

ELŻBIETA JODKOWSKA<sup>1</sup>, JOANNA KARAŚ<sup>2</sup>

## Porównanie wytrzymałości na ścinanie wiązania szkliva i zębiny z kompomerami

### Dentine and Enamel Shearing Bond Strength with Compomers

<sup>1</sup> Zakład Stomatologii Zachowawczej Instytutu Stomatologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

<sup>2</sup> Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie

#### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Kompomery to grupa materiałów złożonych zawierających dwufunkcyjne monomery i aktywne cząsteczki wypełniacza ze szkła. Adhezję kompomerów do tkanek twardych zęba zapewniają pośrednie systemy wiązania zębinowego.

**Cel pracy.** Porównanie wytrzymałości na ścinanie między szklivem, zębiną a kompomerami użytymi z i bez pośrednich systemów wiązania.

**Materiał i metody.** Badania wykonano na zębach przedtrzonowych usuniętych ze wskazań ortodontycznych bez klinicznych oznak próchnicy, przechowywanych w wodzie destylowanej w temperaturze 37°C. Z zębów preparowano próbki szkliva i zębiny (zgodnie z ISO/TC 106 według Miyazaki). Uformowane próbki przechowywano w dejonizowanej wodzie przez 24 h w 37°C. Wykonywano test wytrzymałości na ścinanie za pomocą maszyny testującej INSTRON z szybkością przemieszczania głowicy 0,5 mm/min. Notowano maksymalne obciążenie, przy którym materiał odpadał od próbki zęba. Wykonano po 6 próbek dla każdego z ocenianych materiałów. Siłę adhezji materiału do powierzchni zęba wyrażano w MPa.

**Wyniki.** Wytrzymałość na ścinanie wiązania kompomerów ze szklivem dla Compoglassu® z systemem wiązania wynosiła średnio 12,61 MPa, z Dyractem® 11,55 MPa, z Ionositem Fil® 15,12 MPa, a z Ionositem Base Liner® 17,16 MPa. Wytrzymałość na ścinanie wiązania z zębiną z użyciem pośrednich systemów wiążących dla Compoglassu wynosiła 7,17 MPa, Dyractu 6,64 MPa, Ionositu Fil 9,43 MPa i Ionositu Base Liner 13,0 MPa.

**Wnioski.** Wytrzymałość sił wiązania na ścinanie kompomerów ze szklivem była statystycznie istotnie większa w porównaniu z siłami wiązania do zębiny. Po użyciu pośredniego czynnika wiążącego (Super Prep®) z Ionositem Fil zwiększyła się siła wiązania ze szklivem (średnio 6-krotnie) z zębiną (średnio 5-krotnie) (*Dent. Med. Probl.* 2010, 47, 4, 435–440).

**Słowa kluczowe:** kompomery, wytrzymałość wiązań na ścinanie, badania laboratoryjne.

#### Abstract

**Background.** Compomers are a group of hybrid materials, containing twofunction monomers and active molecules of glass filler. They adhere to the hard tissue of a tooth due to indirect systems of dentine bonding.

**Objectives.** The aim of the study was to compare the shearing bond strength between the enamel, the dentine and the compomers with and without bonding systems.

**Material and methods.** The study was conducted on premolar teeth, which had been extracted for orthodontic reasons, without any clinical signs of caries and without fillings, kept in distilled water, in the temperature of 37 degrees of Celsius. Enamel and dental samples (according to Miyazaki ISO/TC 106) had been prepared of the teeth, which were then kept for 24 hours in deionized water in the temperature of 37 degrees of Celsius. Then, the test of cutting resistance was performed with the use of the INSTRON testing machine, with the speed of 0.5 mm/min. Maximum working load in which the material was falling off the teeth sample was recorded. For each of the materials tested, 6 samples were prepared. The strength of the adhesion of the material to the teeth surface was measured in MPa.

