



Bytom, dnia 19 kwietnia 2023r.

Prof. dr hab. Jacek Kasperski
Katedra Protetyki i Materiałoznawstwa Stomatologicznego
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
40-055 Katowice, ul. Poniatowskiego 15

RECENZJA

rozprawy doktorskiej lek. dent. Bartosza Bieniasa pt. „Analiza porównawcza światłoutwardzalnego materiału złożonego wzmocnionego wybranymi włóknami sztucznymi”. Promotorem pracy jest prof. dr hab. n. med. Jolanta Kostrzewa-Janicka, a promotorem pomocniczym dr n. med. Kamila Wróbel-Bednarz.

Podstawą formalną recenzji jest pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Nauk Medycznych Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego Prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Marty Strugi z dnia 02 marca 2023r.

Praca zawiera: 177 stron maszynopisu, w tym 174 stron tekstu, wykaz stosowanych skrótów, symboli i akronimów, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis piśmiennictwa – 173 pozycji, spis rycin, fotografii, tabel i wykresów. Na początku pracy Autor zamieszcza wykaz stosowanych symboli, skrótów oraz akronimów, których zastosowanie czyni pracę czytelną. Wstęp stanowi omówienie zagadnień, z których wynika zasadność podjętych badań. Szeroko opisana została charakterystyka materiałów kompozytowych używanych w stomatologii oraz włókien stosowanych do ich wzmacniania. Autor wskazuje na właściwości mechaniczne jako główny parametr wpływający na kliniczne wskazania do użycia danego materiału kompozytowego biorąc pod uwagę siły zgryzowe. Szczegółowy opis technik wytwarzania oraz cech charakterystycznych dotyczy trzech głównie stosowanych włókien: szklanych, węglowych, poliamidowych. W dalszej części wstępu Autor omawia procesy degradacyjne kompozytów wzmacnianych włóknami ciągłymi. Wymienia i opisuje degradacje fizyczne, chemiczne i mechaniczne, z których każda może mieć miejsce w materiałach stosowanych klinicznie. Degradacje mechaniczne

kompozytów polimerowych zachodzą pod wpływem zmiennych w czasie obciążeń stałych, udarowościowych lub zmęczeniowych i związane są ze zmianami struktury materiału o zasięgu, lokalnym bądź dotyczą całego elementu. Najczęściej występujące po sobie etapy degradacji to pęknięcie osnowy, delaminacje związane z pękaniem adhezyjnym oraz zniszczenie włókien, co prowadzić może do całkowitego zniszczenia FRC. Pojawianie się takiego rodzaju degradacji w materiałach stosowanych klinicznie jest powodem, dla którego Autor podjął ten temat na drodze badawczej.

Celem pracy była ocena cech fizyko-mechanicznych materiałów mogących mieć zastosowanie w wykonawstwie stałych uzupełnień protetycznych wzmocnionych włóknami sztucznymi, w tym, szczegółowa ocena parametrów wytrzymałościowych materiałów FRC w różnych wariantach, ocena zmian strukturalnych po zniszczeniu oraz ocena występowania wad powstałych w procesie wytwarzania w materiale kompozytowym wzmocnionym włóknami.

Materiał do badań wytrzymałościowych stanowiło 130 próbek kompozytu wzmocnionego pojedynczymi (jednym lub dwoma) pasmami włókien. Zastosowano pasma włókien: szklanych, węglowych i aramidowych oraz stworzonych na potrzeby tej pracy pasma hybrydowe: szklano-węglowe, węglowo-aramidowe oraz szklano-aramidowe. W zależności od rodzaju użytego włókna oraz liczby warstw dokonano podziału na 2 grupy, w których w każdej było 6 podgrup. W każdej podgrupie było 10 próbek. Osobny zbiór stanowiło 10 próbek do badań kontrolnych. Autor nadał grupom oznaczenia własne, co wpłynęło na czytelność pracy. Ponadto Autor przygotował zgłady materiałowe w procesie inkludowania oraz szlifowania i próbki do oceny mikroskopowej. Materiał przygotowany zostały w oparciu o normy.

Metody badawcze obejmowały badania wytrzymałościowe oraz strukturalne badania mikroskopowe. Parametry do analizy wytrzymałościowej uzyskano na podstawie testu na zginanie trójpunktowe TFS. Następnie przeprowadzone zostały obserwacje mikroskopowe mechanicznych zmian strukturalnych w materiale po wykonanych badaniach wytrzymałościowych. Obserwacje przełomów próbek oraz ich zgładów przeprowadzono z zastosowaniem mikroskopu cyfrowego i SEM. Badania przeprowadzono w Katedrze Biomateriałów i Kompozytów na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz w Pracowni Mikroskopowej Zakładu Materiałów

Ceramicznych i Polimerowych na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

Wyniki poddano analizie statystycznej oceniając średnią arytmetyczną, medianę, wartość maksymalną, minimalną oraz odchylenie standardowe. Przeprowadzono testy parametryczne Shapiro-Wilka i Levene'a oraz nieparametryczne Manna-Whitneya oraz Kruskala-Wallisa.

Wyniki testów wytrzymałościowych przedstawiono w podziale na poszczególne parametry, takie jak maksymalna siła zginająca, strzałka ugięcia, wytrzymałość na zginanie oraz Moduł Younga. Autor przedstawia wartości w formie tabeli oraz opisuje w tekście dzieląc analizę na wyniki dla poszczególnych grup: kontrolnej, z pojedynczym pasmem włókien oraz z podwójnym, w tym hybrydowym. Obserwację mikroskopową zmian strukturalnych poszczególnych próbek Autor trafnie zestawia z wykresami, obrazującymi zależność pomiędzy przyłożoną siłą a odkształceniem. Pozwoliło to określić charakter powstających zmian degradacyjnych w czasie trwania obciążenia od pęknięcia pierwszej warstwy (FPF) przy wartości 40-70% siły maksymalnej, dalszego niszczenia włókien do całkowitego zniszczenia, rozpadnięcia się próbki. Wspólną cechą dla wszystkich próbek było wieloodłamowe złamanie z nieregularną szczeliną złamania.

