

lek. dent. Marcin Szerszeń

**Ocena właściwości fizykochemicznych zębiny poddanej
obróbce strumieniowo-ściernej oraz jej wpływ
na wiązanie z cementem protetycznym**

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

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

Katedra Protetyki Stomatologicznej
Wydział Lekarsko-Stomatologiczny



Obrona rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2021

Wstęp

Zabiegi z zakresu protetyki stomatologicznej, od początków rozwoju tej specjalności, były nierozdzielnie związane z postępowaniem dokonywanym się w obszarze materiałów odtwórczych, protokołów postępowania klinicznego oraz szeroko rozumianej techniki dentystycznej. Uzupełnienia protetyczne w postaci długoczasowych odbudów cementowanych do powierzchni zmineralizowanych tkanek zębów są powszechnie wykorzystywane przez lekarzy praktyków jako rozwiązania umożliwiające rekonstrukcję prawidłowej funkcji układu stomatognatycznego, a przy wyborze wysoko estetycznych materiałów, odtworzenie również naturalnego wyglądu zębów. Panujące w jamie ustnej niekorzystne czynniki środowiska w zdecydowanej większości nie wykazują destrukcyjnych właściwości co do samych, obecnie stosowanych materiałów odbudowujących. Jednak pomimo dokładnie poznanych zjawisk zachodzących podczas procesów adhezyjnego cementowania, połączenie materiału rekonstrukcyjnego z tkankami zęba wydaje się wyzwaniem, w którym odpowiednie przygotowanie powierzchni cementowanych jest kluczowe. Wypracowanie precyzyjnych procedur laboratoryjno-klinicznych w celu wytworzenia odpowiedniej retencji uzupełnień protetycznych pozostaje tematem aktualnym oraz chętnie poruszonym przez badaczy z całego świata.

Stomatologiczna abrazja powietrzna jest stosunkowo prostą techniką preparacji ubytków wykorzystującą strumień powietrzno-ścierny, który uderzając w powierzchnię opracowywaną powoduje jej zmianę strukturalną uzależnioną od przyjętych parametrów obróbkowych, takich jak ciśnienie rzutowe czy rodzaj wykorzystywanego ścierniwa. W ostatnich latach na rynku stomatologicznym pojawiły się narzędzia, opisywane jako mikropiaskarki abrazyjne, które również wykorzystują technikę tak zwanego kinetycznego opracowania tkanek zębów. Ze względu jednak na charakterystykę działania oraz budowę tego rodzaju narzędzi, efekt preparacji zmineralizowanych tkanek zębów jest inny niż w przypadku klasycznych piaskarek abrazyjnych. Wykorzystanie mikropiaskarek jako dodatkowego urządzenia w procedurze opracowania zębów, oprócz preparacji wiertłami, w celu końcowego zoptymalizowania powierzchni nie jest szeroko stosowaną metodą. W świetle powyższego, podjęcie badań dotyczących wpływu techniki strumieniowo-ścierniej z wykorzystaniem mikropiaskarek abrazyjnych na powierzchnię zębiny oraz wpływu takiej metody opracowania na siłę wiązania z samoadhezyjnym cementem protetycznym wydaje się uzasadnione.

Cel pracy

Celem ogólnym pracy jest próba uzyskania danych, udokumentowanych badaniami, odnośnie wpływu abrazji powietrznej na właściwości zębiny oraz na jakość jej połączenia z samoadhezyjnymi kompozytowymi materiałami cementującymi. W związku z tym zaplanowano szczegółowe cele pracy:

1. Analiza mikrogeometrii powierzchni zębiny poddanej mikroabrazji powietrznej.
2. Analiza składu chemicznego zębiny poddanej technice mikroabrazji powietrznej.
3. Ocena zmian kąta zwilżania oraz swobodnej energii powierzchniowej zębiny poddanej mikroabrazji powietrznej.
4. Analiza wpływu rodzaju preparacji zębiny na wytrzymałość mechaniczną połączenia z samoadhezyjnym cementem kompozytowym.

Materiał i metody

W przeprowadzonych badaniach wykorzystywano 90 ludzkich trzecich zębów trzonowych, częściowo zatrzymanych lub całkowicie wyrzniętych, wolnych od procesów próchnicowych i bez wypełnień stomatologicznych, usuniętych ze wskazań ortodontycznych lub chirurgicznych. Każdy ząb był opracowywany wiertłem z nasypem diamentowym w około 1/3 wysokości korony klinicznej. Celem tak przyjętego protokołu postępowania było odsłonięcie jak największej powierzchni zębiny. Tak przygotowane zęby osadzano w żywicy epoksydowej oraz poddawano polerowaniu wodoodpornym papierem ściernym o gradacji P120, następnie P600 (oznaczenie wg FEPA). Materiał został podzielony na trzy randomizowane, równoliczne zbiory próbek A, B oraz C. Grupy A i B poddano obróbce strumieniowo-ściernej przy pomocy mikropiaskarki abrazyjnej (Microetcher IIa, Danville Materials, USA), z wykorzystaniem dwóch gradacji ścierniwa tlenku glinu Al_2O_3 (grupa A – ścierniwo o gradacji 50 μm , grupa B – ścierniwo o gradacji 27 μm). Grupa C stanowiła grupę kontrolną.