**Results.** Enamel shearing bond strength with compomer for Compoglass® with bonding system was 12.61 MPa, for Dyract® 11.55 MPa, for Ionosit Fil® 15.12 MPa, for Ionosit Base Liner® 17.16 MPa. Dentine shearing bond strength with compomer for Compoglass with bonding system was 7.17 MPa, for Dyract 6.64 MPa, for Ionosit Fil 9.43 MPa, and for Ionosit Base Liner 13.0 MPa.

**Conclusions.** Enamel shearing bond strength with compomers was statistically higher comparing to dentine shearing bond strength. Application of bonding agent (Super Prep®) with Ionosit Fil increases bonding strength with enamel (approx. six fold) and with dentine (approx. five fold) (*Dent. Med. Probl.* 2010, 47, 4, 435–440).

**Key words:** compomers, shear bond test, laboratory study.

Pod koniec XX w. stomatolodzy otrzymali nowy gatunek materiału wypełniającego – kom-pomer. Wprawdzie pierwsze wzmianki dotyczące połączenia cementów szkłojonomerowych i żywic złożonych (kompozytowych) pojawiły się w prasie specjalistycznej w 1977 r., to urzeczywistnienie tego pomysłu nastąpiło w 1993 r. Zaprezentowano pierwszy materiał kompomerowy o nazwie handlowej Dyract® [1]. Podstawą badanego kom-pomeru stał się nowy rodzaj monomeru TCB (kwas butano-tetra-karboksylowy) i aktywne cząsteczki szkła strontowo-fluoro-krzemowego. Szkło wagowo stanowi 72% całości składu kompomera, w tym około 13% stanowią jony fluoru [2]. W jego strukturze podczas twardnienia zachodzą reakcje typowe zarówno dla materiałów złożonych (polimeryzacja), jak i dla cementów szkłojonomerowych (reakcja kwasowo-zasadowa). Adhezję kompomerów do tkanek twardych zęba zapewniają specjalne materiały łączące, które zawierają składniki zarówno hydrofilowe, jak i hydrofobowe [1].

Na podstawie licznie prowadzonych badań stwierdzono, że kompomery wykazują tylko niektóre korzystne cechy obu grup materiałów (złożonych i cementów szkłojonomerowych), z których połączenia powstały. Charakteryzuje je przede wszystkim znaczna odporność w środowisku jamy ustnej, dobre przyleganie brzeżne, silne wiązanie z zębina i szkliwem, gładkość powierzchni, estetyka, widoczność na zdjęciach rentgenowskich. Nie zdołano wyeliminować konieczności stosowania materiałów łączących i skurczu polimeryzacyjnego. Są także wrażliwe na wilgoć podczas twardnienia. Także ich ścieralność na powierzchniach okluzyjnych jest znaczna [3, 4].

Celem badania było porównanie wytrzymałości wiązań na ścinanie szkliwa i zębiny pokrytej czterema wybranymi kompomerami.

## Materiał i metody

Badanie *in vitro* wykonano na wyizolowanych zębach przedtrzonowych. Zęby usunięto ze wskazań ortodontycznych, bez klinicznych oznak próchnicy, wypełnień. Okres przechowywania usuniętych zębów wynosił 1–3 miesięcy. Przechowywano je w wodzie destylowanej o stałej temperaturze 37°C. Badanie wykonano zgodnie z normą ISO/TC 106 [5] oraz metodyką opisaną przez Miyazaki et al. [6]. W bada-

niu wykorzystano twarde tkanki zęba: szkliwo i zębina. W przypadku badania szkliwa korony zębów cięto prostopadle do długiej osi zęba, tak aby uzyskać płaskie powierzchnie szkliwa, a w przypadku zębiny odsłaniano powierzchnią jej warstwę, ścinając około 0,5 mm poniżej połączenia szkliwno-zębinowego. Z tkanek szkliwnej i zębiny wycinano próbki w kształcie walca o wymiarach 6 × 6 mm po 6 próbek dla każdego ocenianego materiału. Przygotowane próbki szkliwa lub zębiny umieszczano w rozdzielnych matrycach teflonowych. Powierzchnie próbek opracowywano papierem ściernym na bazie węgla krzemu o ziarnistości od 320, 400 do 600 oraz czyszczono wodną zawiesiną pumeksem. Probki oglądano pod lupą w powiększeniu 20-krotnym. Probki z zauważonymi defektami powierzchniowymi odrzucano.

