PRACE ORYGINALNE

Dent. Med. Probl. 2015, **52**, 4, 434–439
DOI: 10.17219/dmp/59498

© Copyright by Wroclaw Medical University and Polish Dental Society
ISSN 1644-387X

Małgorzata Krawczyk-Stuss[1, A–D], Aneta Ostrowska[1, A–C], Barbara Łapińska[2, B, C], Joanna Nowak[3, C], Elżbieta Bołtacz-Rzepkowska[1, D–F]

Wytrzymałość połączenia Biodentine ze światłoutwardzalnym materiałem kompozytowym w zależności od czasu aplikacji i rodzaju systemu adhezyjnego

Evaluation of Shear Bond Strength of the Composite to Biodentine with Different Adhesive Systems

[1] Zakład Stomatologii Zachowawczej, Katedra Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź, Polska
[2] Zakład Stomatologii Ogólnej, Katedra Stomatologii Odtwórczej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź, Polska
[3] Uczelniane Laboratorium Badań Materiałowych, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź, Polska

A – koncepcja i projekt badania, **B** – gromadzenie i/lub zestawianie danych, **C** – analiza i interpretacja danych, **D** – napisanie artykułu, **E** – krytyczne zrecenzowanie artykułu, **F** – zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Streszczenie

Wprowadzenie. Materiał Biodentine, o właściwościach mechanicznych zbliżonych do zdrowej zębiny, znalazł szerokie zastosowanie w stomatologii zachowawczej i endodoncji. Zasadnicze znaczenie dla trwałości odbudowy warstwowej ma wytrzymałość połączenia między Biodentine i materiałem kompozytowym, a jakość połączenia zależy w dużym stopniu od użytego systemu adhezyjnego.
Cel pracy. Ocena wytrzymałości połączenia preparatu Biodentine ze światłoutwardzalnym materiałem kompozytowym po zastosowaniu systemów adhezyjnych różnych generacji.
Materiał i metody. Bloczki akrylowe w kształcie dysków wypełniono materiałem Biodentine®. Wyodrębniono 3 grupy badane w zależności od użytego systemu adhezyjnego: IV generacji – Optibond® FL (Kerr), V generacji – Adper Single® Bond (3M ESPE), VI generacji – Clearfill® SE Bond Plus (Kuraray). W każdej z grup wyodrębniono podgrupy w zależności od czasu przygotowania Biodentine n = 10; 12 minut (podgrupa A), 7 dni (podgrupa B), 28 dni (podgrupa C). Na powierzchnię wszystkich próbek podawano wybrany system adhezyjny, następnie w silikonowym pierścieniu umieszczano materiał kompozytowy. Wytrzymałość połączenia Biodentine–kompozyt oceniano testem ścinania w uniwersalnym urządzeniu testującym Zwick/Roell Z020.
Wyniki. Porównując wartości wytrzymałości połączenia Biodentine–kompozyt, istotnie wyższe wartości uzyskano w grupie 1 i grupie 3, najniższe natomiast otrzymano dla systemu Adper Single Bond wykorzystanego w technice total-etch po 12 minutach od przygotowania Biodentine (podgrupa A). Wytrzymałość połączenia rosła w czasie w odniesieniu do grupy 2. Nie odnotowano różnic między grupami po 7 i 28 dniach (podgrupa B i C).
Wnioski. Wytrzymałość połączenia preparatu Biodentine z materiałem kompozytowym zależy od rodzaju zastosowanego systemu adhezyjnego **(Dent. Med. Probl. 2015, 52, 4, 434–439).**

Słowa kluczowe: wytrzymałość połączenia, test ścinania, Biodentine, systemy adhezyjne.

Abstract

Background. Biodentine is recommended for use as a dentine substitute under resin composite restorations and for endodontic procedures. The quality and durability of the adhesive bond between Biodentine and the resin composite is of clinical significance with regard to the longevity of the final laminate restoration. The durability of this bond may be affected by different bonding strategies.
Objectives. The aim of this study was to determine the shear bond strength of resin based (composite) material to Biodentine with different bonding strategies at different time intervals.

