

8. STRESZCZENIE

Materiały kompozytowe są obecnie najbardziej popularnymi materiałami odtwórczymi stosowanymi w stomatologii. Zawdzięczają to swoim właściwościom estetycznym i użytkowym - wytrzymałości mechanicznej, sprężystości i dobrej adhezji do tkanek za pośrednictwem systemów wiążących.

Charakter materiału wiąże się również ze zjawiskiem skurczu polimeryzacyjnego. Generowane na skutek skurczu polimeryzacyjnego naprężenia wewnątrz materiału w negatywny sposób wpływają na siłę połączenia wypełnienia z tkankami, ale także na tkanki otaczające ubytek. Klinicznie, mogą doprowadzać do licznych niepowodzeń w leczeniu – ich efektem mogą być defekty pobrzeży wypełnień, nadwrażliwość pozabiegowa, stany zapalne, utrata szczelności, mikroprzeciek, a nawet powstanie próchnicy wtórnej; jak również powstanie szczelin i pęknięć w obrębie szkliwa czy w skrajnych sytuacjach odłamanie guzka zęba.

W związku z tym aspektem materiałów kompozytowych, podejmowane są liczne próby zmniejszenia generowanych naprężeń skurczowych, zarówno poprzez modyfikację składu (poprzez ingerencję w skład fazy organicznej, nieorganicznej lub stosowanie różnych dodatków), ale także przez różne sposoby aplikacji materiału czy alternatywne protokoły polimeryzacji. Popularność zyskują materiały zawierające nowe monomery, szczególnie materiały typu bulk fill; powszechnie też stosowane są lampy polimeryzacyjne nowej generacji o wysokiej mocy. W dostępnym piśmiennictwie brak jednak jednoznacznych wytycznych wskazujących najbardziej efektywne protokoły, które mogłyby zostać wdrożone w codziennej praktyce klinicznej.

Celem pracy było porównanie naprężeń generowanych w czasie procesu polimeryzacji przez materiały kompozytowe należące do różnych grup, przy zastosowaniu proponowanych w piśmiennictwie technik aplikacji materiałów kompozytowych, a także podczas stosowania różnych metod polimeryzacji, w celu znalezienia najbardziej skutecznych metod redukcji naprężeń w pracy klinicznej.

Do badań wykorzystano modele z optycznie czynnej żywicy epoksydowej (płytki z żywicy Epidian 53/Organika o grubości 4 mm z nawierconymi otworami o średnicy 3 mm). W badaniach elastooptycznych oceniano wielkość naprężeń generowanych w czasie skurczu polimeryzacyjnego przez materiały reprezentujące różne grupy: typu bulk fill – SDR,

nanokompozytowy materiał o zmodyfikowanej matrycy - Charisma Diamond, tradycyjny materiał kompozytowy typu flow – Flow Art i nanohybrydowy materiał Filtek Z550. W pierwszej części badań analizie poddano różne metody aplikacji materiału kompozytowego do standaryzowanego ubytku. Wśród badanych metod uwzględniono trzy warstwy poziome, trzy warstwy pionowe, trzy warstwy skośne oraz cztery warstwy skośne. Jako kontrolę zastosowano jednoczesowe, jednowarstwowe wypełnienie ubytku.

W drugiej części pracy analizie poddano różne techniki aktywacji polimeryzacji – przy pomocy lamp polimeryzacyjnych (Cure, Flash Max P3, Starlight Sler® i Satelec Mini L.E.D.) badano metody: ciągłą z uwzględnieniem lampy o niskiej i wysokiej mocy (odpowiednio 1250 i 3800 mW/cm²), soft start, pulse delay z krótką (30 s) i dłuższą (200 s) przerwą, SLER® oraz ramping.

Analizę naprężeń przeprowadzono na modelach optycznie czynnych w polaryskopie kołowym FL200 (GUNT, Niemcy) przy równoległym i prostopadłym ustawieniu płaszczyzn polaryzacji. Obrazy prążków interferencyjnych rejestrowano przy pomocy aparatu cyfrowego Canon EOS 5D Mark II. Obrazy poddano analizie - policzono liczbę i wielkość prążków interferencyjnych. Na podstawie tych danych, korzystając ze wzorów teorii sprężystości, obliczono naprężenia sieciujących materiałów, które następnie poddano analizie statystycznej.

Otrzymane wyniki wskazały w wielu przypadkach na istotne różnice naprężeń skurczowych. Materiały kompozytowe tradycyjne (Z550 i Flow Art) wykazały znacznie wyższy wyjściowy (przy aplikacji jednowarstwowej) poziom generowanych naprężeń niż materiały zawierające monomery o kontrolowanym skurczu polimeryzacyjnym (Charisma Diamond i SDR) – odpowiednio ok. 12 do 6 – 6,6 MPa. W przypadku Flow Art, istotnie statystycznie były różnice między naprężeniami generowanymi przy aplikacji jednowarstwowej a techniką warstw poziomych i 4 warstw skośnych. Dla materiałów SDR i Filtek Z550, istotnie statystycznie różnice w wielkości naprężeń uzyskano w przypadku porównania metody jednowarstwowej z techniką trzech warstw pionowych oraz skośnych, niezależnie od liczby warstw. Dla materiału Charisma Diamond nie uzyskano istotnych statystycznie różnic między poszczególnymi technikami aplikacji.