W badaniu użyto kompomer podkładowy: Ionosit Base Liner® (IBL) z pośrednim systemem wiążącym Super Prep® (SP) oraz trzy kompomery wypełnieniowe: C z SCA; D z PSA i I-F z SP. Zestawienie materiału badawczego i użyte kody przedstawiono w tabeli 1.

Probki szkliwa i zębiny ze względu na sposób przygotowania podzielono losowo na cztery grupy.

W grupie I wytrawiano próbki szkliwa, nakładano pośredni system wiążący i materiał kompomerowy. W II grupie na niewytrawione próbki szkliwa nakładano pośredni system wiążący i kompomer, w III grupie próbki zębiny pokrywano pośrednim systemem wiążącym i kompomerem, a grupę IV stanowiły próbki zębiny bez obecności pośredniego systemu wiążącego tylko pokryte materiałem kompomerowym. Trawienie próbek przeprowadzono z użyciem 37% roztworu kwasu fosforowego w żelu przez 30 s, a następnie płukano i suszono przez kolejne 30 s. Pośrednie systemy wiążące stosowano zgodnie z zaleceniami producentów. W przypadku materiałów kompomerowych IBL i I-F zastosowano pośredni system wiążący Superlux Prep® (firmy DMG). Po odmierzeniu po 1 kropli preparatu A (Dentin Primer Superlux®) i 1 kropli preparatu B (Superlux Prep) mieszano je razem przez 5 s, następnie szczoteczką wcierano przez 30 s w powierzchnię zęba i rozprowadzano łagodnym strumieniem powietrza przez 15 s. Z materiałem Compoglass® stosowano zalecany przez producenta system wiążący Compoglass SCA, a z Dyractem system wiążący Dyract PSA. Na przygotowane próbki szkliwa i zębiny

**Tabela 1.** Zestawienie materiału badawczego**Table 1.** Listing of materials used

Rodzaj materiału (Materials)	Nazwa firmowa (Brand name of product)	Kod (Code)	System wiążący (Adhesive system product)	Kod (Code)	Producent (Manufacturer)
Podkładowy (Liner)	Ionosit base Liner®	IBL	Superlux Prep®	SP	DMG
Wypełnieniowy (Filling material)	Compoglass®	C	Compoglass®	SCA	Vivadent
	Dyract®	D	Dyract®	PSA	De Trey
	Ionosit Fil®	J-F	Superlux Prep®	SP	DMG

**Tabela 2.** Wytrzymałość wiązań na ścinanie twardych tkanek zęba z kompomerami (w MPa), standardowe odchylenia (SD)**Table 2.** Shear bond strength of compomers to dentin and enamel in MPa, statistical deviation (SD)

Materiał kompomerowy (Compomer)	System wiążący (Adhesive system)	Średnia wytrzymałość wiązań na ścinanie w MPa do (Mean shear bond strength in MPa to)			
		szkliwa (enamel)		zębiny (dentine)	
		wytrawione (etched)	niewytrawione (not etched)	z pośrednim systemem wiążącym (with adhesive system)	bez pośredniego systemu wiążącego (without adhesive system)
IBL	SP	*17,16 (0,73)	*3,19 (1,25)	*13,0 (1,2)	*2,73 (0,71)
C	SCA	*12,61 (1,31)	*6,36 (1,06)	*7,17 1,56)	*3,62 (1,2)
D	PSA	*11,55 (1,72)	*5,24 (1,52)	*6,64 1,36)	*2,32 (1,40)
J-F	SP	*15,12 (2,41)	*2,44 (0,68)	*9,43 (1,2)	*1,74 (0,55)

\* Średnia. ( ) Odchylenie standardowe.

