

Wpływ wzrostu temperatury materiałów złożonych na jakość cementowania adhezyjnego – przegląd piśmiennictwa

Effect of the temperature increase of composite materials on the quality of adhesive cementation – review of literature

Anastazja Żuławnik, Mariusz Cierech, Magdalena Rączkiewicz

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny
Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Elżbieta Mierzwińska-Nastalska*

HASŁA INDEKSOWE:

podgrzany materiał kompozytowy, cementowanie adhezyjne, uzupełnienia pośrednie

KEY WORDS:

pre-heated composite material, adhesive cementation, indirect restorations

Streszczenie

Ze względu na obowiązujący w stomatologii pogląd maksymalnej oszczędności preparacji twardych tkanek zęba, wzrastającym zainteresowaniem cieszą się licówki czy wkłady koronowe – odbudowy pośrednie wykonywane poza jamą ustną pacjenta i osadzone na zębie za pomocą odpowiednich materiałów i procedur cementowania, które w znacznym stopniu warunkują długoczasowy sukces użytkowania tych uzupełnień. Materiały złożone stosowane do wypełnień ubytków nie mają zastosowania w procedurze cementowania licówek i wkładów koronowych, ale jak wynika z piśmiennictwa poprzez podgrzanie zyskują nowe właściwości, dzięki czemu z powodzeniem wykorzystywane są w osadzaniu stałych uzupełnień protetycznych. Podgrzanie materiału kompozytowego zwiększa jego płynność, mikrotwardość i moduł elastyczności oraz zmniejsza lepkość materiału, co ułatwia aplikację. Po zwiększeniu temperatury żywicy kompozytowej szybkość konwersji monomeru (stosunek procentowy liczby wiązań spolimeryzowanych do niespolimeryzowanych) znacznie wzrasta. Podgrzany kompozyt może być wykorzystywany podczas cementowania licówek oraz uzupełnień,

Summary

Due to the fundamental view in dentistry concerning maximally conservative preparation hard dental tissues, indirect restorations, fabricated extraorally such as veneers or inlays, onlays, overlays, are becoming increasingly popular. The factor that largely determines the long-term durability of these restorations is the choice of suitable materials and appropriate cementing procedure. Composite materials used for filling cavities, have no application for the cementing procedure but reports in literature indicate when these materials are heated they gain new properties, in which makes them perfectly suitable for cementing permanent prosthetic restorations. Pre-heating of composite material increases its fluidity, microhardness, elastic module and reduces the viscosity of the material, which facilitates its application. The degree of monomer conversion increases significantly with the increase of the composite resin temperature. Pre-heated composite can be used for cementation of veneers and restorations such as inlays, onlays, overlays, both composite and ceramic ones.

Summing up, increasing the temperature of

takich jak inlay, onlay, overlay zarówno kompozytowych, jak i ceramicznych.

Podsumowując zwiększenie temperatury materiału złożonego powoduje zwiększenie stopnia konwersji, mikrotwardości, wytrzymałości na rozciąganie, modułu elastyczności i zmniejszenie lepkości. Dodatkowo podgrzanie materiału kompozytowego nie wpływa negatywnie na stabilność i przezierność koloru. Niewiele natomiast jest doniesień porównujących jakość rozgrzanego materiału złożonego i szeroko obecnie stosowanych do osadzania uzupełnień protetycznych dualnych cementów kompozytowych.

the composite material increases the degree of conversion, microhardness, tensile strength and elastic module at the same time decreasing viscosity. In addition, pre-heating of the composite material does not adversely affect the stability and opacity of the colour. However, there are few reports comparing the quality of the pre-heated composite material with that of dual composite cements that are currently widely used for the cementation of prosthetic restorations.

