

Badanie wytrzymałości połączenia materiału kompomerowego z powierzchnią zębiny zębów mlecznych po opracowaniu metodą abrazyjną i tradycyjną – badania doświadczalne**

Shear bond strength of compomer to deciduous dentin surface after air abrasion and conventional preparation – experimental studies

¹Studia doktoranckie, Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego, Uniwersytet Medyczny, Łódź

Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. med. Joanna Szczepańska

²Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego, Uniwersytet Medyczny, Łódź

Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. med. Joanna Szczepańska

KEY WORDS

primary teeth, caries, adhesives, compomers, air abrasion

SUMMARY

Introduction. Preparation and cavity restoration of deciduous teeth entail numerous difficulties because of its lower degree of mineralization and small quantity of hard tissue. Contemporary dentistry pays special attention to the minimal invasive preparation, principally important in pediatric dentistry. Air abrasion system may be an alternative to rotary instruments for dental hard tissues preparation, however removing of the smear layer in total-etch technique, or its modification using self-etch systems is required by this technique.

Aim. The aim of this study was to assess bond strength of compomer – Compoglass F to primary dentin surface after air or conventional bur preparation and subsequent application of two adhesive systems (tech. total-etch) – Opti Bond Solo Plus and self-etch Xeno V.

Material and methods. 118 samples of primary canine, first and second molars was examined. Total-etch system was applied on 28, whereas self-etch on 30 air abraded specimens. 60 samples were bur prepared to achieve a homogeneous rough surface, 31 of them were covered with total-etch and 29 with self-etch adhesive. All samples were bonded with compomer – Compoglass F. For the shear bond testing the specimens were examined in a universal testing machine Zwick Roell Zoo5 (Germany).

Results. The mean bond strengths value of air abraded samples bonded with compomer was significantly higher for Xeno V – 3.897300 MPa than Opti Bond Solo Plus – 2.502679 MPa. The mean bond strengths value of bur preparation was 3.652774 MPa for Opti Bond Solo Plus and 5.497552 MPa for Xeno V, respectively.

Conclusions. Better bond strength values of compomer-dentine interface were obtained after self etching systems, than total-etch application. Air abraded samples achieved lower bond strength values in shear test than bur prepared ones.

**Praca finansowana z projektu badawczego dla młodych naukowców i doktorantów UM w Łodzi nr 502-03/2-043-02/502-24-02. Prace doświadczalne przeprowadzone w Uczelnianym Laboratorium Badań Materiałowych Uniwersytetu Medycznego w Łodzi.

WSTĘP

Adhezja materiałów światłoutwardzalnych do zębiny nadal stanowi wyzwanie dla współczesnej stomatologii m.in. z powodu morfologii i mniejszej zawartości składników mineralnych w porównaniu ze szkliwem. Zębina zębów mlecznych jest bardziej podatna na utratę minerałów, a proces próchnicowy i zbyt inwazyjna preparacja ubytku oraz agresywne wytrawianie przyczyniają się do pogorszenia jej stanu (1-3).

Jakość zębiny po opracowaniu ubytku, jego głębokość, stopień mineralizacji, liczba oraz budowa kanalików zębinowych wpływają na jakość połączenia z materiałami światłoutwardzalnymi. Materiały te wykazują lepsze połączenie z powierzchnią szkliwa z powodu większego zmineralizowania niż zębina, która zawiera więcej związków organicznych oraz wody. W praktyce klinicznej często konieczne jest połączenie materiału z tkankami zmienionymi przez proces próchnicowy, co oznacza pogorszenia parametrów połączenia. Tkanka, która pozostaje po usunięciu rozmiękczonej zębiny, stwarza mechaniczną barierę z powodu obliteracji kanalików zębinowych dla infekcji bakteryjnej w głąb miazgi, jednak stanowi również blokadę dla infiltracji żywicy systemów łączących i tworzenia dobrej warstwy hybrydowej (4-7). Aby uzyskać optymalną siłę adhezji z materiałem światłoutwardzalnym, należy warstwę mazistą usunąć lub zmodyfikować, stosując system samotrawiący (8-12).