\* Mean values. ( ) Standard deviation.

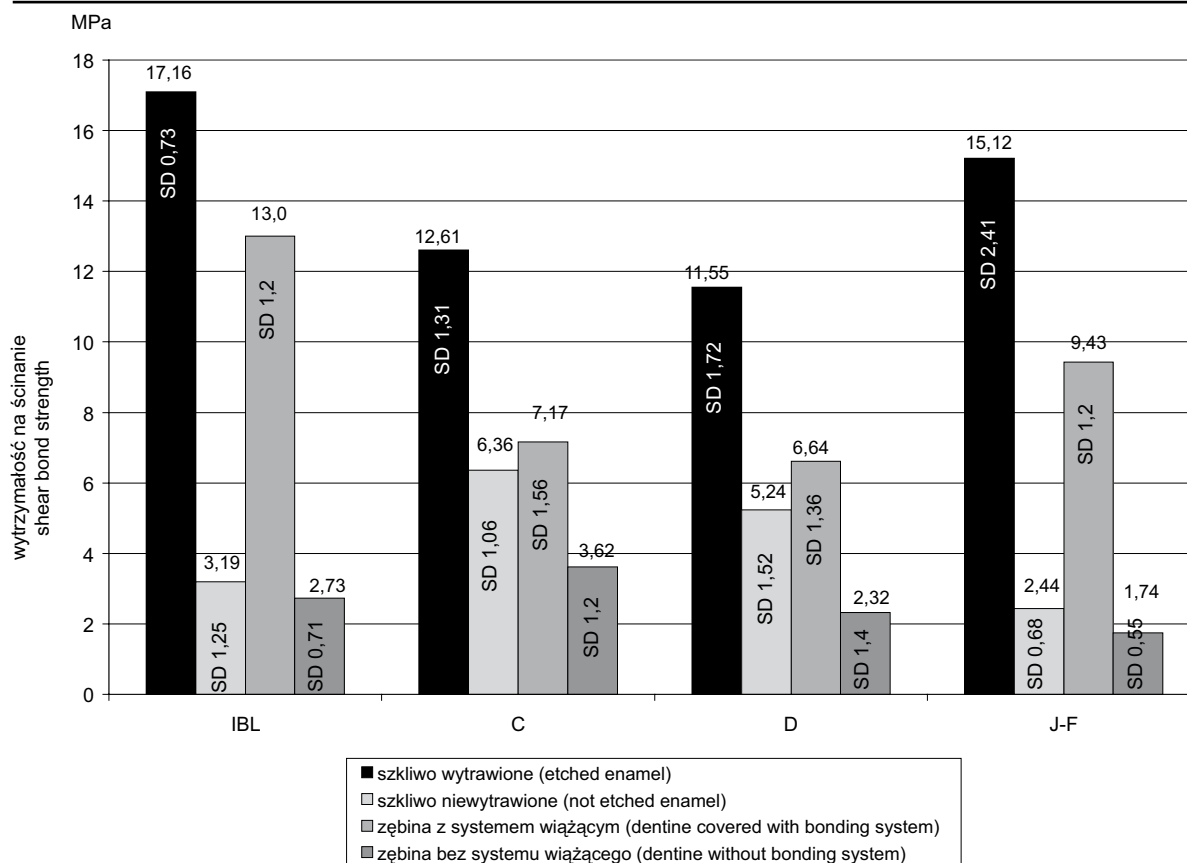
nanoszono materiał kompomerowy, umieszczając go warstwowo tak, aby wypełnić formę teflonową (2–3 warstwy). Każdą warstwę materiału utwardzano osobno przez 40 s. Po zakończeniu formowania próbek umieszczano je w naczyniu z wodą destylowaną o stałej temperaturze 37°C na 24 godziny. Ogółem wykonano 96 próbek po 48 próbek dla szkliwa i zębiny. Po upływie tego czasu wykonywano testy wytrzymałości wiązań na ścinanie za pomocą serwohydraulicznej maszyny testującej INSTRON, z szybkością przemieszczania głowicy tnącej 0,5 mm/min. Notowano maksymalne obciążenia, przy których materiał odpadał od próbek. Wytrzymałość wiązań na ścinanie przeliczano w MPa. Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej testem Manna-Whitneya, testem Wilcoxon Two-Sample i testem Kruskalla-Wallisa (*two-groups test*) ( $p < 0,05$ ).