Material and Methods. Cylindrical acrylic blocks were prepared and fully-filled with Biodentine®. They were randomly divided into three experimental groups according to the bonding protocols: two-step total etch Optibond® FL (group 1), one step total-etch Adper Single Bond (group 2), one step self-etch strategy Clearfill® SE Bond (group 3) and the control group (group 4). Each group was further divided into three subgroups (n = 10: 12 min (subgroup A), 7 days (subgroup B) and 28 days (subgroup C) after Biodentine placement. Bonding system was applied appropriately for respective group and then covered with resin-based composite material placed into silicone cylindrical matrices. Shear bond strength was measured by means of a universal testing machine Zwick/Roell Z020.
Results. When shear bond strengths of adhesive systems was compared, group 3 (self-etch system) and group 1 (two-step total etch system) presented significantly higher bond strength values than group 2 (one step total etch) in the subgroup A. Considering the shear bond strength over time, group 2 demonstrated significantly higher bond strength than group 1 and 3. There was no difference between group 1, 2 and 3 after 7 and 28 days.
Conclusions. Shear bond strength of tested bonding protocols to Biodentine depends on the time interval and bonding strategy **(Dent. Med. Probl. 2015, 52, 4, 434–439).**

Key words: bond strength, shear strength test, Biodentine, dentin bonding agent.

Biodentine® to bioaktywny materiał na bazie krzemianu wapnia o właściwościach mechanicznych zbliżonych do zdrowej zębiny, który znalazł szerokie zastosowanie w stomatologii zachowawczej i endodoncji. Preparat charakteryzuje się znacznie lepszymi parametrami wytrzymałościowymi oraz krótszym czasem wiązania niż dotychczas szeroko stosowany MTA [1, 2]. Wskazany jest do leczenia zębów z niezakończonym rozwojem wierzchołka korzenia, resorpcji zewnętrznej i wewnętrznej, perforacji oraz do wstecznego wypełnienia kanału korzeniowego po zabiegach resekcji wierzchołka korzenia. Badania potwierdzają dużą skuteczność tego materiału w tworzeniu zębiny reakcyjnej i reparacyjnej, a zatem możliwość jego stosowania w leczeniu biologicznym miazgi, metodą przykrycia pośredniego, bezpośredniego i amputacji przyżyciowej [3–5].

Ze względu na zbliżone do zębiny parametry wytrzymałościowe Biodentine jest nazywany „substytutem zębiny". Z powodu kruchości i niezadowalającej estetyki materiału jest konieczne wykonanie ostatecznego wypełnienia z innego materiału odtwórczego, najczęściej kompozytowego. Najważniejsze znaczenie dla trwałości takiej odbudowy ma wytrzymałość połączenia między nim i materiałem kompozytowym, a jakość połączenia adhezyjnego zależy w dużym stopniu od użytego systemu wiążącego [6].

Celem pracy była ocena wytrzymałości połączenia Biodentine ze światłoutwardzalnym materiałem kompozytowym w zależności od czasu podania i rodzaju systemu adhezyjnego.

Materiał i metody

Do badań użyto materiał Biodentine (Septodont, Francja) przygotowany zgodnie z zaleceniami producenta, z wykorzystaniem wstrząsarki RotoMix® (3M ESPE).

Wykonano 120 bloczków z żywicy PMMA, w których nawiercono otwory o średnicy 4 mm i wysokości 4 mm, a następnie wypełniono materiałem Biodentine. Po 12 minutach (czas wiązania materiału Biodentine) powierzchnie próbek szlifowano na mokro papierami ściernymi o ziarnistości 320 C, 400 C do 600 C i płukano wodą. Przygotowane próbki przechowywano w 0,9% NaCl.

