

**lek. dent. Anastazja Skąpska**

**Analiza porównawcza wybranych właściwości wstępnie ogrzanego  
materiału złożonego i dualnych materiałów kompozytowych stosowanych  
w procedurze adhezyjnego cementowania**

**Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu  
w dyscyplinie nauki medyczne**

Promotor: prof. dr hab. n. med. Elżbieta Mierzwińska-Nastalska

Promotor pomocniczy: dr n. med. Mariusz Cierech

Katedra Protetyki Stomatologicznej

Wydział Lekarsko-Stomatologiczny



Obrona rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych  
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2023

## 8. Streszczenie w języku polskim

Długoczasowe użytkowanie stałych uzupełnień protetycznych zależy od wielu czynników: właściwego doboru materiału, przygotowania filaru zęba, wykonania precyzyjnego wycisku, a następnie prawidłowo przeprowadzonej procedury cementowania. Procedura cementowania jest jedną z najbardziej zaawansowanych technik w stomatologii odtwórczej. W pracy klinicznej można wyróżnić cementowanie konwencjonalne oraz adhezyjne. W przypadku cementowania konwencjonalnego wykorzystuje się przede wszystkim retencję mikromechaniczną, w mniejszym stopniu natomiast retencję opartą na wiązaniach chemicznych. Obecnie najczęściej stosowane są tu cementy glassjonomerowe, cementy glassjonomerowe modyfikowane żywicą oraz coraz rzadziej cementy cynkowo-poliakrylowe. Są to materiały, które nie wymagają bezwzględnej izolacji pola zabiegowego przy pomocy koferdamu, a siła połączenia z tkankami zęba wynosi 10-20 MPa. Główną wadą tych materiałów jest brak silnego, opartego na wiązaniach chemicznych, połączenia ze szkliwem i zębina, co jest jednym z warunków długoczasowego sukcesu w leczeniu protetycznym. Połączenie takie jest możliwe i stale udoskonalane w przypadku zastosowania cementów adhezyjnych. Są to materiały kompozytowe składające się z polimerowej matrycy i cząsteczek wypełniacza. W porównaniu do materiałów kompozytowych stosowanych w stomatologii odtwórczej zawierają zmniejszoną ilość wypełniacza, co zapewnia odpowiednią konsystencję i lejność cementu, umożliwiając tworzenie cienkich warstw nawet do 13  $\mu\text{m}$ . Pozwala to na precyzyjne umiejscowienie uzupełnienia na filarze, szczególnie w sytuacjach odbudowy wykonywanej w technologii CAD/CAM. Zmniejszona ilość wypełniacza niesie za sobą także negatywne skutki w postaci pogorszenia właściwości mechanicznych cementu. Ma to zasadnicze znaczenie dla szczelności połączenia ząb-cement oraz cement-materiał odtwórczy, które są stale poddawane cyklicznym odkształceniom w jamie ustnej, siłom ściskającym i rozciągającym. Od dawna podejmowane były próby zwiększenia lejności materiałów kompozytowych w sposób inny niż zmniejszanie procentowego udziału wypełniacza. Metodą najczęściej stosowaną jest wstępne podgrzanie materiału kompozytowego stosowanego do tej pory tylko w stomatologii zachowawczej. Umożliwia to wytworzenie tak pożądanej w procedurze

cementowania cienkiej warstwy materiału z zachowaniem wysokich parametrów wytrzymałościowych cementu. Co więcej, jest możliwe użycie dowolnego systemu łączącego z tkankami zęba, w tym systemów 4 generacji, które są obecnie uznawane za najbardziej przewidywalne, a siła połączenia z tkankami zęba może sięgać nawet 35 MPa. Wysoka wartość wiązania z tkankami zęba ma szczególne znaczenie w obecnym już od wielu dekad trendem minimalnej inwazyjności i maksymalnej oszczędności tkanek zęba. Uzupełnienia, takie jak licówki czy wkłady koronowe, a w szczególności te wykonane w technologii *flat overlay*, nie posiadają kształtu retencyjnego. Siła retencji uzupełnienia na filarze w głównej mierze zależy od procedury cementowania i uzyskania trwałego połączenia adhezyjnego. Zasadne zatem wydają się badania nad zastosowaniem wstępnie podgrzanego kompozytu w procedurze adhezyjnego cementowania, tym bardziej, że obecnie nie są dostępne prace nad porównaniem cementów adhezyjnych i wstępnie podgrzanego materiału kompozytowego do osadzania stałych uzupełnień protetycznych.