## Wyniki

Zestawienie materiału badawczego, nazwy firm ocenianych materiałów systemów wiążących przedstawiono w tabeli 1.

Uzyskane wyniki badań nad wytrzymałością na ścinanie wiązań badanych materiałów ze szkliwem i zębina wyrażano w MPa i przedstawiono w tabeli 2 i na rycinie 1. Wytrzymałość wiązań na ścinanie połączenia materiałów kompomerowych z wytrawionym szkliwem była największa dla kompomeru IBL-SP (średnio 17,16 MPa), najmniejsza dla kompomeru D-PSA (średnio 11,55 MPa); z niewytrawionym szkliwem największa dla kompomeru C-SCA (średnio 6,36 MPa), najmniejsza z kompomerem I-F SP (średnio 2,44 MPa). Wytrzymałość wiązań na ścinanie połączenia kompomeru z zębina pokrytą pośrednim systemem wiązania była największa z kompomerem IBL SP (średnio 13,0 MPa), najmniejsza z kompomerem DPSA (średnio 6,64 MPa), a połączenie kompomeru z zębina bez systemu wiążącego było największe dla materiału C (średnio 3,62 MPa), a najmniejsza z materiałem I-F (średnio 1,74 MPa).

Analiza statystyczna wykazała, że wytrzymałość wiązań na ścinanie z wytrawionym szkliwem była statystycznie istotna między materiałem D-PSA i I-E SP, z zębina między C i I-F przy  $p < 0,05$ . Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic między następującymi materiałami-



**Ryc. 1.** Średnia wytrzymałość wiązań na ścinanie szkliwa i zębiny z kompozytami wyrażona w MPa i odchylenie standardowe

**Fig. 1.** Mean shear bond strength enamel and dentin of compomers in MPa, standard deviation (SD)

mi ze szkliwem C i D; C i I-F oraz między zębina pokrytą kompozytem z użyciem pośrednich systemów wiążących C-SCA i D-PSA i D-PSA i I-F-SP przy  $p < 0,05$ .

## Omówienie

Omówione w artykule badania laboratoryjne były ukierunkowane na ocenę wytrzymałości wiązań (*shear bond strength*) różnych kompozytów z twardymi tkankami zęba. Pomiary wytrzymałości wiązań na ścinanie należy uznać za bardzo istotne, gdyż dają wyobrażenie o przewidywanej sile wiązania, adaptacji brzeżnej i zaistniałego mikroprzecieku. Test na ścinanie jest szczególnie popularny ze względu na prostotę jego wykonania. Z analizy piśmiennictwa wynika, że autorzy częściej oceniali wytrzymałość wiązań na rozrywanie (*tensile bond strength*) [7, 8] niż na ścinanie, wykorzystując próbki szkliwa i zębiny pochodzące z zębów ludzkich i zębów wołu. Istnieje wiele czynników, które znacznie mogą wpływać na uzyskaną siłę wiązania. Zróżnicowana morfologia szkliwa i zębiny nawet w obrębie tego samego zęba może być powodem zwiększenia bądź zmniejszenia siły

