

Prof. dr hab. Beata Dejak
Kierownik Zakładu Protetyki Stomatologicznej
Katedra Stomatologii Odtwórczej
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Ul. Pomorska 251
92-213 Łódź
Łódź 11.04.2023

OCENA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

lek. dent. Bartosza Bieniasa pt. „Analiza porównawcza światłoutwardzalnego materiału złożonego wzmocnionego wybranymi włóknami sztucznymi”.

1. Omówienie pracy

Kompozyty są stosowane w stomatologii od lat 60-tych ubiegłego stulecia. Do wzmocnienia tych materiałów używane są wypełniacze i włókna sztuczne m. in. szklane, węglowe i poliamidowe. Kompozyty wzmocnione włóknami, w nomenklaturze angielskiej FRC Fiber-Reinforced Composite, znalazły zastosowanie w protetyce do wykonania wkładów koronowo-korzeniowych, koron, mostów, mostów AET oraz do szynowania zębów. Materiały te są lekkie i mają wysoką wytrzymałość. Niestety, wraz z czasem, szczególnie w środowisku wodnym, podlegają degradacji polegającej na imperfekcji (pękaniu osnowy), delaminacji (pęknięcia włókno-osnowa) lub zniszczeniu włókien. Dotychczasowe badania nad wytrzymałością materiałów FRC nie dały jednoznacznych odpowiedzi, jakie włókna i jak ułożone powinny być w konstrukcjach protetycznych. W tym świetle podjęte przez Doktoranta badania, mające określić właściwości mechaniczne kompozytu stomatologicznego wzmocnianego różnymi włóknami są w pełni zasadne.

We wstępie dysertacji lek. dent. Bartosz Bienias scharakteryzował materiały złożone oraz przedstawił budowę i właściwości kompozytów stosowanych w stomatologii. Obszerny rozdział poświęcił wytwarzaniu, składowi chemicznemu, budowie i właściwościom włókien szklanych, węglowych i aramidowych.

Doktorant postawił sobie następujące cele:

Ocena danych dotyczących cech fizyko-mechanicznych materiałów mogących mieć zastosowanie w wykonawstwie stałych uzupełnień protetycznych wzmocnionych włóknami: klasycznych mostów wykonanych z kompozytów i specjalnych mostów adhezyjnych, koron kompozytowych oraz wkładów koronowo-korzeniowych.

Cele szczegółowe:

1. Ocena parametrów wytrzymałościowych materiału złożonego wzmocnionego jednym pojedynczym pasmem włókien sztucznych.
2. Ocena parametrów wytrzymałościowych materiału złożonego wzmocnionego dwoma pojedynczymi pasmami włókien sztucznych.
3. Analiza porównawcza parametrów wytrzymałościowych materiału złożonego wzmocnionego jednym pojedynczym a dwoma pojedynczymi pasmami włókien sztucznych.
4. Analiza mechanicznych zmian strukturalnych powstałych w wyniku badań wytrzymałościowych.

5. Ocena wad w układzie materiał złożony-włókno sztuczne powstałych na etapie wytwarzania próbek.

Materiał badań stanowiło 120 prostopadłościennych próbek kompozytu Gradia Direct Posterior (GC Corporation, Tokyo, Japonia) o wymiarach 25x2x2mm wzmocnionych jednym lub dwoma pasmami włókien w formie rovingu: szklanych, węglowych i aramidowych oraz włókien hybrydowych szklano-węglowych, węglowo-aramidowych oraz szklano-aramidowych. Grupę kontrolną stanowiło 10 próbek kompozytowych bez wzmocnienia.

Doktorant przeprowadził badania wytrzymałościowe - test na zginanie trójpunktowe kompozytu w urządzeniu Zwick 1435 (Zwick/Roell GmbH & Co. KG, Niemcy) zgodnie z normą PN-EN ISO 4049:2019-07. Obliczył maksymalną siłę zginającą (F_{max}), strzałki ugięcia (eF_{max}), wytrzymałość na zginanie (σ) oraz moduł Younga (E). Wykonał analizy mikroskopowe przełomów próbek w mikroskopie cyfrowym Keyence VHX-900F (Keyence International, Belgia) oraz badania zglądów próbek przy zastosowaniu Skaningowego Mikroskopu Elektronowego Hitachi TM 3000 (Hitachi High Technology Corporation, Japonia).

Do analizy otrzymanych wyników wykorzystał programy: Microsoft Excel z pakietu Microsoft Office 2010 oraz Statistica v. 13.