Kompomery łączą zalety materiałów światłoutwardzalnych oraz szkło-jonomerowych, w związku z tym stanowią dobry wybór dla rekonstrukcji zębów mlecznych, które wymagają specjalnego podejścia w kwestii opracowania ubytku oraz zastosowania odpowiedniego typu systemu łączącego i materiału wypełniającego (5). Badania doświadczalne, publikowane w polskiej i światowej literaturze, dotyczące wytrzymałości połączenia materiału wypełniającego z tkankami zęba, przeprowadzane są głównie na zdrowych zębach stałych. Dlatego ważne było podjęcie badań porównawczych pod względem techniki opracowania ubytku, jak i zastosowanego systemu łączącego, oceniających wartość siły potrzebnej do zerwania połączenia materiału z zębiną zębów mlecznych.

Alternatywą dla narzędzi rotacyjnych może być minimalnie inwazyjna metoda abrazyjna. Do stomatologii wprowadził ją w 1956 roku Black, jednak nie znalazła ona wówczas powszechnego zastosowania (9). Kinetyczne opracowanie ubytku umożliwia usunięcie próchnicowo zmienionych tkanek zęba, oszczędzając zdrowie (13).

CEL PRACY

Celem niniejszej pracy była ocena wytrzymałości połączenia materiału kompomerowego Compoglass F z powierzchnią zębiny zębów mlecznych po opracowaniu metodą abrazyjną i tradycyjną wiertłem oraz po zastosowaniu dwóch wybranych systemów adhezyjnych.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano 118 próbek zębiny zębów mlecznych, pochodzących z kłów oraz pierwszych i drugich zębów trzonowych, usuniętych z powodu fizjologicznej resorpcji oraz ze względów patologicznych. Zęby do chwili przeprowadzenia badań były przechowywane w 2% roztworze azotku sodu. Zęby trzonowe zostały przecięte wzdłuż korony celem osiągnięcia powierzchni przedsionkowej i językowej, a następnie były zatapiane w akrylu. Natomiast kły zatapiano w akrylu w całości z odsłanianiem tylko powierzchni przedsionkowej. Wszystkie powierzchnie robocze próbek zostały ujednolicone – wygładzone papierem ściernym o gradacji 180, 320 i 600 z nasypem SiC (węgiel krzemu) z szybkością 320 rpm. Polerka firmy Presi, model Minitech 233.

Metodą abrazyjną, piaskarką – COBRA MIX 2P – opracowano 58 próbek. Rozmiar ziarnistości tlenku glinu wynosił 27 μm , odległość dyszy od próbki – 3-5 mm, średnica dyszy – 0,75 mm, ciśnienie – 4,5 Atm, czas opracowania – 3 sek. Po opracowaniu próbki płukano przez 30 sekund pod strumieniem bieżącej wody. Część próbek preparowanych abrazyjnie była przygotowywana z wykorzystaniem wyciągu. System typu *total-etch* Opti Bond Solo Plus aplikowano na 28, a samotrawiący system Xeno V na 30 próbek.

Pozostałe próbki zębiny w liczbie 60 opracowano wiertłem – różyczką na końcówkę wolnoobrotową do uzyskania jednolicie chropowatej powierzchni, z czego na 31 aplikowano system typu *total-etch*, a na 29 system samotrawiący. Aplikacja systemu *total-etch* oraz materiału kompomerowego Compoglass F odbyła się zgodnie z zaleceniami producentów. Procedura zastosowania systemu samotrawiącego była następująca: 20-sekundowa aplikacja systemu, odparowanie rozpuszczalnika przez 20 sekund (w tym przez 10 sekund delikatne rozdmuchiwanie), polimeryzacja przez 20 sekund, ponowna aplikacja systemu.

Przygotowane próbki z materiałem kompomerowym przechowywano przez 24 godziny w wodzie destylowanej. Następnie przeprowadzono badanie techniką ścinania z wykorzystaniem uniwersalnego urządzenia Zwick Roell Z005 (Niemcy) – prędkość przesuwu 2 mm/min. Do porównań wartości przeciętnych w dwóch grupach użyto testu Manna-Whitneya. Za istotne statystycznie uznano wartości $p < 0,05$.