wiązania. Szczególnie ważne dla siły wiązania jest umiejscowienie cięcia zębiny. Zębina powierzchniowa leżąca 1,5 mm poniżej połączenia szkliwno-zębinowego, zębina średnia lub głęboka leżąca 1 mm nad rogami miazgi w znacznym stopniu wpływa na wielkość siły wiązania. Dowiedziono, że wiązanie materiału z powierzchnią zębina ma większą siłę wiązania niż z zębina głęboką. Suzuki i Finger [10] wykazali, iż siła wiązania do powierzchniowej zębiny w porównaniu z zębina głęboką była większa o 30–40%. W obecnym badaniu korony zębów były cięte horyzontalnie 0,5 mm poniżej połączenia szkliwa i zębiny. Była to zatem zębina powierzchniowa, więc należało się spodziewać dużych wartości sił wiązania. Udowodniono, iż usunięcie warstwy mazistej wpływa na zwiększenie siły wiązania z zębina. Jeśli zostanie użyty czynnik chelatujący wapń, siła wiązania zwiększy się 2,5-krotnie w zębina powierzchniowej w porównaniu do zębiny leżącej głębiej [11]. Wprawdzie badacze tego zagadnienia są nastawieni kontrowersyjnie do tego, że czas upływający od ekstrakcji zębów do wykonania badań wpływa na siłę wiązania, to przeważają jednak opinie, że czas do 6 miesięcy przechowywania zębów nie wpływa istotnie na wielkość siły wiązania. Przeciwni-

cy natomiast twierdzą, iż upływający czas wpływa na siłę wiązania, gdyż w zębinie po ekstrakcji dochodzi do nieodwracalnych zmian. W obecnym badaniu czas, który upłynął od ekstrakcji zęba do prowadzenia badań wynosił 3 miesiące.

Zasadne wydaje się podkreślenie, że przygotowane próbki do badań były przechowywane w kąpieli wodnej przez 24 h w temperaturze 37°C.

Dążąc do polepszenia wiązania materiałów złożonych ze szkliwem, zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania systemów wiążących, które wcześniej były stosowane w celu zwiększenia siły wiązania materiałów z zębina. Wyniki badań różnych autorów dotyczące wytrzymałości wiązań ze szkliwem na ścinanie po zastosowaniu pośrednich czynników wiązania zębinowego są sprzeczne – część autorów potwierdza zmniejszenie, inni natomiast zwiększenie wytrzymałości wiązań. Do tych rozbieżności przyczyniają się niewątpliwie różnice w posługiwaniu się materiałami oraz ich łączenie, czasem z nieodpowiednimi systemami wiążącymi. W obecnym badaniu po zastosowaniu pośrednich systemów na niewytrawione szkliwo uzyskano znacznie mniejsze siły wiązania w porównaniu ze szkliwem wytrawianym i pokrytym pośrednim systemem wiążącym. W przypadku zębiny również zaobserwowano znacznie mniejsze siły wiązania, gdy nie zastosowano pośredniego systemu wiążącego (rzędu kilku MPa).

Wyniki niniejszego badania są porównywalne z wynikami badań uzyskanymi przez Cortesa et al. [12]. Autorzy pozyskiwali próbki szkliwa i zębiny z policzkowych części 36 zębów przedtrzonowych. Próbki podzielono na grupy: ze względu na rodzaj materiału (Dyract i Compoglass), ze