Wstęp

Ze względu na obowiązujący w stomatologii pogląd maksymalnej oszczędności preparacji twardych tkanek zęba, wzrastającym zainteresowaniem cieszą się odbudowy pośrednie, takie jak licówki czy wkłady koronowe. Ze względu na stale udoskonalane materiały ceramiczne i kompozytowe oraz adhezyjny sposób osadzania tych uzupełnień stały się one w wielu przypadkach alternatywą dla konwencjonalnego zaopatrzenia ubytku za pomocą wkładów koronowo-korzeniowych i koron. Coraz częściej zastępują także rozległe uzupełnienia bezpośrednie, które mają szereg wad: skurcz polimeryzacyjny powodujący powstawanie szczeliny brzeżnej, niską odporność na ścieranie, niestabilność koloru oraz ryzyko niekontrolowanego złamania twardych tkanek zęba. Czynnikiem, który w znacznym stopniu warunkuje długoczasowy sukces użytkowania uzupełnień pośrednich jest odpowiednia procedura cementowania. Polega ona na wytworzeniu połączenia mikromechanicznego i chemicznego z tkankami zęba. Stosowane od wielu lat cementy kompozytowe charakteryzuje duża wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie oraz mała lepkość, dlatego tworzą cienką

warstwę po zacementowaniu. W cementach kompozytowych zawartość wypełniacza jest mniejsza niż w materiałach złożonych stosowanych do odbudowy twardych tkanek zęba, przez co mają one słabsze właściwości mechaniczne, większy skurcz polimeryzacyjny oraz większą ścieralność.^{1,2} Cementy te wymagają dodatkowych procedur podczas cementowania, takich jak: wytrawianie i aplikacja materiału łączącego, a także są bardzo wrażliwe na wilgoć, co powoduje wydłużenie pracy lekarza i większą czułość na popełnione błędy. Cementy kompozytowe dostępne są w formie proszek-płyn, pasta-pasta, jednorazowych kapsulek lub strzykawek i mogą być: chemoutwardzalne, światłoutwardzalne lub podwójnie utwardzalne tzw. dualne.² W przypadku materiałów chemoutwardzalnych reakcję polimeryzacji zapoczątkowuje inicjator, którym jest nadtlenuk benzoylu oraz aktywator w postaci trzeciorzędowej aminy aromatycznej (dihydroksyetylo-p-toluidyna). Proces polimeryzacji rozpoczyna się po połączeniu obu past, co zapoczątkowuje rozpad podwójnych wiązań węglowych obecnych w monomerach. Materiały światłoutwardzalne zawierają w swoim składzie fotoaktywator (kamforochinon) oraz aminę organiczną odpowiedzialną za przyspieszenie reakcji

fotopolimeryzacji.³ W przypadku materiałów dualnych proces polimeryzacji jest inicjowany niebieskim światłem widzialnym, po czym następuje polimeryzacja chemiczna przebiegająca w sposób typowy dla kompozytów chemo-utwardzalnych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku cementowania prac protetycznych, gdzie dostęp światła jest często ograniczony.^{2,4} Głównym problemem podczas cementowania adhezyjnego jest powstawanie w wyniku skurczu polimeryzacyjnego szczeliny brzeżnej zarówno pomiędzy uzupełnieniem a cementem, jak również uzupełnieniem a tkanką zęba, co powoduje powstawanie mikroprzecieku, głównie bakteryjnego. Poprawa szczelności połączenia pomiędzy cementem a tkanką zęba jest obiektem zainteresowań wielu badaczy.^{5,6}

Kompozyty stosowane do wykonywania wypełnień nie mają zastosowania w procedurze cementowania. Z piśmiennictwa wynika, że poprzez podgrzanie kompozyty te nabywają nowych właściwości, dzięki czemu z powodzeniem wykorzystywane są w osadzaniu adhezyjnym uzupełnień protetycznych. Wydaje się, że podniesienie temperatury materiału złożonego przed aplikacją jest jedną z technik poprawy szczelności brzeżnej. Podgrzanie materiału kompozytowego zwiększa jego płynność, mikrotwardość i moduł elastyczności. Dochodzi do zmniejszenia lepkości materiału, co ułatwia aplikację. Szybkość konwersji monomeru znacznie wzrasta po zwiększeniu temperatury żywicy kompozytowej.⁷⁻⁹ Podgrzany materiał pozwala na wyższą konwersję monomeru nawet przy mniejszym zużyciu energii, co pozwala skrócić czas ekspozycji na światło polimeryzacyjne do 75%.