Również druga część badań, porównująca naprężenia skurczowe generowane przy zastosowaniu różnych sposobów aktywacji polimeryzacji wykazała istotnie statystycznie

różnice między wieloma metodami. Dla materiału Flow Art uzyskane wartości wyniosły wyjściowo 12,1 MPa przy naświetlaniu ciągłym z mocą 1250 mW/cm² (Cure) i 13,7 MPa przy mocy 3800 mW/cm² (FlashMax). Największą redukcję naprężeń stwierdzono w przypadku metody pulse delay z przerwą 200 s – odpowiednio o 38 % (w porównaniu do naświetlania lampą Cure) i 45,7 % (w porównaniu do naświetlania lampą Flash Max). Zastosowanie wspomnianej metody pozwoliło na uzyskanie wyników istotnie statystycznie niższych niż w przypadku wszystkich pozostałych metod poza Sler i pulse delay 30 s. Najwyższe średnie naprężenia uzyskano dla techniki ramping – 14,7 MPa, wyższe odpowiednio o 22,1 % (w porównaniu do naświetlania lampą Cure) i o 8 % (w porównaniu do naświetlania lampą FlashMax) – choć te różnice okazały się nieistotne statystycznie.

Dla materiału SDR uzyskane wartości wyniosły wyjściowo 6,6 MPa przy naświetlaniu ciągłym z mocą 1250 mW/cm² (Cure) i 7,1 MPa przy mocy 3800 mW/cm² (FlashMax). Ponownie najlepsze wyniki - największą redukcję naprężeń stwierdzono w przypadku metody pulse delay z przerwą 200 s – odpowiednio o 36,3 % (w porównaniu do naświetlania lampą Cure) i 40,6 % (w porównaniu do naświetlania lampą Flash Max). W tym przypadku zastosowanie tej techniki pozwoliło na uzyskanie wyników istotnie statystycznie niższych od wszystkich pozostałych (poza pulse delay 30 s). Ponownie najwyższe średnie naprężenia wygenerowała polimeryzacja w trybie ramping – 9,5 MPa, wyższe odpowiednio o 43,5 % (w porównaniu do naświetlania lampą Cure) i o 34 % (w porównaniu do naświetlania lampą FlashMax) – choć te różnice nie były istotne statystycznie.

Na podstawie uzyskanych wyników można postawić następujące wnioski:

1. Wszystkie materiały kompozytowe podczas sieciowania generują naprężenia skurczowe, których wartości dla niektórych materiałów sięgają nawet 12 MPa.
2. Zastosowanie warstwowych technik aplikacji i polimeryzacji, zwłaszcza metody warstwowej skośnej polimeryzacji, pozwala na istotne obniżenie naprężeń skurczowych generowanych podczas sieciowania większości badanych kompozytów (zarówno kompozytów tradycyjnych, jak i materiałów zawierających monomery o kontrolowanym skurczu polimeryzacyjnym).
3. Niektóre materiały kompozytowe o zmodyfikowanej matrycy polimerowej, takie jak Charisma Diamond, generują relatywnie niskie naprężenia skurczowe, a ich wartości są zbliżone, niezależnie od sposobu wypełniania ubytku.

4. Sposób aktywacji polimeryzacji materiałów kompozytowych ma istotny wpływ na naprężenia skurczowe generowane podczas sieciowania kompozytów. Przy zastosowaniu standardowej dziś techniki polimeryzacji ciągłej (zarówno przy mocy 1250 mW/cm², jak i 3800 mW/cm²) generowane są relatywnie wysokie naprężenia skurczowe, które jednak są wyraźnie niższe od naprężeń generowanych przy stosowaniu metody ramping (mimo iż różnice okazały się nieistotne statystycznie).
5. Zastosowanie metod polimeryzacji pozwalających na wydłużenie fazy pre-żelowej, szczególnie metody pulse delay z długim okresem opóźnienia cyklu doświetlania, pozwala zmniejszyć naprężenia skurczowe materiałów kompozytowych.
6. Rodzaj materiału kompozytowego ma decydujące znaczenie o wielkości naprężeń generowanych w wyniku skurczu polimeryzacyjnego.
7. W praktyce klinicznej, przy wypełnianiu ubytków materiałami kompozytowymi, powinno się stosować metodę warstwowej skośnej polimeryzacji. Dotyczy to także materiałów typu bulk fill, jednocześnie aplikowanych i polimeryzowanych w warstwach o grubości 4 – 5 mm, w przypadku których zastosowanie techniki warstwowej skośnej polimeryzacji pozwala na istotne obniżenie naprężeń skurczowych.