Wyodrębniono trzy grupy badane w zależności od zastosowanego systemu adhezyjnego: w grupie 1 zastosowano system adhezyjny IV generacji (Optibond® FL/Kerr); w grupie 2 system adhezyjny V generacji (Adper Single Bond® 2/3M ESPE), a w grupie 3: samotrawiący system adhezyjny VI generacji (Clearfill S3 Bond® Plus/Kuraray). W grupie kontrolnej (grupa 4) nie zastosowano żadnego systemu adhezyjnego. Następnie każda z grup została podzielona na podgrupy w zależności od czasu, jaki upłynął od przygotowania materiału Biodentine do połączenia go z materiałem kompozytowym: 12 minut (podgrupa A), 7 dni (podgrupa B) i 28 dni (podgrupa C).

Powierzchnie próbek z grupy 1 i 2 trawiono 37% kwasem fosforowym w postaci żelu przez 30 sekund, następnie płukano i suszono. W grupie 1 na powierzchnię próbki dwukrotnie aplikowano kolejno pierwszy i drugi składnik systemu adhezyjnego – OptiBond FL i polimeryzowano z użyciem lampy polimeryzacyjnej przez 20 sekund. W grupie 2 i 3 zastosowano systemy jednoetapowe, które aplikowano dwukrotnie, następnie osuszano delikatnym strumieniem powietrza przez 10 sekund i polimeryzowano przez 20 sekund. We wszystkich grupach zastosowano światłoutwardzalny materiał kompozytowy Premise® (Kerr). Materiał umieszczano w pierścieniu silikonowym o średnicy i wysokości 3 mm i polimeryzowano warstwami. Wytrzymałość połączenia Biodentine–kompozyt oceniano testem ścinania w uniwersalnym urządzeniu do badań wytrzymałościowych Zwick/Roell® Z020 przy prędkości przesuwu belki poprzecznej 2 mm/min.

Wyniki badań wytrzymałościowych poddano analizie statystycznej. Obliczono miary prze-

ciętne: wartość średnią oraz miary zmienności (odchylenie standardowe i współczynnik zmienności). W celu oszacowania istotności statystycznej zmian wytrzymałości badanych systemów adhezyjnych w czasie zastosowano test dwuczynnikowej analizy wariancji Friedmana. W analizie przekrojowej w poszczególnych punktach czasowych wykorzystano natomiast, z uwagi na niewielką liczebność badanych prób i niejednorodność wariancji, uogólnione modele liniowe z elastycznymi błędami standardowymi (jako odpowiednik jednoczynnikowej analizy wariancji bez powtórzeń). Wyniki odpowiednich procedur statystycznych uznawano za istotne wtedy, kiedy $p < 0,05$.

Wyniki

Wartości wytrzymałości połączenia Biodentine z materiałem kompozytowym, z zastosowaniem różnych systemów adhezyjnych, na siły ścinające oraz wyniki analizy statystycznej zestawiono w tabeli 1 i zilustrowano na rycinie 1.

Po 12 minutach od zarobienia Biodentine (podgrupa A) stwierdzono, że samotrawiący system adhezyjny VI generacji (grupa 3 – 6,13 MPa) oraz system IV generacji (grupa 1 – 3,63 MPa) charakteryzowały się istotnie większą ($p = 0,001$) siłą wiązania niż system V generacji (grupa 2 – 1,21 MPa). Tylko w odniesieniu do systemu V generacji wytrzymałość połączenia rosła istotnie ($p = 0,001$) wraz z czasem, jaki minął od przygotowania materiału Biodentine do połączenia go z materiałem kompozytowym (od 1,21 MPa po 12 min do 2,59 MPa po 7 dniach i 4,28 MPa po 28 dniach).

Po 7 dniach od przygotowania materiału Biodentine różnice między poszczególnymi grupami nie były istotne statystycznie ($p = 0,108$).

Po 28 dniach od przygotowania materiału Biodentine między grupami 1, 2 i 3 nie odnotowano statystycznie istotnej różnicy w wytrzymałości połączenia. We wszystkich grupach uzyskano statystycznie istotną większą wytrzymałość w porównaniu z grupą kontrolną, odpowiednio: grupa 1 ($p = 0,001$), grupa 2 ($p < 0,001$), grupa 3 ($p < 0,001$).