WYNIKI

Dla próbek opracowanych abrazyjnie średnie naprężenie, jakie uzyskano dla połączenia materiału kompomerowego Compoglass F z zębiną, wynosiło średnio 2,502679 MPa po aplikacji systemu wiążącego typu *total-etch*, a po zastosowaniu systemu samotrawiącego – 3,897300 MPa; różnica była istotna statystycznie ($p = 0,037$) (tab. 1 i 2, ryc. 1). W przypadku próbek opracowanych tradycyjnie wiertłem średnie naprężenie, jakie uzyskano dla połączenia wypełnienia z zębiną, wynosiło po aplikacji systemu typu *total-etch* 3,652774 MPa, a w odniesieniu do systemu samotra-

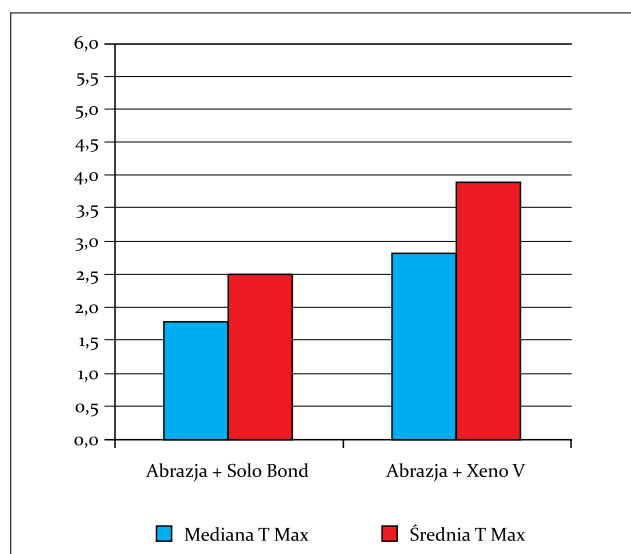
Tabela 1. Wartości średnie i mediany wyników uzyskanych w teście ścinania dla próbek opracowanych abrazyjnie oraz tradycyjnie wiertłem, po aplikacji systemu *self-etch* lub typu *total-etch*.

Grupa	n	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch. std.
Abrazja + Solo Bond (1)	28	2,502679	1,780000	0,398000	9,140000	2,264347
Abrazja + Xeno V (2)	30	3,897300	2,815000	0,00	15,60000	3,314314
Wiertło + Solo Bond (3)	31	3,652774	3,180000	0,310000	9,770000	2,736411
Wiertło + Xeno V (4)	29	5,497552	5,290000	0,559000	16,90000	3,788265
Razem	118	3,895415	2,905000	0,00	16,90000	3,221234

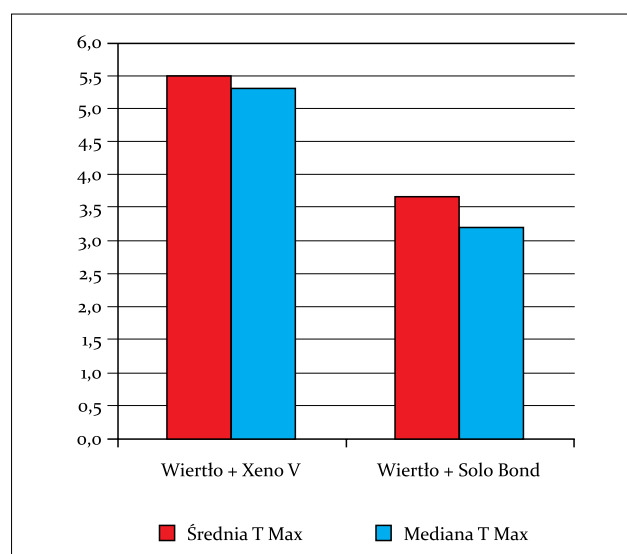
Tabela 2. Porównanie poszczególnych grup badanych (test Manna-Whitneya).