Dzięki większej ilości wypełniacza w porównaniu do płynnych cementów dualnych następuje zmniejszenie skurczu polimeryzacyjnego, a co za tym idzie powstanie mniejszej szczeliny brzeżnej. Podgrzany kompozyt może być wykorzystywany podczas cementowania adhezyjnego licówek oraz uzupełnień, takich

jak inlay, onlay, overlay zarówno kompozytowych, jak i ceramicznych.^{2,10}

Zamierzeniem autorów pracy była analiza na podstawie piśmiennictwa zmian zachodzących we właściwościach kompozytu do wypełnień pod wpływem zwiększonej temperatury, które sprawiają, iż może być on z powodzeniem stosowany jako alternatywa dla obecnie szeroko stosowanych cementów dualnych. Elektroniczne wyszukiwanie najbardziej trafnych artykułów w języku angielskim zostało przeprowadzone w bazie Medline, Scopus i Web of science z dostępem przez PubMed. Spośród udostępnionych artykułów do analizy wybrano prace opublikowane w latach 2008-2018. Słowa klucze na podstawie, których wyszukiwano artykuły to: pre-warming composites, dental composite, cementation, onlay, degree of conversion, flexural strength, microhardness. Wszystkie analizowane artykuły przedstawiają najnowsze doniesienia na temat właściwości podgrzanego materiału kompozytowego stosowanego między innymi w procedurze cementowania adhezyjnego uzupełnień protetycznych. *Sokołowska* i wsp.⁹ w swoich badaniach użyli materiału kompozytowego Enamel Plus Hri/Micerium w kolorze szkliwnym (UE2) oraz zębinowym (UD2). Do uzyskania odpowiedniej temperatury materiał kompozytowy przed polimeryzacją ogrzewano w specjalnym urządzeniu Ena-Heat/Micerium do temperatury 39°C i 50°C (grupy badane). Grupę kontrolną stanowił materiał o temperaturze pokojowej. Wytrzymałość próbek kompozytów badano w urządzeniu do badań wytrzymałościowych Zwick-RoellZ005, wykorzystując test średnicowej wytrzymałości na rozciąganie – DTS (Diametral Tensile Strength).

Wyniki wskazują na wyższą wytrzymałość materiału kompozytowego zębinowego (43,2 MPa w temp. 39°C; 55,7 MPa w temp. 50°C) w porównaniu ze szkliwnym (35,3 MPa w temp. 39°C, 41,1 MPa w temp. 50°C). Zarówno szkliwne, jak i zębinowe próbki kompozytu

ogrzone do temperatury 50°C wykazały po polimeryzacji istotnie wyższą wytrzymałość od próbek ogrzanych do 39°C. Najmniejszą wytrzymałość wykazały próbki grupy kontrolnej.⁹ Podobne badania wytrzymałości mechanicznej przeprowadzili naukowcy z Uniwersytetu Medycznego w Iranie. Powierzchnie zujące 44 ludzkich zębów trzonowych opracowano wiertłem diamentowym z chłodzeniem wodnym i wypolerowano papierem ściernym z węglika krzemu do uzyskania płaskiej powierzchni zębiny. Zębinę wytrawiono 37% kwasem ortofosforowym i zaaplikowano system łączący Single Bond 2 zgodnie z zaleceniami producenta. Próbki zostały losowo podzielone na dwie grupy według użytego materiału kompozytowego: Filtek P60 i Filtek Z250. Każda grupa obejmowała 3 podgrupy materiałów o temperaturze 4°C, 23°C i podgrzanych do 37°C. Pomiary wytrzymałości na rozciąganie wykonano za pomocą uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej przy prędkości poprzeczki 1 mm/min. Wyniki wskazują, iż nie było istotnie statystycznych różnic w parametrze wytrzymałości na rozciąganie w podgrupach 4°C, 23°C i 37°C dla każdej z grup materiałów kompozytowych.¹¹