Omówienie

Biodentine jest rekomendowany przez producenta jako materiał będący „substytutem zębiny w kapsułce". Ze względu na dobre właściwości mechaniczne, działanie odontotropowe, konsystencję ułatwiającą aplikację, szybszy czas wiązania niż stosowany z tych samych wskazań MTA, jest on coraz częściej stosowany w codziennej praktyce klinicznej [1, 2]. Najkorzystniejszym wariantem klinicznym jest przeprowadzenie całej procedury rekonstrukcji utraconych twardych tkanek zęba na jednej wizycie. Na trwałość takiej odbudowy wpływa jakość połączenia obu materiałów. Wykorzystany do odbudowy zębiny Biodentine wymaga, zgodnie ze wskazaniem producenta, przykrycia materiałem ostatecznym. Z tego powodu badania własne były ukierunkowane na ocenę wytrzymałości połączenia materiału Biodentine z szeroko stosowanym materiałem kompozytowym.

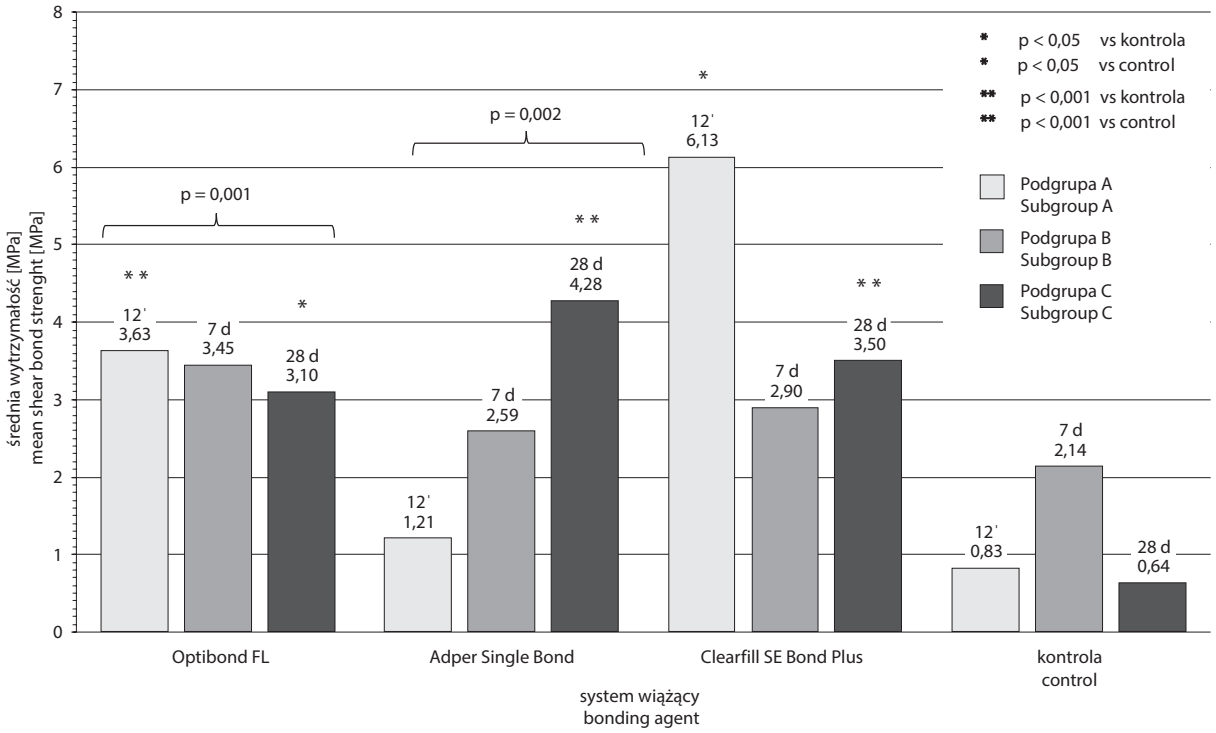
Metoda ścinania (shear bond strength, SBS) należy do najbardziej rozpowszechnionych laboratoryjnych metod ilościowej oceny wytrzymałości połączenia materiałów dentystycznych. Bada-