Porównania	Wartość statystyki Z w teście Manna-Whitneya	p
Abrazja + Solo Bond vs. Abrazja + Xeno V	-2,08515*	0,037057*
Wiertło + Solo Bond vs. Wiertło + Xeno V	-2,04141*	0,041211*
Wiertło + Xeno V vs. Abrazja + Xeno V	1,93318*	0,053215*
Wiertło + Solo Bond vs. Abrazja + Solo Bond	1,85948	0,062960

*różnice istotne statystycznie



Ryc. 1. Zestawienie wartości średnich i median maksymalnego naprężenia podczas próby ścinania, uzyskanych w grupie, w której stosowano metodę abrazyjną.



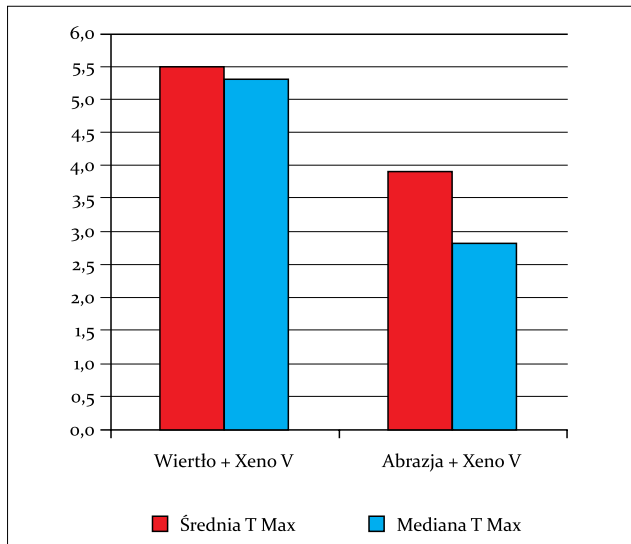
Ryc. 2. Zestawienie wartości średnich i median maksymalnego naprężenia podczas próby ścinania, uzyskanych w grupie, w której stosowano metodę tradycyjną z użyciem wiertła.

więcego – 5,497552 MPa; różnica była istotna statystycznie ($p = 0,04$) (tab. 1 i 2, ryc. 2). Oceniano także skuteczność wiązania z wykorzystaniem systemu samotrawiącego w odniesieniu do dwóch sposobów opracowania zębiny. Po aplikacji systemu samotrawiącego na próbki opracowane tradycyjnie wiertłem otrzymano wyższe wartości naprężeń niż dla próbek poddanych opracowaniu abrazyjnemu – odpowiednio: 5,497552 MPa i 3,897300 MPa ($p = 0,05$) (tab. 1 i 2, ryc. 3). Porównanie różnych metod preparacji powierzchni zębiny po aplikacji systemu typu *total-etch*

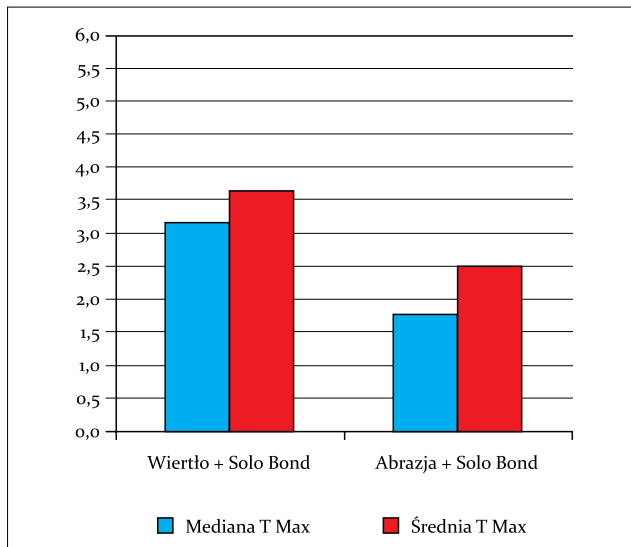
wykazało wyższe wartości naprężeń po przygotowaniu próbek wiertłem – 3,652774 MPa, niż poddanych opracowaniu z użyciem piaskarki – 2,502679 MPa, jednak wyniki nie były statystycznie znamienne (tab. 1 i 2, ryc. 4).