### **Cel pracy**

Nadrzędnym celem pracy była analiza porównawcza wybranych właściwości fizykochemicznych wstępnie ogrzanych materiałów złożonych i dualnych cementów kompozytowych stosowanych w procedurze adhezyjnego cementowania. W związku z tym zaplanowano cele szczegółowe pracy dla porównania wstępnie ogrzanych materiałów złożonych i dualnych cementów kompozytowych:

1. Analiza wytrzymałości na ściskanie.
2. Analiza modułu elastyczności.
3. Analiza średnicowej wytrzymałości na rozciąganie
4. Analiza wytrzymałości na zginanie.
5. Analiza mikrotwardości.

### **Materiał i metody**

Z przezroczystej masy silikonowej Elite Glass (Zhermack, Rovigo, Włochy) przygotowano formy polimeryzacyjne z przestrzenią na materiał. Prototypem przyszłych próbek była metalowa forma o odpowiednim kształcie dla każdego badania. Do badania wytrzymałości na ściskanie, średnicowej wytrzymałości na

rozciąganie i mikrotwardości metalowa forma miała kształt walca o wymiarach 3 mm średnicy i 5 mm wysokości. Do badania wytrzymałości na zginanie forma miała kształt belki o wymiarach 2x4 mm. Metalowe formy zostały odcisnięte w przezroczystej masie silikonowej. Tak przygotowane formy układano na metalowej podstawie na paseczkach celulooidowych, które tworzyły podstawę form polimeryzacyjnych. Formy wypełniano materiałem, pokrywano od góry paseczkiem celulooidowym i za pomocą podstawowego szkiełka mikroskopowego wyrównywano powierzchnię materiału. Materiały kompozytowe przed polimeryzacją ogrzewano w urządzeniu Ena-Heat (Micerium, Avegno, Włochy) do temperatury 50° Celsjusza. Materiał polimeryzowano światłem lampy polimeryzacyjnej LED C01-C Premium Plus (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) przez 20 s, w bezpośrednim kontakcie światłowodu z powierzchnią paseczka celulooidowego. Przygotowane próbki poddano polerowaniu w celu wyrównania powierzchni. Zastosowano papiery ściernie o zmniejszającej się granulacji (od 120 do 600) i specjalne szablony metalowe, które zapewniały równoległość powierzchni. Łącznie wykonano 288 próbek: po 48 próbek dla każdego z materiałów.

Badania wytrzymałościowe zostały przeprowadzone w Katedrze Zaawansowanych Materiałów i Technologii Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie. Badanie wytrzymałości na ściskanie, średnicowej odporności na rozciąganie i wytrzymałości na zginanie przeprowadzono przy pomocy maszyny hydraulicznej Instron 8501. Do badań mikrotwardości wykorzystano twardościomierz Shimadzu typ M (Shimadzu Corporation, Kioto, Japan).

## **Wyniki**

Badanie statycznej próby ściskania (CS) prowadzono do czasu zniszczenia próbki w maszynie wytrzymałościowej. W czasie próby ściskania zarejestrowano zależność siły ściskającej od skrócenia próbki. Najwyższe wartości CS, znacznie odbiegające od reszty wyników uzyskał wstępnie podgrzany materiał kompozytowy Enamel Plus Hri 429,4 MPa (SD=13,9). Wynik ten jest istotny statystycznie względem każdego innego badanego materiału. Z kolei wśród cementów adhezyjnych najwyższy wynik uzyskał cement Rely X U200 Automix 297,3 MPa (SD=8,07). Wyniki na podobnym poziomie (brak

istotności statystycznej) uzyskano dla Variolink Esthetic DC 282,07 MPa (SD=12,33) oraz Multilink Automix 279 MPa (SD=11,65).

Na podstawie wyników wytrzymałości na ściskanie obliczono moduł elastyczności dla każdej próbki. Najwyższe wartości modułu elastyczności osiągnęły wstępnie podgrzane materiały kompozytowe. Enamel Plus HRi uzyskał wynik 8,6 GPa (SD=0,3). Spośród cementów kompozytowych najwyższy wynik uzyskał materiał Rely X U200 Automix 5,66 GPa (SD=0,2). Spadek wartości modułu elastyczności pomiędzy Enamel Plus HRi a Rely X U200 Automix wynosił 34,19%.