Tabela 1. Wytrzymałość połączenia (MPa) materiału kompozytowego z Biodentine dla różnych systemów adhezyjnych

Table 1. Shear bond strength (MPa) of resin –based composite to Biodentine with different adhesive protocols

Grupa Group	Siła wiązania (MPa) Shear bond strength (MPa)					
	podgrupa A subgroup A		podgrupa B subgroup B		podgrupa C subgroup C	
	mean ± SD	95% CI	mean ± SD	95% CI	mean ± SD	95% CI
Optibond FL (Kerr)	3,63 ± 2,17	2,08–5,17	3,45 ± 2,15	1,80–5,10	3,10 ± 2,48	1,43–4,76
Adper Single Bond (3M ESPE)	1,21 ± 0,79	0,60–1,81	2,59 ± 2,55	0,76–4,42	4,28 ± 3,17	2,01–6,55
Clearfill SE Bond Plus (Kuraray)	6,13 ± 5,08	2,50–9,76	2,90 ± 2,48	1,23–4,56	3,50 ± 2,31	1,85–5,16
Kontrola Control	0,83 ± 0,76	0,19–1,47	2,14 ± 1,40	1,06–3,22	0,64 ± 0,50	0,26–1,02

Podgrupa A – próbki po 12 minutach od przygotowania Biodentine.
Subgroup A – samples after 12 minutes from Biodentine preparation.
Podgrupa B – próbki po 7 dniach od przygotowania Biodentine.
Subgroup B – samples after 7 days from Biodentine preparation.
Podgrupa C – próbki po 28 dniach od przygotowania Biodentine.
Subgroup C – samples after 28 days from Biodentine preparation.



Ryc. 1. Średnie wartości wytrzymałości (MPa) badanych systemów wiążących w różnych przedziałach czasowych

Fig. 1. Mean values shear bond strenght (MPa) with different bonding strategies and different time intervals

nie oznacza maksymalne naprężenie, jakie może wytrzymać materiał zanim zostanie uszkodzony przez obciążenie styczne, pozwala zatem na ocenę przewidywanej siły wiązania, adaptacji brzeżnej i możliwości pojawienia się mikroprzecieku. Jak wynika z przeglądu piśmiennictwa, jest to również metoda najczęściej opisywana w metodologii badań nad materiałami na bazie krzemianu trójwapniowego [6–8].

Badania własne dotyczyły oceny jakości połączenia Biodentine z materiałem kompozytowym w zależności od czasu aplikacji i zastosowania różnych systemów adhezyjnych o różnych protokołach stosowania klinicznego.

Do chwili obecnej pojawiły się nieliczne publikacje dotyczące tego tematu. Podobne doświadczenie wykonali Odabas et al. [7]. Do badań wykorzystali trzy systemy adhezyjne: stosowany w technice total-etch Prime&Bond® NT, dwuetapowy system samotrawiący Clearfil SE Bond i jednoetapowy system samotrawiący Clearfil S3 Bond. Badania przeprowadzili po 12 minutach oraz 24 godzinach od przygotowania materiału Biodentine. Największą wytrzymałość połączenia (19,559 MPa) materiału Biodentine z kompozytem stwierdzili dla dwuetapowego systemu samotrawiącego po 24 godzinach. W badaniach własnych również największą siłę połączenia (6,13 MPa) odnotowano dla systemu samotrawiącego stosowanego w strategii jednoetapowej. W doświadczeniu Odabasa et al. [7] najniższe wartości odnotowano w grupie, w której wykorzystano system total-etch po 12 minutach od przygotowania Biodentine, co potwierdziły również badania własne. Porównując wytrzymałość połączenia materiału Biodentine z kompozytem, autorzy ci nie stwierdzili statystycznie istotnych różnic między grupami po 12 minutach i 24 godzinach.