Do analizy mikrogeometrii powierzchni zębiny poddanej mikroabrazji powietrznej zakwalifikowano po pięć próbek z każdej grupy A, B i C. W pierwszej kolejności próbki obrazowano za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego (Ultra Plus, Zeiss, Niemcy) uzyskując 60 obrazów mikroskopowych (po 20 dla każdej z grup). Badanie tego rodzaju miało dostarczyć informacji odnośnie ewentualnych zmian charakterystyki powierzchni zębiny. Drugą część badania stanowiło obrazowanie topografii warstwy wierzchniej zębiny próbek zarejestrowane za pomocą

cyfrowego mikroskopu (VHX-7000, Keyence, Belgia). Uzyskane w ten sposób obrazy były eksportowane w postaci trójwymiarowych rekonstrukcji warstwy wierzchniej i poddawane analizie profilometrycznej. Dane pozyskane z analizy były zapisywane w postaci parametrów Ra oraz Rz i miały dostarczyć informacji na temat ewentualnych zmian charakterystyki chropowatości zębiny poddanej metodzie strumieniowości. Każda próbka poddawana była trzykrotnej liniowej analizie chropowatości uzyskując łącznie 3 serie danych po 15 składowych.

W analizie składu chemicznego zębiny poddanej technice mikroabrazji powietrznej wykorzystywano badanie skaningowym mikroskopem elektronowym z systemem EDS (rentgenowskiej spektroskopii energodispersyjnej). Do tej części badania zakwalifikowano po 3 próbki z każdej z grup badanych, a miejsca analizowane były wybierane losowo w obrębie zębiny, uzyskując co najmniej trzy obrazy dla każdej z badanych próbek. W badaniu wykorzystano opcję mapowania pierwiastkowego z wyszczególnieniem obrazowania pierwiastków: glinu, wapnia i fosforu. Obserwacje tego rodzaju miały dostarczyć informacji na temat ewentualnych zmian pierwiastkowych w obrębie zewnętrznej warstwy zębiny poddanej obróbce strumieniowości w postaci mikroabrazji powietrznej.

W badaniu wytrzymałości połączenia zębiny poddanej mikroabrazji powietrznej z samoadhezyjnym cementem kompozytowym wykorzystywano statyczne testy ścinania. Do tego etapu badania zakwalifikowano 75 próbek (25 próbek z każdej z grupy A, B i C). W celu przeprowadzenia testów wytrzymałościowych, do wypreparowanych powierzchni zębiny, za pomocą specjalnie skonstruowanego przez autora narzędzia - BMS1, cementowano analogi uzupełnień protetycznych w postaci walców samoadhezyjnego kompozytowego materiału Maxcem Elite (Kerr, USA) o wymiarach: 4 mm średnicy oraz 2-3mm wysokości. Dokonano 75 testów ścinania (SBS – *shear bond strength*) wykorzystując uniwersalne urządzenie testujące Zwick/Roell Z005 (ZwickRoell GmbH, Niemcy) z założoną prędkością przesuwu trawersy – 1mm/min. Badanie miało dostarczyć informacji na temat siły potrzebnej do odcementowania analogów uzupełnień od powierzchni zębiny dla 3 grup próbek A, B i C.

Do badania pomiarów kąta zwilżania oraz wyznaczania swobodnej energii powierzchniowej zakwalifikowano po 5 próbek z każdej grupy (A, B i C). Badanie było wykonywane przy pomocy goniometru DSA 25B (Krüss GmbH, Niemcy). Kąt zwilżania był mierzony metodą kropli posadowionej dla trzech rodzajów cieczy

(1-bromonaftalen, diiodometan, woda dejonizowana) nanoszonych na wypreparowaną zębinę. Swobodna energia powierzchniowa była obliczana na podstawie wyników kąta zwilżania przy wykorzystaniu wody destylowanej (metoda obliczania wg *Roberson*) oraz przy wykorzystaniu 3 cieczy badawczych (metoda O-W-R-K – *Owens-Wendt-Rabel-Kaelble*). Badania tego typu miały dostarczyć informacji na temat ewentualnych zmian w kątach zwilżania oraz swobodnej energii powierzchniowej zębiny poddanej metodzie strumieniowo-ścierniej w postaci mikroabrazji powietrznej.

Wyniki

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż obróbka strumieniowo-ścierna w postaci mikroabrazji powietrznej znacznie zmienia charakterystykę zębiny niezależnie od użytej gradacji ścierniwa tlenku glinu. Uzyskane obrazy mikroskopowe ukazują zmodyfikowaną powierzchnię warstwy mazistej zębiny w postaci pofałdowania, licznych zagłębień i wyżłobień o nieregularnych kształtach i wielkościach w obu grupach badawczych w porównaniu do grupy kontrolnej charakteryzującej się stosunkowo jednorodną powierzchnią. W grupie poddanej działaniu ścierniwa Al_2O_3 o gradacji $50\ \mu m$ można było zauważyć obszary pozbawione warstwy mazistej z licznymi otworami wielkości $0,3 - 1,5\ \mu m$ odpowiadającymi odsłoniętym ujściom kanalików zębinowych.