Najwyższe wartości średnicowej odporności na rozciąganie charakteryzowały materiały kompozytowe wstępnie podgrzane. Wszystkie różnice między grupami były istotne statystycznie, oprócz Enamel Plus Hri i Multilink Automix. Najwyższą wartość uzyskał materiał Gradia Direct 54,73 MPa (SD=2,7). Analizując wartości uzyskane w grupie cementów adhezyjnych, najwyższy średni wynik uzyskał cement Multilink Automix 47,18 MPa (SD=2,76) i był on na podobnym poziomie co Enamel Plus Hri (brak istotności statystycznej).

W wyniku statycznej próby zginania (FS) zarejestrowano siłę zginającą, działającą prostopadle do próbki, w funkcji ugięcia. W grupie wstępnie podgrzanych materiałów kompozytowych najwyższe wartości wytrzymałości na zginanie charakteryzowały materiał Enamel Plus Hri. Średnia wartość wyniosła 130,24 MPa (SD = 6) i była ona istotna statystycznie względem wszystkich pozostałych materiałów. Podczas gdy, badane cementy kompozytowe charakteryzowały się niższymi wartościami parametru FS w porównaniu do wstępnie podgrzanych materiałów złożonych. Różnica pomiędzy materiałem Enamel Plus HRi a cementem Rely X U200 Automix wyniosła 48,95 MPa co stanowi spadek wytrzymałości na zginanie o 38%. Porównując Enamel Plus HRi z cementem Multilink Automix, który uzyskał najwyższą wartość parametru FS wśród cementów kompozytowych spadek ten wyniósł 28%.

Podczas badania mikrotwardości wszystkie próbki zostały przebadane w trzech miejscach pomiarowych a następnie wyliczono średnią arytmetyczną, która stanowiła końcowy wynik. W grupie podgrzanych materiałów kompozytowych wszystkie różnice w wynikach były istotne statystycznie. Najwyższą wartość pomiaru mikrotwardości uzyskał wstępnie podgrzany

materiał kompozytowy Enamel Plus Hri. Średnia wartość wynosiła 103,04 HV (SD=2,72). Spośród cementów kompozytowych najniższy wynik mikrotwardości charakteryzował Variolink Esthetic DC 45,1 HV (SD=2,02). W grupie cementów kompozytowych spadek wartości mikrotwardości pomiędzy najwyższą a najniższą wartością (Rely X U200 a Variolink Esthetic DC) wynosił 26,47%. Z kolei spadek wartości pomiędzy Enamel Plus Hri a Rely X U200 wynosił 40,48%.

## **Wnioski**

Analiza uzyskanych w badaniach wyników pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wraz ze wzrastającymi parametrami wytrzymałościowymi podgrzanych materiałów kompozytowych w porównaniu do cementów adhezyjnych, można spodziewać się większej odporności na siły ściskające i rozciągające działające w układzie zęb-cement-biomateriał, a tym samym dłuższej żywotności wykonanych rekonstrukcji protetycznych.
2. Uzyskane wyniki modułu elastyczności wstępnie podgrzanego materiału kompozytowego, bardzo zbliżone do wartości charakteryzujących zębinę, pozwalają sądzić, że będzie on mógł sprostać naprężeniom powstającym podczas czynności żucia.
3. Zwiększona wytrzymałość na zginanie podgrzanych materiałów kompozytowych, może wpływać na większą wytrzymałość mechaniczną na działanie sił zgniatających, występujących w układzie zębowo-zębowym.
4. Ze względu na wyższe wartości parametru mikrotwardości, a tym samym stopnia konwersji wstępnie podgrzanych materiałów kompozytowych w stosunku do cementów adhezyjnych, spodziewane jest mniejsze ryzyko nieszczelności brzeżnej w układzie zęb-cement oraz cement-uzupełnienie pośrednie i rozwoju próchnicy wtórnej między tkanką zęba a uzupełnieniem.
5. Wstępnie podgrzany materiał kompozytowy ze względu na korzystniejsze właściwości mechaniczne może stanowić alternatywę dla cementów

kompozytowych stosowanych w procedurze adhezyjnego osadzania uzupełnień pośrednich.

6. Podczas cementowania uzupełnień protetycznych na filarach o kształtach nieretencyjnych (licówki, flat overlay) podgrzany materiał kompozytowy może być uzasadnionym wyborem w odróżnieniu od cementów kompozytowych, wykazujących słabsze siły wiązania z tkankami zęba.
7. W przypadkach stwierdzonych parafunkcji zwarciovych, do cementowania uzupełnień pośrednich, wskazane jest zastosowanie wstępnie podgrzanego materiału kompozytowego, ze względu na lepsze właściwości mechaniczne w porównaniu do cementów adhezyjnych.