DYSKUSJA

Współczesna stomatologia ukierunkowana jest na minimalnie inwazyjne techniki opracowania ubytków, a metoda kinetycznej preparacji ma szansę na szczególne uznanie w stomatologii dziecięcej. Pomimo możliwości rozwinięcia



Ryc. 3. Zestawienie wartości średnich i median maksymalnego naprężenia podczas próby ścinania, uzyskanych w grupie, w której stosowano samotrąwiący Xeno V.



Ryc. 4. Zestawienie wartości średnich i median maksymalnego naprężenia podczas próby ścinania, uzyskanych w grupie, w której stosowano system wiążący – Opti Bond Solo Plus (technika total-etch).

opracowywanej powierzchni zębiny z użyciem piaskarki, nie może być ona traktowana zamiennie z wytrawianiem. Działanie tlenku glinu powoduje powstanie warstwy mazistej, choć jest ona mniej związana z powierzchnią niż warstwa powstała po opracowaniu wiertłem. Badania wykorzystujące SEM (ang. *Scanning Electron Microscope*) wykazały obecność „wbitych” cząsteczek Al_2O_3 w powierzchni zębiny. Mogą one blokować kanaliki zębinowe nawet po wytrawieniu i utrudniać infiltrację bondu w tkanki twarde. Mascarenhas Oliveira i wsp. zwracają uwagę na nieefektywne usunięcie warstwy mazistej z zębiny próchnicowej nawet po wytrawieniu (14). Skuteczność preparacji tkanek

zęba jest odwrotnie proporcjonalna do odległości końcówki piaskarki od opracowanej powierzchni. Odległość dyszy od powierzchni zęba na 5 mm powoduje opracowanie powierzchni o większym zasięgu. Natomiast odległość < 2 mm zmniejsza zakres opracowywanych tkanek, zwiększając tym samym głębokość preparacji, gdyż cząsteczki wyrzucane z dyszy piaskarki z bliższej odległości mają większą moc cięcia. Bliska odległość oraz zbyt długi czas opracowania mogą powodować wbicie cząstek tlenku glinu w opracowywaną powierzchnię. W przeprowadzonych badaniach zachowano odległość 3-5 mm, aby maksymalnie rozwinąć opracowywaną powierzchnię oraz zminimalizować ryzyko wbicia cząstek piasku (8-12, 14).

W wykonanych testach ścinania wartości średniej i mediany naprężeń dla próbek opracowanych abrazyjnie były niższe niż dla próbek przygotowywanych tradycyjnie wiertłem (ryc. 1 i 2). Przyczynę takiego wyniku można upatrywać w blokadzie kanalików zębinowych przez cząstki tlenku glinu używanego do metody opracowywania ubytku z wykorzystaniem piaskarki. W ten sposób kanaliki zębinowe nie są dostępne dla systemu wiążącego, który mógłby w nie zapłynąć, tworząc właściwą warstwę hybrydową. Onisor i wsp. na podstawie przeprowadzonych badań nie wykazali pogorszenia adaptacji materiału światłoutwardzalnego do powierzchni zębiny opracowanej kinetycznie, mimo iż czas preparacji wynosił 20 sekund, przy zastosowanym ciśnieniu 2 bary i dystansie od powierzchni zęba 5 mm (15). Najefektywniejsza jest praca w odległości 0,5 do 2 mm, gdyż większy dystans zmniejsza siłę cięcia (9).

