Kelsey W.P. 3rd, Barkmeier W.W.: Bond strength of an adhesive resin system with various dental substrates. *J. Prosthet. Dent.*, 1995, 74, 5: 463-468.
  51. Nakatsuka K., NakaYashiki T., Kawashima M., Kuraray Medical Inc., Kurashiki, Okayama, Japan: 1980 Characteristics of a Dual-cure Resin Cement Panavia F 2.0.
  52. Pryliński M., Deręgowska-Nosowicz P., Shaw H., Kaczmarek E.: Ocena sił wiązania porcelany i zębiny przy zastosowaniu różnych cementów adhezyjnych. *Dent. Med. Probl.*, 2006, 43, 3: 399-404.
  53. Pavan S., dos Santos P.H., Berger S., Bedran-Russo A.K.: The effect of dentin pretreatment on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. *J. Prosthet. Dent.*, 2010, 104, 4: 258-264.

Zaakceptowano do druku: 26.IV.2012 r.

Adres autorów: 92-213 Łódź, ul. Pomorska 25.

© Zarząd Główny PTS 2012.