Wyniki badań zostały przedstawione w formie tabel, wykresów i zdjęć z mikroskopów. Podrozdział stanowi opracowane statystycznie wyników - porównania rozkładów pomiędzy grupami na ramowych wykresach.

W obszernej dyskusji lek. dent. Bartosz Bienias omówił przeprowadzone badania i skonfrontował je z wynikami innych autorów z piśmiennictwa. Przedstawił wpływ średnicy włókien, ich długości, orientacji i lokalizacji oraz zespolenia z osnową na wytrzymałość kompozytów. Opisał mechanizmy zniszczenia kompozytów wzmacnianych włóknami oraz podał wskaźniki powodzenia uzupełnień protetycznych wykonanych z tych materiałów.

Na podstawie przeprowadzonych badań autor wyciągnął następujące wnioski:

1. 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.
2. W zastosowaniu klinicznym wśród próbek wzmocnionych dwoma pojedynczymi pasmami włókien może być brana pod uwagę hybryda włókien szklanych i aramidowych.
3. Zastosowanie włókien węglowych w pracy klinicznej przy zawartości wagowej 4% w materiale kompozytowym nie jest zalecane z powodu spadku wytrzymałości na zginanie i zmniejszenia sztywności materiału FRC.
4. Granica połączenia włókien z kompozytem była najsłabszym punktem w układzie warstwowym jaki tworzą materiały kompozytowe wzmocnione włóknami sztucznymi.
5. Wraz ze wzrostem liczby warstw materiałów FRC wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia pęknięć przebiegających przez całą grubość próbki oraz pojawienia się rozwarstwień (tzw. delaminacji).
6. Metoda ręczna wykonania próbek z powodzeniem może być stosowana podczas wykonywania uzupełnień protetycznych w warunkach klinicznych, gdyż nie wpłynęła na pogorszenie uzyskanych wyników parametrów wytrzymałościowych.

2. Ocena pracy

Przedstawiona mi do oceny rozprawa stanowi oryginalne i spójne opracowanie. Ma prawidłowy układ monografii, liczy 177 stron maszynopisu, ilustrowana jest 62 rycinami i 15 fotografiami. Zawiera 24 tabele. Proporcje pomiędzy częściami dysertacji są zachowane. Szata graficzna i edytorska pracy jest nienaganna. Manuskrypt napisany jest bardzo starannie, a treści w nim zawarte są czytelne. Zwraca uwagę bardzo mała liczba błędów edytorskich, literowych i interpunkcyjnych. Z tych przyczyn lektura monografii była przyjemnością.

Tytuł odpowiada zawartości pracy. We wstępie pracy, Doktorant wprowadził czytelnika w problematykę dysertacji. Moją uwagę zwrócił opis składu chemicznego i produkcji włókien szklanych, węglowych i aramidowych. Rozdział ten został napisany w oparciu o trafnie dobrane i aktualne piśmiennictwo.

Lek. dent. Bartosz Bienias badał właściwości mechaniczne kompozytów wzmacnianych włóknami w zależności od ich rodzaju i lokalizacji. Cele szczegółowe pracy zostały jasno sformułowane.

W podrozdziale materiał, Doktorant opisał w sposób wyczerpujący i czytelny tworzenie próbek kompozytów wzmacnianych włóknami szklanymi, węglowymi i aramidowymi. Przedstawił szczegółowo metody przeprowadzonych badań wytrzymałościowych (testu na zginanie trójpunktowe), badań fraktograficznych - w mikroskopie cyfrowym oraz obserwację zglądów próbek w mikroskopie elektronowym. Metodyka badań jest właściwa.

Wyniki testu zginania trójpunktowego zaprezentował w tabelach i na wykresach sił w funkcji odkształcenia. Badania fraktograficzne przedstawił na fotografiach z mikroskopu cyfrowego, a zglądy próbek na obrazach SEM. Szczególnie przydatne są analizy przełomów próbek, dzięki którym uwidoczniono mechanizm zniszczenia kompozytów wzmacnianych FRC. Na wyróżnienie zasługuje opracowanie statystyczne dużej ilości danych.

Dyskusja w dysertacji świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta.

Autor sformułował wnioski, które znajdują oparcie w wynikach przeprowadzonych badań własnych.

Pracę zawiera polskie i angielskie streszczenie oraz wykaz zastosowanych symboli, skrótów i akronimów.

Piśmiennictwo liczy 173 pozycje, jest aktualne (większość z ostatnich 20 lat), zostało dobrane właściwie i w sposób prawidłowy wykorzystane w pracy.