Do przeprowadzenia badań doświadczalnych wykorzystano zęby mleczne usunięte z powodów fizjologicznej resorpcji oraz ze względów patologicznych. Taki materiał badawczy generuje trudności ze względu na obecność sklerotycznej lub zmienionej próchnicowo zębiny. Zawiera ona niepoddające się trawieniu, zmineralizowane złogi, które są efektem naprzemiennych procesów demineralizacji i remineralizacji, uniemożliwiając powstanie optymalnej jakości warstwy hybrydowej (16-19). Teoretycznie przedłużenie czasu wytrawiania 37% H_3PO_4 ponad zalecane 15 sekund mogłoby stanowić rozwiązanie, gdyż działanie kwasu we wskazanym czasie nie rozpuszcza dostatecznie złożeń mineralnych blokujących światło kanalików (18). Kaaden i wsp. oraz Lenzi i wsp. wykazali zwiększoną grubość warstwy hybrydowej powstałej na zdemineralizowanej zębiny zębów mlecznych niż w przypadku zdrowej zębiny, co wpłynęło negatywnie na siłę wiązania (20, 21). Ci sami autorzy sugerują skrócenie czasu kondycjonowania kwasem do 7 sekund. Podobnie Antonini Pimenta i wsp. zwracają uwagę na skrócenie o połowę czasu trawienia rekomendowanego dla kondycjonowania zębów stałych, gdyż 7 sekund wystarczy, aby usunąć efektywnie warstwę mazistą (22). Nogueira Sardella i wsp. wykazali brak różnic w sile wiązania w przypadku wytrawiania zębiny zębów mlecznych 15 i 7 sekund, jednak sugerowali, że połączenie powstałe z zębina kondycjonowaną w krótszym czasie może być długoczasowo trwalsze ze względu na mniejszą

degradację podłoża (23). Systemy samotrąjące eliminują etap trawienia. Stało się to możliwe dzięki wprowadzeniu komponentów mających właściwości kondycjonujące, jak np. reszty fosforanowe (20). Warstwa mazista nie jest jednak całkowicie usunięta, część zostaje włączona do powstałej warstwy hybrydowej. Systemy te posiadają wyższe pH niż kwas fosforowy, więc stanowią mniejsze ryzyko demineralizacji zębiny, co ma szczególne znaczenie w przypadku słabiej zmineralizowanych zębów mlecznych (24, 25).

W obecnych badaniach średnie wartości siły połączenia materiału kompozytowego z próbkami zębiny zębów mlecznych po aplikacji systemu samotrąjącego są znacznie niższe niż wartości uzyskane dla połączenia z próbkami zębów stałych. Kimmes i wsp. w badaniu siły połączenia materiału kompozytowego do zdrowej zębiny zębów stałych osiągnęli wartość średnio 40 MPa dla systemu Xeno V aplikowanego w rekomendowanym czasie 20 sekund, a dla systemu Opti Bond Solo Plus – 46 MPa po 15-sekundowej aplikacji. Wydłużenie czasu aplikacji obu systemów do 60 sekund spowodowało spadek siły wiązania (26). W badaniach Coursona i wsp. próbki zębiny zębów mlecznych po opracowaniu powierzchni polerką i aplikacji systemu Opti Bond Solo Plus osiągnęły wartości mediany 15 MPa w teście ścinania. Natomiast w niniejszych badaniach mediana wartości maksymalnego naprężenia po aplikacji systemu Opti Bond Solo Plus dla próbek opracowanych abrazyjnie wyniosła 1,8 MPa, a dla opracowanych wiertłem – 3,2 MPa (27).

Systemy samotrąjące działają dość powierzchownie, z powodu wyższego pH niż kwas fosforowy, jednak Margvelashvili i wsp. zaobserwowali wnikanie Xeno V (pH < 2) w kanaliki zębinowe, a powstałe kosmki były krótsze niż powstałe po zastosowaniu systemu (tech. *total-etch*) w grupie kontrolnej (28). Niektórzy autorzy, w tym Erickson i wsp., sugerują stosowanie systemów samotrąjących bez wcześniejszego wytrawiania zębiny ze względu na zwiększone ryzyko demineralizacji, w przeciwieństwie do zalecenia kondycjonowania brzegu szkliwa (29). W przeprowadzonym badaniu wyższe średnie wartości w teście

ścinania osiągnięto w przypadku próbek po aplikacji systemu samotrąjącego, prawdopodobnie ze względu na mniejszy stopień degradacji podłoża niż w przypadku systemu typu *total-etch* (29).

