

Gliwice, 29.05.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana lek dent. Wojciecha Frąckiewicza pod tytułem *„Analiza porównawcza właściwości użytkowych ceramiki dentystycznej z tlenku cyrkonu wytwarzanej przyrostowo i za pomocą frezowania”* zrealizowanej pod opieką Pani promotor prof. dr hab. n. med. Ewy Sobolewskiej oraz Pana promotora pomocniczego dr inż. Marcina Królikowskiego opracowana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Medyczne Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie

W Polsce statystycznemu pacjentowi po trzydziestym piątym roku życia brakuje średnio jedenastu zębów, a dziewięciu milionom pacjentów, spośród których 2/3 jest przed sześćdziesiątym rokiem życia, stosuje protezy zębowe. Jest to olbrzymia rzesza chorych wymagająca specjalistycznej pomocy. Mając na uwadze obecne uwarunkowania społeczne większa część z nich pragnie na miarę swojego potencjału finansowego nie tylko możliwe skutecznie przywrócić możliwości podstawowej dla jamy ustnej funkcji żucia, ale i odzyskać (a czasem wręcz poprawić) walory estetyczne uzębienia i twarzy. Możliwości współczesnej stomatologii pozwalają zaproponować w tym zakresie relatywnie dużą gamę możliwości opartą o zastosowanie różnych technologii przetwórczych oraz zróżnicowanych materiałów. Szczególne miejsce zajmują tu materiały ceramiczne, z których wiele oferuje użytkownikom korzystne połączenie właściwości biofunkcjonalnych. Przykładem mogą być obecne na rynku od wielu lat do celów protetycznych ceramiki oparte o tlenek cyrkonu przetwarzane nowoczesnymi technologiami ubytkowymi. Tym niemniej w środowisku dentystycznym istnieje szereg wątpliwości dotyczących wyboru najkorzystniejszych materiałów, technologii ich przetwarzania, oraz kierunków rozwoju, a dostępna wiedza w tym zakresie jest rozproszona i wciąż wymagająca znacznego pogłębienia. W ten nurt wpisuje się przedstawiona do oceny dysertacja o wymiarze naukowym i praktycznym pod tytułem *„Analiza porównawcza właściwości użytkowych ceramiki dentystycznej z tlenku cyrkonu wytwarzanej przyrostowo i za pomocą frezowania”*. Podjęty temat uważam za oryginalny, nader aktualny i o wysokim znaczeniu klinicznym.

Rozprawa doktorska obejmuje 116 stron właściwej części oraz załączniki w postaci trzech artykułów składu komputerowego stanowiące integralną część rozprawy oraz dodatkowo oświadczenia współautorów tychże prac dotyczące wkładu w ich powstanie. Konstrukcja pracy w pełni spełnia wymagania redakcyjne oraz

merytoryczne stawiane dysertacjom realizowanym w formie cyklu powiązanych tematycznie publikacji i można ją uznać za wzorcową. Oświadczenia współautorów publikacji precyzyjnie określają indywidualny wkład Pana lek. dent. Wojciecha Frąckiewicza i wskazują jednoznacznie na jego dominujący (wynoszący od 45 do 50%) udział. W dwóch pracach o charakterze eksperymentalnym znajduje się również szczegółowe, zadaniowe określenie wkładu poszczególnych współautorów, co dodatkowo wzmacnia treść oświadczeń i rozwiewa wszelkie mogące wystąpić w przyszłości wątpliwości w tym zakresie. Doktorant jest, co szczególnie istotne, pierwszym autorem wszystkich publikacji.