Z kolei *Acquaviva* i wsp. na Uniwersytecie w Sienie we Włoszech poddali badaniu cementy dualne *Variolink II*, *Calibra* i kompozyt światłoutwardzalny *Venus*. Materiały podzielono na cztery grupy badawcze: materiał *Variolink II*, materiał *Calibra*, materiał *Venus* w temperaturze pokojowej oraz materiał kompozytowy *Venus* podgrzany do temperatury 54°C. Stopień konwersji materiałów został zbadany za pomocą spektrometru *LabRam*. Zaobserwowano, iż grubość kompozytowych uzupełnień pośrednich typu onlay wpływa na stopień konwersji zarówno cementów dualnych jak i kompozytu. Im większa grubość uzupełnień typu onlay tym mniejszy stopień konwersji we wszystkich badanych grupach. Jednak w przypadku podgrzanego materiału kompozytowego stopień

konwersji nawet przy większej grubości uzupełnienia typu onlay jest większy w porównaniu z cementami dualnymi i z materiałem kompozytowym o temperaturze pokojowej.¹⁰

Podobne badania dotyczące stopnia konwersji przeprowadził *Calheiros* i wsp. Krążki z nanohybrydowego materiału kompozytowego (*Esthet X*) zostały podgrzane do 22°C, 40°C i 60°C. Stopień konwersji wyznaczono za pomocą spektroskopii. Zarówno temperatura materiału, jak i czas ekspozycji na światło polimeryzacyjne wpływają na stopień konwersji. Materiał kompozytowy o temperaturze 22°C i czasie ekspozycji na światło polimeryzacyjne 5 sek. wykazywał stopień konwersji 33,0%, a naświetlany przez 20 sek. osiągnął wartość 45,4%. Z kolei ten sam materiał podgrzany do 60°C i czasie ekspozycji 5 sek. wykazywał stopień konwersji równy 53,7% a naświetlany przez 20 sek. był wyższy i wynosił 63,4%.⁷

Współczynnik konwersji a także stabilność i przezierność koloru nanohybrydowego materiału kompozytowego (*Tetric N-ceram*, *Ivoclar/Vivadent*) przebadali *Mundim* i wsp. Przygotowano dwadzieścia siedem próbek przy użyciu matrycy teflonowej. Użyty materiał był przechowywany w określonych warunkach temperatury: 8°C, 25°C i 60°C. Po spolimeryzowaniu i wypolerowaniu odczytano bazowe pomiary koloru i przezierności przy pomocy spektrometru *PCB 6897* (*Geretsried*, *Germany*). Następnie próbki poddano przyspieszonemu procesowi starzenia przez 384 godziny (*G-UV*, *AdeximComexim*, *Brazil*). Czas ten odpowiadał ośmiu miesiącom obserwacji klinicznych. Ponownie oceniono kolor, przezierność i zbadano stopień konwersji. Wyniki wskazują, że nie ma znaczących różnic w stabilności koloru i przezierności wśród ocenianych grup badawczych. Podgrzany materiał kompozytowy do 60°C ma większy stopień konwersji (65,13%) ze statystycznie większą różnicą w porównaniu do mniejszych temperatur

(58,48% dla 8°C i 60,85% dla 25°C).¹²

Obszerne badania na temat właściwości podgrzanego kompozytu przeprowadzili *Deb* i wsp. Badaniu poddano sześć różnych kompozytów: kompozyt hybrydowy Spectrum (TPH Dentsplay), Herculite (Kerr), kompozyt z mikrowypełniaczem Heliomolar (Ivoclar), kompozyt Filtek P60, płynny kompozyt typu flow Wave SDO i kompozyt modyfikowany polikwasem (Kompomer F2000). Nieutwardzony materiał został umieszczony pomiędzy dwoma płytkami szklanymi z równomierną siłą w celu oceny grubości warstwy i płynności materiału. Skurcz polimeryzacyjny zmierzono za pomocą jednowymiarowego przetwornika kontaktowego. Wytrzymałość na zginanie określono za pomocą trzypunktowego testu zginania. Mikroprzeciek oceniono badając próbki w skaningowym mikroskopie elektronowym (TSM, USA). Cytokompatybilność analizowano za pomocą testu proliferacji komórek erdoks Bluealamar. Płynność materiału, wielkość skurczu olimeryzacyjnego, odporność na zginanie, mikroprzeciek i cytotoksyczność zostały ocenione w 22°C i 60°C. Badania wykazały, że grubość warstwy materiału jest znacząco niższa w 60°C, natomiast wielkość skurczu polimeryzacyjnego w tych warunkach jest większa. Analiza mikroprzecieku i cytotoksyczności wykazała, że wstępne ogrzewanie materiałów nie miało istotnego wpływu na otrzymane wyniki.⁸