Badania *in vitro* nie są w stanie w pełni odzwierciedlić warunków badań klinicznych, takich jak wewnętrzne ciśnienie miazgi, ruch płynu w kanalikach zębinowych oraz trójwymiarowy kształt ubytku próchnicowego. Badania sprawdzające trwałość połączenia materiału wypełniającego z zębina, jak próby zrywania/ścinania, przeprowadzane są na wystandaryzowanych próbkach o jednolitej powierzchni. Wykonane wypełnienie ma określoną wysokość i szerokość, a połączenie obu struktur w jednej płaszczyźnie nie oddaje w pełni zachowania materiału w jamie ustnej. Ponadto, próbki materiału wykorzystywane w badaniach *in vitro* uzyskiwane są z różnej głębokości zębiny, co ma wpływ na jej przepuszczalność ze względu na różny przebieg oraz szerokości kanalików zębinowych (30). Wang i wsp. zwracają uwagę, że czynności przygotowawcze takie jak polerowanie oraz działanie substancji chemicznych mogą modyfikować powierzchnię zębiny i zmniejszać jej podatność na wytrawianie kwasem oraz prowadzić do błędnych wniosków co do jakości wytworzonych połączeń (31). Jednakże badania doświadczalne są niezbędnym etapem, dzięki któremu istnieje możliwość pomiarów (w tym przypadku siły wiązania) niemożliwych do wykonania w jamie ustnej, a przeprowadzane w sposób wystandaryzowany służą obiektywnej ocenie badanych czynników.

WNIOSKI

1. Lepsze połączenie materiału kompozytowego z powierzchnią zębiny zębów mlecznych obserwowano w przypadku zastosowania samotrąjącego systemu adhezyjnego, prawdopodobnie z powodu mniejszej demineralizacji podłoża.
2. Niższe wartości siły wiązania w teście ścinania dla próbek opracowanych abrazyjnie mogą być wynikiem obliteracji kanalików zębinowych przez cząsteczki tlenu glinu.

ADRES DO KORESPONDENCJI

*Joanna Szczepańska
Zakład Stomatologii
Wieków Rozwojowego UM
ul. Pomorska 251, 92-213 Łódź
tel.: +48 (42) 675-75-16
joanna.szczepanska@umed.lodz.pl

PIŚMIENNICTWO

1. Osorio R, Aguilera F, Otero P et al.: Primary dentin etching time, bond strength and ultra-structure characterization of dentin surfaces. *J Dent* 2010; 38: 222-231.
2. Scholtanusa JD, Purwantab K, Doganb N et al.: Microtensile bond strength of three simplified adhesive systems to caries-affected dentin. *J Adhes Dent* 2010; 12: 273-278.
3. Mithiborwala S, Chaugule V, Munshi A, Patil V: A comparison of the resin tag penetration of the total etch and the self-etch dentin bonding systems in the primary teeth: An in vitro study. *Contemp Clin Dent* 2012; 3: 158-163.
4. Shenghua W, Alireza S, Yasushi S, Junji T: Effect of caries-affected dentin hardness on the shear bond strength of current adhesives. *J Adhes Dent* 2008; 10: 431-440.
5. Krämer N, Frankenberger R: Compomers in restorative therapy of children: a literature review. *Int J Paediatr Dent* 2007; 17: 2-9.
6. Perdigão J: Dentin bonding – variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 2010; 26: e24-e37.
7. Marshall G Jr, Marshall S, Kinney J, Balooch M: The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997; 25: 441-458.