Analiza w SEM potwierdziła odmienną charakterystykę pęknięcia dla grupy kontrolnej oraz próbek wzmacnianych włóknami. Różnice występowały też pomiędzy poszczególnymi rodzajami zastosowanych włókien. Obserwacje w SEM próbek z obecnością włókien jako fazy wzmacniającej wykazały wiele zjawisk nieobserwowanych w próbkach grupy kontrolnej (KONT). Zarówno w próbkach wzmocnionych jednym pojedynczym, jak i dwoma pojedynczymi wiązkami włókien widoczne były pęknięcia warstwy granicznej włókno-kompozyt (tzw. debonding), pęknięcia osnowy kompozytowej, delaminacje oraz zniszczenia włókien. Degradacje miały charakter zarówno lokalny, jak i zajmowały duży obszar obejmujący wiele warstw lub całą próbkę. Bardzo często obserwowano różne rodzaje degradacji w jednej próbce.

Interpretacja wyników i dyskusja została przeprowadzona w sposób przejrzysty, na tle aktualnego piśmiennictwa, które jest dobrane prawidłowo i zawiera pozycje istotne dla podejmowanego tematu. Wyciągnięte wnioski są bardzo praktyczne i wskazują, że włókna aramidowe użyte zarówno w jednej oraz dwóch pojedynczych wiązkach ze względu na parametry wytrzymałościowe mogą być

zalecane jako wzmocnienie uzupełnień protetycznych wykonanych z kompozytu, włącznie z zastosowaniem hybrydy włókien szklanych i aramidowych. Wyniki wskazują, że włókna węglowe nie są zalecane w pracy klinicznej przy zawartości wagowej 4% w materiale kompozytowym z powodu spadku wytrzymałości na zginanie i zmniejszenia sztywności materiału FRC. Doktorant wykazał, że granica połączenia włókien z kompozytem jest najsłabszym punktem w układzie warstwowym, jaki tworzą materiały kompozytowe wzmocnione włóknami sztucznymi. Wskazał również, że wraz ze wzrostem liczby warstw materiałów FRC wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia pęknięć przebiegających przez całą grubość próbki oraz pojawienie się rozwarstwień (tzw. delaminacji). Stwierdził, że ręczna metoda wykonania próbek może być stosowana podczas wykonywania uzupełnień protetycznych w warunkach klinicznych, gdyż nie wpływa na pogorszenie parametrów wytrzymałościowych materiału.

Opis uzyskanych wyników badań stanowi logiczną, wnikliwą całość wraz ze szczegółową analizą poszczególnych, ocenianych parametrów. Doktorant w sposób skrupulatny i precyzyjny prezentuje kolejne wyniki, z uwzględnieniem ich oceny porównawczej pomiędzy badanymi grupami materiałów złożonych wzmocnionych wybranymi włóknami sztucznymi, wraz z oceną różnic statystycznie istotnych.

Przegląd współczesnego piśmiennictwa, poświęconego obecnej wiedzy na temat właściwości materiałów złożonych wzmocnianych włóknami sztucznymi pozwolił na szczegółową analizę dotychczasowych badań, wnoszących cenne informacje na ten temat. Znaczną część wykorzystanego piśmiennictwa stanowią artykuły z ostatnich 5-6 lat, literatura jest bogata i zróżnicowana, bardzo dobrze dobrana tematycznie.

Z obowiązku recenzenta zgłaszam uwagi do pracy:

W opisie przygotowania próbek do badania wytrzymałościowego Autor opisuje proces oczyszczenia i aktywacji powierzchni włókien polegający między innymi na usunięciu apertury i obróbce utleniającej. W tekście nie ma jednoznacznego odniesienia do źródła przyjętej metodologii. Sposób wydaje się interesujący, również w odniesieniu do procedur klinicznych, co wymagałoby jednak szerszego potraktowania. Natomiast w części dotyczącej przygotowania próbek do badań wytrzymałościowych nie znaleziono informacji o systemie łączącym, zastosowanym do nasączenia włókien. Z punktu widzenia adhezji i uzyskania homogennej struktury

do nasączenia włókien. Z punktu widzenia adhezji i uzyskania homogennej struktury próbki istotne wydaje się doprecyzowanie jaki system łączący zastosowano, której generacji i w jakiej procedurze.

Powyższe techniczne uwagi nie umniejszają merytorycznej wartości pracy. Sugeruję jednak je uwzględnić podczas przygotowywania pracy do publikacji. Skrupulatna, wieloczynnikowa analiza uzyskanych wyników świadczy o znajomości przedmiotu pracy badawczej, jak i problemu medycznego. Zastosowanie odpowiednich metod badawczych i specjalistycznej analizy statystycznej umożliwiło Autorowi zrealizowanie postawionych celów.

Podsumowując, praca stanowi oryginalne i nowatorskie zagadnienie naukowe, a Doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy doświadczalnej i naukowej w oparciu o specjalistyczną wiedzę teoretyczną. Rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668).

W związku z powyższym przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Nauk Medycznych Warszawskiego Uniwersytetu medycznego wniosek o dopuszczenie lek. dent. Bartosza Bieniasa do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z wyrazami szacunku,

Prof. dr hab. n. med. Jacek Kasperski