Z dokonanych badań wynika, iż zębina poddana piaskowaniu mikroabrazijnemu, niezależnie od wielkości ziaren ścierniwa charakteryzuje się wielokrotnie większymi parametrami chropowatości R_a i R_z w porównaniu do zębiny próbek z grupy kontrolnej. Przeprowadzone badanie profilometryczne wykazało, iż grupa poddana mikroabrazji powietrznej z wykorzystaniem ścierniwa tlenku glinu o gradacji $27\ \mu m$ charakteryzowała się największymi wartościami chropowatości zarówno wg parametru R_a jak i R_z . Różnice pomiędzy grupami zarówno w aspekcie parametru R_a jak i R_z były istotne statystycznie.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że mikroabrazja powietrzna wykorzystująca zarówno tlenek glinu o gradacji ziarna $27\ \mu m$ jak i $50\ \mu m$, pozostawia na tkance zębinowej/warstwie mazistej zębiny drobiny ścierniwa o różnej wielkości i kształcie, które osadzają się lub wbijają w jej powierzchnię. Badanie mapowania pierwiastkowego ukazało obecność skupisk glinu na wszystkich zobrazowanych

powierzchniach zębiny grup A i B. Nie zauważono kanonu czy wzorca odnośnie rozmieszczenia oraz ilości drobin ścierniwa na uwidocznionych obszarach.

Przeprowadzone testy ścinania ukazały, że obróbka strumieniowo-ścierna w postaci mikroabrazji powietrznej, zarówno przy wykorzystaniu ścierniwa tlenku glinu o gradacji ziarna 27 μm jak i 50 μm ponad dwukrotnie zwiększyła siłę potrzebną do odcementowania krążków samoadhezyjnego cementu kompozytowego od powierzchni zębiny w porównaniu do próbek nie poddanych temu rodzajowi preparacji. Największą medianę wytrzymałości na ścinanie uzyskano dla grupy poddanej piaskowaniu mikroabrazyjnemu Al_2O_3 o wielkości partykuł 27 μm (grupa B) - wynosiła ona 6,25 MPa a różnica była istotna statystycznie w porównaniu do wyników grupy kontrolnej. Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy pomiędzy grupami badanymi A i B.

Analiza kąta zwilżania powierzchni zębiny wykazała, iż mikroabrazja powietrzna powoduje zmianę zwilżalności zębiny niezależnie od gradacji ziarna piaskującego. Różnice pomiędzy wszystkimi badanymi grupami, bez względu na rodzaj użytego roztworu do wyznaczania statycznego kąta zwilżania, były istotne statystycznie, jednak największe różnice zaobserwowano pomiędzy grupą kontrolną a grupą badaną B. W ocenie swobodnej energii powierzchniowej, zarówno dla metody opierając się na obliczeniach według wzoru dla kąta zwilżania wodą dejonizowaną, jak i w metodzie O-W-R-K, uzyskano istotne statystycznie różnice pomiędzy wszystkimi grupami badania. Wyniki świadczą o zwiększeniu energii powierzchniowej zębiny, poddanej obróbce strumieniowo-ścierniej w postaci mikroabrazji powietrznej, niezależnie od użytej gradacji ścierniwa tlenku glinu.

Wnioski

Analiza uzyskanych w badaniach wyników pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Opracowanie tkanki zębinowej przy pomocy mikroabrazji powietrznej powoduje modyfikację jej struktury wierzchniej w postaci zmian mikrogeometrycznych powierzchni zębiny lub warstwy mazistej zębiny.
2. Mikroabrazja powietrzna powoduje zwiększenie parametrów chropowatości i przyczyniając się do rozwinięcia powierzchni powiększa pole przylegania materiału cementującego do zębiny wpływając pozytywnie na mikromechaniczne zakotwiczenie podczas procedur adhezyjnego cementowania uzupełnień protetycznych.

3. Ścierniwo tlenku glinu wykorzystane w zabiegu piaskowania mikroabrazyjnego powodowało zmiany składu chemicznego wierzchniej warstwy zębiny, co nie wpływa negatywnie na połączenie zębiny z materiałem cementującym.
4. Obróbka strumieniowo-ścierna w postaci mikroabrazji powietrznej powoduje zwiększenie zwilżalności oraz swobodnej energii powierzchniowej zębiny, dlatego procedura ta może być stosowana jako zabieg poprawiający rozprószanie cementów protetycznych na powierzchni zębiny.
5. Zabieg mikroabrazji powietrznej z wykorzystaniem tlenku glinu o gradacji 27 μm , poprzez wieloczynnikową pozytywną reorganizację powierzchni poddanej obróbce, zwiększa siłę połączenia zębiny z samoadhezyjnym cementem protetycznym i może być polecany jako zabieg optymalizujący powierzchnię opracowanej zębiny do procedur adhezyjnego cementowania uzupełnień protetycznych.

Marcin Szerszeń
lekarz dentysta
3206429



prof. dr hab.
Elżbieta Mierziwińska-Nastalska