Właściwości mechaniczne podgrzanego kompozytu badali również *Mohammadi* i wsp. Do badań zakwalifikowano dwa różne materiały kompozytowe: na bazie siloranu (Silorane) i na bazie metakrylanu (Z250). Materiały zostały podgrzane do różnych temperatur: 25°C, 37°C i 68°C, a następnie były testowane za pomocą odpowiednich urządzeń według przyjętych protokołów. Oceniony został moduł elastyczności, odporność na rozciąganie i mikro-twardość. Mikrotwardość i moduł sprężystości wzrosły wraz z podgrzaniem, podczas gdy

wartości wytrzymałości na zginanie nie zwiększyły się po podgrzaniu materiału kompozytowego.¹³

Podsumowanie

Powyższy przegląd piśmiennictwa może być przydatny dla lekarzy klinicystów, którzy szukają alternatywy dla dualnych cementów kompozytowych w procedurze cementowania adhezyjnego pośrednich uzupełnień protetycznych. Badania wielu autorów wskazują, że podgrzany materiał złożony stosowany do wypełnień ma większą wytrzymałość mechaniczną w porównaniu z cementami dualnymi. Wytrzymałość mechaniczna materiałów kompozytowych, w tym również cementów zależy od stopnia konwersji żywicy, czyli stosunku procentowego liczby wiązań przereagowanych (spolimeryzowanych) do nieprzereagowanych (niespolimeryzowanych). Zwiększenie temperatury materiałów złożonych przyspiesza reakcję ich polimeryzacji, co zwiększa stopień konwersji żywicy i ich właściwości użytkowe. Z drugiej strony należy pamiętać, iż zwiększenie stopnia konwersji powoduje zwiększenie wielkości skurczu polimeryzacyjnego, a co za tym idzie możliwość powstawania przecieku bakteryjnego. Na skurcz polimeryzacyjny danego materiału oprócz wspomnianego stopnia konwersji wpływa także procentowy udział wypełniacza. Brak jest doniesień porównujących skurcz polimeryzacyjny dostępnych na rynku cementów dualnych typu flow o zmniejszonej ilości wypełniacza w porównaniu do podgrzanego kompozytu. Trudno zatem ocenić zastosowanie jakiego materiału niesie za sobą mniejsze ryzyko powstania szczeliny brzeżnej. W przypadku uzupełnień pośrednich typu inlay, onlay, overlay znaczenie ma również grubość uzupełnienia. Im jest ona większa tym mniejszy jest stopień konwersji materiału cementującego. Jednak w przypadku podgrzanego materiału złożonego stopień konwersji nawet przy

większej grubości uzupełnienia jest większy w porównaniu z cementami dualnymi i z materiałem złożonym w temperaturze pokojowej.¹⁴ Można zatem wnioskować, iż podgrzany materiał złożony osiąga pełniejszą polimeryzację w trudniejszych warunkach oświetlenia w porównaniu z cementem dualnym, który powinien przewyższyć go dodatkowo polimeryzacją chemiczną. Z badań *Sokołowskiej* i wsp. wynika, iż podgrzany materiał złożony zębinowy ma większą wytrzymałość mechaniczną w porównaniu z materiałem szkliwnym. Wytłumaczeniem tego mogą być różnice w składzie materiałów, tzn. ilości i jakości wypełniacza, co przy różnicach ich właściwości optycznych może pociągać za sobą różnice w sposobie aktywacji polimeryzacji i wytrzymałości mechanicznej.⁹ Autorzy zauważyli również, iż podgrzanie materiału złożonego powoduje wzrost mikrotwardości, co powoduje większą odporność mechaniczną na działające siły w jamie ustnej. Dodatkowo, im większa twardość materiału cementującego tym większa odporność na ścieranie, a co za tym idzie mniejszy stopień wyplukiwania materiału pomiędzy uzupełnieniem a tkanką zęba, co skutkuje mniejszą szczeliną brzezną.¹⁴ Przedstawione badania dowodzą, że podgrzanie materiału złożonego nie wpływa na zmianę koloru i przezierności, co ma znaczenie dla utrzymania długoczasowego efektu estetycznego.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy można wnioskować, że podgrzany materiał złożony stosowany do wypełnień ubytków zyskuje właściwości, które pozwalają na stosowanie go z powodzeniem jako alternatywę dla dualnych cementów kompozytowych w procedurze adhezyjnego cementowania pośrednich uzupełnień kompozytowych i ceramicznych.