8. Sengun A, Orucoglu H, Ipekdal I, Ozer F: Adhesion of two bonding systems to air-abraded or bur-abraded human enamel surfaces. *Eur J Dent* 2008; 2: 167-175.
9. Hegde V, Khataavkar R: A new dimension to conservative dentistry: Air abrasion. *J Conserv Dent* 2010; 13(1): 4-8.
10. Alves Antunes L, Lima Pedro R, Barrôso Vieira A, Cople Maia L: Effectiveness of high speed instrument and air abrasion on different dental substrates. *Braz Oral Res* 2008; 22(3): 235-234.
11. Chinelatti M, Milori Corona S, Borsatto M et al.: Analysis of surfaces and adhesive interfaces of enamel and dentin after different treatments. *J Mater Sci: Mater Med* 2007; 18: 1465-1470.
12. Chinelatti M, Andreolli do Amaral T, Borsatto M et al.: Adhesive interfaces of enamel and dentin prepared by air-abrasion at different distances. *Appl Surf Sci* 2007; 253: 4866-4871.
13. Gray G, Carey G, Jagger D: An in vitro investigation of a comparison of bond strengths of composite to etched and air-abraded human enamel surfaces. *J Prosthodont* 2006; 15: 2-8.
14. Mascarenhas Oliveira A, Monti Lima L, Pizzolitto AC, Santos-Pinto L: Evaluation of the Smear Layer and Hybrid Layer in Noncarious and Carious Dentin Prepared by Air Abrasion System and Diamond Tips. *Microsc Res Tech* 2010; 73: 597-605.
15. Onisor I, Bouillaguet S, Krejci I: Influence of different surface treatments on marginal adaptation in enamel and dentin. *J Adhes Dent* 2007; 9: 297-303.
16. Bucholdz Teixeira Alves F, Lenzi T, Reis A et al.: Bonding of simplified adhesive systems to caries-affected dentin of primary teeth. *J Adhes Dent* 2013; 15: 439-445.
17. Nakajima M, Kunawarote S, Pransuttiporn T, Tagami J: Bonding to caries-affected dentin. *Japanese Dent Sci Rev* 2011; 47: 102-114.
18. Zanchi C, Pereira D'Avila O, Rodrigues S Jr et al.: Effect of additional acid etching on bond strength and structural reliability of adhesive systems applied to caries-affected dentin. *J Adhes Dent* 2010; 12: 109-115.
19. Mobarak E, El-Badrawy W: Microshear bond strength of self-etching adhesives to caries-affected dentin identified using the dye permeability test. *J Adhes Dent* 2012; 14: 245-250.
20. Kaaden C, Schmalz G, Powers J: Morphological characterization of the resin-dentin interface in primary teeth. *Clin Oral Invest* 2003; 7: 235-240.
21. Lenzi T, Braga M, Raggio D: Shortening the etching time for etch-and-rinse adhesives increases the bond stability to simulated caries-affected primary dentin. *J Adhes Dent* 2014; 16: 235-241.
22. Antonini Pimenta R, de Sousa Resende Penido C, de Almeida Cruz R, Bento Alves J: Morphology of the dentin on primary molars after the application of phosphoric acid under different conditions. *Braz Oral Res* 2010; 24(3): 323-328.
23. Nogueira Sardella T, Alves de Castro F, Sanabe M, Hebling J: Shortening of primary dentin etching time and its implication on bond strength. *J Dent* 2005; 33(5): 355-362.
24. Moll K, Park H, Haller B: Bond strength of adhesive/composite combinations to dentin involving total and self-etch adhesives. *J Adhes Dent* 2002; 4: 171-180.
25. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A et al.: Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010; 26: e100-e112.
26. Kimmes N, Barkmeier W, Erickson R, Lattav M: Adhesive bond strengths to enamel and dentin using recommended and extended treatment times. *Oper Dent* 2010; 35(1): 112-119.
27. Courson F, Boutern D, Ruse N, Degrange M: Bond strengths of nine current dentine adhesive systems to primary and permanent teeth. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 296-303.
28. Margvelashvili M, Goracci C, Beloica M et al.: In vitro evaluation of bonding effectiveness to dentin of all-in-one adhesives. *J Dent* 2010; 38: 106-112.
29. Erickson R, Barkmeier W, Kimmes N: Fatigue of enamel bonds with self-etch adhesives. *Dent Mater* 2009; 25: 716-720.
30. Oliveira GC, Oliveira GM, Ritter A et al.: Influence of tooth age and etching time on the microtensile bond strengths of adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent* 2012; 14: 229-234.
31. Wang Y, Spencer P, Hager C, Bohaty B: Comparison of interfacial characteristics of adhesive bonding to superficial versus deep dentine using SEM and staining techniques. *J Dent* 2006; 34: 26-34.

nadesłano: 05.02.2015

zaakceptowano do druku: 14.03.2015