Pracę oceniam bardzo pozytywnie. Tematyka pracy bardzo aktualna. Doktorant wykazał dużą wiedzę z zakresu materiałów stomatologicznych. Pragnę zwrócić uwagę na znaczące wartości poznawcze i praktyczne dysertacji. Dzięki przeprowadzonym badaniom lek. dent. Bartosz Bienias wykazał, że najbardziej wytrzymałe są kompozyty wzmacniane włóknami aramidowymi, które prawie nie są stosowane w stomatologii. Natomiast nie zaleca się stosowania włókien węglowych ze względów mechanicznych i estetycznych. Ponieważ delaminacja jest najczęstszą przyczyną zniszczenia kompozytów wzmacnianych włóknami, dlatego konstrukcje protetyczne powinny być wzmacniane pojedynczymi wiązkami włókien. Ta wiedza może być bezpośrednio zastosowana w klinice.

3. Uwagi krytyczne

Przy ogólnej pozytywnej ocenie pracy nasuwają się pewne uwagi krytyczne.

- Cel pracy można uprościć. Zamiast „Ocena danych dotyczących cech fizyko-mechanicznych materiałów mogących mieć zastosowanie w wykonawstwie stałych uzupełnień protetycznych wzmocnionych włóknami: klasycznych mostów wykonanych z kompozytów i specjalnych mostów adhezyjnych, koron kompozytowych oraz wkładów koronowo-korzeniowych” proponuję użyć „Ocena właściwości mechanicznych kompozytów stomatologicznych wzmocnianych włóknami w zależności od rodzaju i lokalizacji włókien”. W dysertacji bowiem nie badano konstrukcji protetycznych: klasycznych mostów wykonanych z kompozytów i specjalnych mostów adhezyjnych, koron kompozytowych oraz wkładów koronowo-korzeniowych, tylko przygotowane próbki kompozytów wzmocnianych włóknami.
- Na stronie 24 i 25 znajduje się ten sam tekst „Współczynnik wytrzymałości na ściskanie i zginanie dla kompozytów z mikrowypełniaczem i kompozytów płynnych stanowi około 50% wartości tego współczynnika dla kompozytów mikrohybrydowych. Wynika to z mniejszej objętości procentowej wypełniacza w przypadku kompozytów z mikrowypełniaczem i kompozytów płynnych. Dlatego też, odporność na ściskanie materiałów kompozytowych wzrasta liniowo wraz ze wzrostem objętości zajmowanej przez wypełniacz.” Przytoczone piśmiennictwo jest różne: na str. 24 źródło nr 48, a na str. 25 nr 147 i 159.
- Na stronie 27 znalazło się nieprawdziwe stwierdzenie „Dodatkowym atutem uzupełnień kompozytowych wzmocnionych włóknami jest cementowanie adhezyjne, które zapewnia bardzo dobrą retencję, bez konieczności opracowywania zębów filarowych do optymalnego kształtu geometrycznego wymaganego na przykład podczas wykonywania wkładów koronowo-korzeniowych, uzupełnień pełnoceramicznych. Wkłady kk FRC i korony pełnoceramiczne (oprócz tych na bazie tlenku cyrkonu) są również cementowane adhezyjnie.
- Autor nie podaje w dysertacji konkretnych danych liczbowych: wytrzymałości na ściskanie, rozciąganie, zginanie oraz modułu sprężystości, które charakteryzują włókna szklane, węglowe i aramidowe. Tabela z tymi danymi wzbogaciła i uzupełniłaby pracę.
- Czy oprócz aktywacji wodą utlenioną zastosowano silan na włókna przed użyciem bondu?

Uwagi te nie zmniejszają wartości naukowej rozprawy; można je rozważyć przy dalszych publikacjach.

4. Wniosek końcowy

Podczas lektury pracy stwierdziłam, że lek. dent. Bartosz Bienias posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, postawił sobie jasne cele i rozwiązał samodzielnie problem naukowy. Jego dysertacja stanowi oryginalne dzieło. Doktorant wykazał dużą wiedzę z zakresu protetyki i materiałoznawstwa.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedłożona mi do oceny rozprawa doktorska spełnia warunki stawianym pracom doktorskim określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668)". Dlatego przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Nauk Medycznych Uniwersytetu Warszawskiego, wniosek o dopuszczenie lekarza dentysty Bartosza Bieniasa do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z poważaniem
prof. Beata Dejak