względem na rodzaj badanej tkanki zęba (szkliwo i zębina) oraz czy były przygotowane z techniką trawienia bądź bez wytrawienia. Największą wytrzymałość sił na ścinanie wykazał Dyract umieszczony na wytrawionej zębinie (12,19 MPa) średnio 8,9 MPa, Compoglass średnio 7,24 MPa z niewytrawionym szkliwem, Dyract średnio 4,34 MPa, Compoglass 6,66 MPa z zębina średnio dla Dyractu 5,17 MPa i Compoglassu 4,64 MPa [12]. W badaniu własnym wytrzymałość sił wiązania na ścinanie z wytrawionym szkliwem pokrytym Dyractem wyniosła średnio 11,55 MPa, a z Compoglassem 12,61 MPa i odpowiednio 5,24 MPa i 6,36 MPa z niewytrawionym szkliwem. Wytrzymałość sił wiązania na ścinanie z zębina była większa w porównaniu z wynikami badań uzyskanymi przez Corteza et al. [12] i wynosiła odpowiednio dla zębiny pokrytej Dyractem 6,64 MPa i z materiałem Compoglass 7,17 MPa.

Analiza statystyczna wykazała istotnie większą różnicę między próbkami szkliwa pokrytymi Dyractem a Ionositem Fil i Compoglassem a Ionositem Fil, a statystycznie nieistotne między szkliwem pokrytym Compoglassem i Dyractem oraz Compoglassem i Ionositem Fil oraz statystycznie nieistotna między zębina pokrytą Compoglassem a Dyractem i Dyractem i Ionositem Fil.

Wyniki badań wytrzymałości wiązań na ścinanie ocenianych kompomerów z twardymi tkankami zęba wykazały znamienne statystyczne różnice w sile wiązania między ocenianymi kompomerami ze szkliwem, a także między zębina a kompomerami użytymi bez pośrednich systemów wiązania.

## Piśmiennictwo

- [1] GRÜTZNER A.E., PFLUG K.P.: Kompomere in der füllungstherapie, Spitta Verlag 1999.
- [2] Dyract AP Technical Manual Dentsplay De Trey. Konstanz 1997.
- [3] JODKOWSKA E., WAGNER L.: Wybrane materiały stosowane w stomatologii zachowawczej. Med. Tour Press Int., Warszawa 2008, 84–92.
- [4] BLUNCK V., ROULET J.F.: Marginal adaptation of compomer class v restorations *in vitro*. J. Adhes. Dent. 1999, 143–151.
- [5] ISO/TC 106/Subcommittee 1CDTR 11405 Dental Materials: Guidance on testing of adhesion to tooth structure, ISO, Geneva, Switzerland 1991.
- [6] MIYAZAKI M., PLATT J.A., ONOSE E., MOORE B.K.: Influence of dentin primer application metod on dentin bond strength. Oper. Dent. 1996, 21, 167–172.
- [7] PASHLEY D.H., CARVALHO R.M., SANO H. et al.: The microtensile bond test. A review. J. Adhes. Dent. 1999, 299–309.
- [8] SADSANGIAM S., VAN NOORT R.: Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? J. Adhes. Dent. 1991, 1, 57–67.
- [9] FOLWER G.D. et al.: Influence of selected variables on adhesion testing. Dent. Mater. 1992, 8, 265–269.
- [10] SUZUKI T., FINGER W.J.: Dentin adhesives site of dentin vs bonding of composite resins. Dent. Mater. 1998, 379–383.
- [11] TAO L., PASHLEY D.H.: Shear bond strength to dentin: Effects of surface treatments, depth and position. Dent. Mater. 1988, 4, 371–378.
- [12] CORTES O., GARCIA C., PÉREZ L., BRAVO L.: A comparison of the bond strenght to enamel and dentin of two compomers. An *in vitro* study. J. Dent. Child. 1998, 65, 29–31.

**Adres do korespondencji:**

Elżbieta Jodkowska  
Zakład Stomatologii Zachowawczej IS WUM  
ul. Miodowa 18  
00-246 Warszawa  
tel. 22 502 20 32  
e-mail: e.jodkowska@gmail.com

Praca wpłynęła do Redakcji: 4.06.2010 r.  
Po recenzji: 22.06.2010 r.  
Zaakceptowano do druku: 12.10.2010 r.

Received: 4.06.2010  
Revised: 22.06.2010  
Accepted: 12.10.2010