Niewiele jest doniesień porównujących podgrzany materiał złożony i szeroko obecnie stosowane do osadzania uzupełnień protetycznych

dualne cementy kompozytowe, co dyktuje potrzebę dalszych badań w tym zakresie.

Piśmiennictwo

1. *Naumova EA, Ernst S, Schaper K, Arnold WH, Piwowarczyk A*: Adhesion of different resin cements to enamel and dentin. *Dent Mater J* 2016; 35(3): 345-352.
2. *D'Arcangelo C, Vanini L, Casinelli M, Frascaria M, De Angelis F, Vadini M, et al.*: Adhesive Cementation of Indirect Composite Inlays and Onlays: A Literature Review. *Compend Contin Educ Dent* 2015; 36(8): 570-577.
3. *Bachanek T, Misiakowska E*: Zmiany dotyczące składu i właściwości wybranych materiałów kompozytowych. *Mag Stom* 2014; 1: 104-109.
4. *Mazurek K, Mierzwińska-Nastalska E, Molak R, Pakieła Z, et al.*: Pomiar wytrzymałości cementów stosowanych do połączenia licówek ceramicznych z tkankami zęba. *Protet Stom* 2011; LXI: 277-284.
5. *Rohr N, Fischer J*: Tooth surface treatment strategies for adhesive cementation. *J Adv Prosthodont* 2017; 9(2): 85-92.
6. *Morais A, Santos AR, Giannini M, Reis AF, Rodrigues JA, Arrais CA*: Effect of pre-heated dual-cured resin cements on the bond strength of indirect restorations to dentin. *Braz Oral Res* 2012; 26(2): 170-176.
7. *Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR*: Effect of temperature on composite polymerization stress and degree of conversion. *Dent Mater* 2014; 30(6): 613-618.
8. *Deb S, Di Silvio L, Mackler HE, Millar BJ*: Pre-warming of dental composites. *Dent Mater* 2011; 27(4): 51-59.
9. *Sokołowska J, Masre N, Domarecka M, Sokołowski J*: Wpływ temperatury polimeryzacji na wytrzymałość materiałów kompozytowych 2010; 47(2): 153-159.
10. *Acquaviva PA, Cerutti F, Adami G, Gagliani*

- M, Ferrari M, Gherlone E, et al.*: Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: a micro-Raman analysis. *J Dent* 2009; 37(8): 610-615.
11. *Davari A, Daneshkazemi A, Behniafar B, Sheshmani M*: Effect of Preheating on Microtensile Bond Strength of Composite Resin to Dentin. *J Dent (Tehran)* 2014; 11(5): 569-575.
12. *Mundim FM, Garcia LaF, Cruvinel DR, Lima FA, Bachmann L, Pires-de-Souza FeC*: Color stability, opacity and degree of conversion of pre-heated composites. *J Dent* 2011; 39 Suppl 1: 25-29.
13. *Mohammadi N, Jafari-Navimipour E, Kimyai S, Ajami AA, Bahari M, Ansarin M*: Effect of pre-heating on the mechanical properties of silorane-based and methacrylate-based composites. *J Clin Exp Dent* 2016; 8(4): 373-378.
14. *Fróes-Salgado NR, Silva LM, Kawano Y, Francci C, Reis A, Loguercio AD*: Composite pre-heating: effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. *Dent Mater* 2010; 26(9): 908-914.

Zaakceptowano do druku: 26.09.2019 r.

Adres autorów: 02-097 Warszawa, ul. Binieckiego 6.

© Zarząd Główny PTS 2019.