Zwracają uwagę znaczne różnice w wynikach badań wytrzymałościowych w obserwacjach własnych i cytowanej powyżej. Mogą one wynikać z wykorzystania różnych systemów adhezyjnych stosowanych w technikach total-etch i self-etch, ale także z zastosowania odmiennej metody badań. Szybkość przesuwu belki w teście ścinania w naszym doświadczeniu wynosiła 2 mm/min, a w badaniu Odabasa et al. [7] i innych autorów [6] odpowiednio 1 mm/min i 0,5 mm/min.

Ciekawe wyniki dotyczące porównania wytrzymałości połączenia materiału kompozytowego z Biodentine, konwencjonalnym cementem szkło-jonomerowym (GIC) i cementem szkło-jonomerowym modyfikowanym żywicą (RM-GIC) zaprezentowali Hashem et al. [9]. Badania wykonali, poddając ocenie zarówno „starzenie się" materiału Biodentine, jak też połączenia adhezyjnego w czasie. Biodentine okazał się gorszym materiałem w porównaniu z cementami szkło-jonomerowymi, kiedy oceniono siłę połączenia w krótkim czasie od jego przygotowania (5 i 20 minut). Autorzy ci doszli do wniosku, że w celu uzyskania trwałości dwuwarstwowego wypełnienia Bioden-

tine–kompozyt najlepszym rozwiązaniem jest wykonanie ostatecznego uzupełnienia po około 2 tygodniach od zastosowania materiału Biodentine. Byłby to czas niezbędny do uzyskania wewnętrznej dojrzałości materiału. Samo użycie systemu adhezyjnego uważają natomiast za mało istotne dla poprawy jakości połączenia.

W badaniu Hashema et al. [9] najwyższe wartości na działanie sił ścinających (μSBS) uzyskano dla RM-GIC, prawdopodobnie ze względu na obecność HEMA wpływającego na połączenie chemiczne między materiałem szkło-jonomerowym a kompozytem. W żadnym z dotychczasowych badań nie potwierdzono uzyskania chemicznego połączenia między Biodentine a materiałem kompozytowym, chociaż Yoshida et al. [10] podali, że obecny w niektórych systemach adhezyjnych (samotrawiących) kwaśny monomer 10-MDP wiąże się z wapniem obecnym w tkankach zęba. Teoretycznie może zatem występować zdolność wiązania z wapniem zawartym w materiale Biodentine, tworząc oprócz mikromechanicznego, pewne połączenie chemiczne.

Większość dostępnych publikacji dotyczących porównania połączenia kompozytów z materiałami na bazie krzemianu trójwapniowego dotyczy MTA. Zapoznanie się i porównanie wyników tych badań wydaje się uzasadnione, ponieważ skład chemiczny materiału Biodentine jest bardzo podobny do cementu MTA.

Cantekin i Avci [8] zaprojektowali badanie porównujące wytrzymałość na ścinanie połączenia kompozytów na bazie metakrylanów i siloranów oraz konwencjonalnych cementów szkło-jonomerowych (GIC) zarówno z materiałem Biodentine, jak i MTA. Oceny dokonali po całkowitym związaniu materiałów, odpowiednio po 15 min dla Biodentine i po 96 godzinach dla MTA. Największą wytrzymałość połączenia uzyskali w grupie, w której połączono kompozyt na bazie metakrylanów z Biodentine (17,7 MPa). Dla porównania wytrzymałość połączenia MTA z tym samym kompozytem wynosiła 8,9 MPa.

Altunsoy et al. [11] badając wytrzymałość połączenia dwóch różnych kompozytów typu flow z MTA, Biodentine i materiałem wzbogaconym wapniem – CEM, odnotowali natomiast istotnie statystycznie większe wartości wytrzymałości w grupach: kompozyt typu flow-MTA oraz kompozyt typu flow-CEM w porównaniu z grupą kompozyt typu flow-Biodentine.

Tunc et al. [12] ocenili wytrzymałość połączenia białego MTA (ProRoot® MTA Dentsply, Tulsa Dental) z materiałem kompozytowym i kompomerowym. Statystycznie istotne wyższe wartości wytrzymałości połączenia otrzymali po zastosowaniu jednoetapowego systemu total-etch (Adper Single Bond, 3M ESPE) zarówno dla kompozytu, jak i kompomeru w porównaniu z jednoetapowym systemem self-etch (Prompt-L-Pop®, 3M ESPE). Autorzy ci za przyczynę niepowodzenia połączenia w przypadku systemów samotrawiących uważali kombinację kwaśnych hydrofilowych i hydrofobowych monomerów, które stosowane w jednym etapie mogą wpływać niekorzystnie na polimeryzację systemu adhezyjnego.

Oceny połączenia MTA z materiałem kompozytowym dokonali również Neelakantan et al. [13]. Zastosowali trzy różne systemy adhezyjne: jednoetapowy system total-etch (Prime&Bond NT, Dentsply Caulk), dwuetapowy system samotrawiący (AdheSE®, Ivoclar Vivadent) oraz jednoetapowy system samotrawiący (Clearfil S3 Bond, Kuraray Dental) natychmiast po przygotowaniu MTA oraz 45 minut i 24 godziny od jego zmieszania. Wyniki tych badań potwierdziły, że w celu poprawy wytrzymałości połączenia ważne znaczenie miały: rodzaj użytego systemu adhezyjnego i czas, jaki upłynął od przygotowania MTA. Duże wartości wytrzymałości uzyskano dla grupy, w której podawali żywicę natychmiast po przygotowaniu cementu MTA, najwyższe dla grupy po zastosowaniu jednoetapowego samotrawiącego systemu adhezyjnego (49,2 MPa). Cytowane badanie jest jednym z nielicznych porównujących wartości wytrzymałości bezpośrednio po lub w krótkim czasie od zmieszania cementu. Ten sam warunek uwzględniono w badaniach własnych, mając na uwadze stosowanie cementu na bazie krzemianu trójwapniowego w warunkach klinicznych.

Jak już wspomniano wcześniej, rozbieżności w wynikach badań mogą wynikać z rodzaju zastosowanego systemu adhezyjnego. Neelakantan et al. [13] zwrócili szczególną uwagę na dwa parametry: pH oraz rodzaj rozpuszczalnika. Wartość pH dla samotrawiącego dwuetapowego systemu AdheSE wynosi 1,4, natomiast dla jednoetapowego samotrawiącego systemu Clearfil S3 Bond – 2,0. Uzyskane przez nich wyniki są zbieżne z obserwacjami Bayrak et al. [14] oraz Inoue et al. [15] i potwierdzają, że niskie pH systemu adhezyjnego przekłada się na mniejszą wytrzymałość połączenia w testach ścinania. Należy ponadto podkreślić, że system Clearfil S3, wykorzystany również w pracy własnej, charakteryzujący się najwyższymi wartościami wytrzymałości, zawiera jako rozpuszczalnik wodę i etanol. Może to sprzyjać lepszej zwilżalności cementu na bazie silikatów i stwarzać warunki do uzyskania połączenia o większej wytrzymałości.

W ocenie i porównaniu wyników badań różnych autorów i obserwacji własnych należy rozważyć działanie innych jeszcze czynników. Być może woda wykorzystywana w technice total-etch

do wypłukania kwasu ortofosforowego zmienia mikrostrukturę cementów na bazie krzemianów trójwapniowych. Również obecność w systemach łączących wysoce hydrofilnego monomeru dwufunkcyjnego (np. HEMA) utrudnia usunięcie wody przed polimeryzacją, wpływając na wytrzymałość połączeń.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że wytrzymałość połączenia Biodentine z materiałem kompozytowym jest uzależniona od rodzaju użytego systemu adhezyjnego. W badaniu własnym najwyższy wynik wytrzymałości połączenia uzyskano dla systemu samotrawiącego podawanego natychmiast po jej przygotowaniu. Wraz z upływem czasu żaden z zastosowanych systemów adhezyjnych nie zapewniał istotnie większej wytrzymałości połączenia materiału Biodentine z materiałem kompozytowym.

Piśmiennictwo

[1] Rajasekharan S., Martens L.C., Cauwels R.G., Verbeeck R.M.: Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. Eur. Arch. Paediatr. Dent. 2014, 15, 147–158.

[2] Lipski M., Nowicka A., Górski M., Dura W., Lichota D.: Comparison of the sealing ability of MTA and Biodentine preparations in retrograde root canal fillings. Magazyn Stomatol. 2012, 22, 6, 82–85 [in Polish].

[3] Laurent P., Camps J., About I.: Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. Int. Endod. J. 2012, 45, 439–448.

[4] Koubi G., Colon P., Franquin J.C., Hartmann A., Richard G., Faure M.O., Lambert G.: Clinical evaluation of performance and safety of a new dentine substitute, Biodenine, in the restoration of posteriori teeth – a prospective study. Clin. Oral Invest. 2013, 17, 243–249.

[5] Nowicka A., Lipski M., Postek-Stefańska L., Wysoczańska-Jankowicz I., Lichota D., Sporniak-Tutak K., Buczkowska-Radlińska J.: Direct pulp capping in permanent teeth using the preparation Biodentine – initial report. Magazyn Stomatol. 2012, 22, 4, 30–37 [in Polish].

[6] Al-Ashou W.M.O., Nayif M.M., Yahya M.M.: Shear bond strength of glass and resin based restorative materials to calcium based cement (Biodentine). IJERSTE, 2014, 3, 400–404.

[7] Odabaş M.E., Bani M., Tirali R.E.: Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. Sci. World J. 2013, 10, 626103, 1–5.

[8] Cantekin K., Avci S.: Evaluation of shear bond strength of two resin-based composites and glass ionomer cement to pure tricalcium silicate-based cement (Biodentine®). J. Appl. Oral Sci. 2014, 22, 302–306.

[9] Hashem D.F., Foxton R., Manoharan A., Watson T.F., Banerjee A.: The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. Dent. Mater. 2014, 30, 343–349.

[10] Yoshida Y., Nagakane K., Fukuda R., Nakayama Y., Okazaki M., Shintani H., Inoue S., Tagawa Y., Suzuki K., DeMunck J., Van Meerbeek B.: Comparative study on adhesive performance of functional monomers. J. Dent. Res. 2004, 83, 454–458.

[11] Altunsoy M., Tanriver M., Ok E., Kucukyilmaz E.: Shear bond strength of a self-adhering flowable composite and a flowable base composite to mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture cement, and Biodentine. J. Endod. 2015, 41, S0099–2399.

[12] Tunc E.S., Sonmez I.S., Bayrak S., Egilmez T.: The evaluation of bond strength of a composite and a compomer to white mineral trioxide aggregate with two different bonding systems. J. Endod. 2008, 34, 603–605.

[13] Neelakantan P., Grotra D., Subbarao C.V., Garcia-Godoy F.: The shear bond strength of resin-based composite to white mineral trioxide aggregate. J. Am. Dent. Assoc. 2012, 143, e40–e45.

[14] Bayrak S., Tunç E.S., Saroğlu I., Eğilmez T.: Shear bond strengths of different adhesive systems to white mineral trioxide aggregate. Dent. Mater. J. 2009, 28, 62–67.

[15] Inoue S., Vargas M.A., Abe Y., Yoshida Y., Lambrechts P., Vanherle G., Sano H., Van Meerbeek B.: Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. J. Adhes. Dent. 2001, 3, 237–245.

Adres do korespondencji:

Małgorzata Krawczyk-Stuss
Zakład Stomatologii Zachowawczej
Katedra Stomatologii Zachowawczej i Endodoncji
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
ul. Pomorska 251
92-213 Łódź
e-mail: mkstuss@wp.pl
tel.: +48 692 380 079

Konflikt interesów: nie występuje

Praca wpłynęła do Redakcji: 16.08.2015 r.
Po recenzji: 2.09.2015 r.
Zaakceptowano do druku: 22.09.2015 r.

Received: 6.08.2015
Revised: 2.09.2015
Accepted: 22.09.2015