Pracę otwierają wykazy skrótów, publikacji, na których oparto rozprawę oraz tabel i rycin. Następnie przedstawiono ośmiostronicowy wstęp obejmujący rys historyczny stosowania materiałów ceramicznych w stomatologii oraz wiadomości nt. uzupełnień w leczeniu protetycznym celem właściwego umiejscawiania poruszanej problematyki w ogóle wiedzy z zakresu materiałoznawstwa stomatologicznego. Następnie przedstawiono trzy podrozdziały ukierunkowane bezpośrednio na tematykę będącą przedmiotem badań, a więc kolejno scharakteryzowano dwutlenek cyrkonu jako materiał stomatologiczny, technologie wytwarzania przyrostowego (AM) / druku 3D z tegoż materiału oraz omówiono kwestię jego biokompatybilności. Wstęp został oparty o 67 dobrze dobranych pozycji literaturowych w zdecydowanej większości opublikowanych w ostatnim dziesięcioleciu i posłużył do zręcznego wprowadzenia czytelnika meandry poruszanej problematyki i finalnie umotywowania podjęcia prac badawczych w obranym kierunku.

W rozdziale drugim omówiono cele pracy i postawiono hipotezę badawczą, która mając na uwadze niedostatek wiedzy w tym zakresie ma znaczenie tak praktyczne, jak i poznawcze. Cele pracy zostały jasno określone, a były nimi „zebranie i usystematyzowanie dostępnej w piśmiennictwie wiedzy na temat rodzajów tlenku cyrkonu dostępnych w technologii 3D, a także porównanie ich pod względem parametrów mechanicznych do ceramiki cyrkonowej wytwarzanej za pomocą technologii frezowania”. O ile nie mam zastrzeżeń co do drugiego członu obranego celu, to pierwotnie miałem pewne wątpliwości czy zebranie i usystematyzowanie” wiedzy powinno być celem części badawczej pracy, czy też właściwiej byłoby potraktować tą część rozprawy jako element przeglądu literatury. Z drugiej strony za przyjętą przez Autora koncepcją przemawia zastosowanie aparatu analitycznego i metod analizy statystycznej danych celem sformułowania wniosków o charakterze naukowym, co jest właściwe dla warsztatu badawczego i uzasadnia przedstawienie omawianych rezultatów jako elementu części praktycznej rozprawy.

Kolejne trzy rozdziały dotyczące metodologii badań oraz ich wyników i dyskusji odnoszą się bezpośrednio do treści przedstawionych w artykułach będących podstawą rozprawy. Są to trzy prace: Frąckiewicz W, Szymlet P, Jedliński M, Światłowska-Bajzert M, Sobolewska E.: Mechanical characteristics of zirconia produced additively by 3D printing in dentistry - A systematic review with meta-analysis of novel reports. Dent Mater. 2024 Jan;40(1):124–38. (IF: 5.000, MNiSW: 140.000), Frąckiewicz W, Królikowski M, Kwiatkowski K, Sobolewska E, Szymlet P, Tomasik M. Comparison of Dental Zirconium Oxide Ceramics Produced Using Additive and Removal Technology for Prosthodontics and Restorative Dentistry-Strength and Surface Tests: An In Vitro

Study. Materials (Basel). 2023 Dec 28;17(1):168. (IF: 3.400, MNiSW: 140.000), Frąckiewicz W, Pruss A, Królikowski M, Szymlet P, Sobolewska E. Comparison of the Intensity of Biofilm Production by Oral Microflora and its Adhesion on the Surface of Zirconia Produced in Additive and Subtractive Technology: An In Vitro Study. Materials (Basel). 2024; 17(6):1231. (IF: 3.400, MNiSW: 140.000). Wszystkie prace opublikowano w czasopismach o wysokim współczynniku wpływu wg. bazy WoS i o wysokiej punktacji ministerialnej, a na szczególnie zasługuje opublikowanie pracy przeglądowej w czasopiśmie Dental Materials, które uchodzi za najbardziej renomowany periodyk ukierunkowany na tę specjalność. Muszę również zauważyć, że Autor musiał badania stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej poddać wcześniejszemu wieloetapowemu, złożonemu, międzynarodowemu procesowi recenzyjnemu.

Rozdział metodyczny (s. 21-42) odnoszący się do części metodycznych ww. trzech prac został opracowany w sposób pozwalający na jego wysoką ocenę nawet bez sięgnięcia do prac źródłowych. Takie podejście uważam za wzorcowe. Ta część rozprawy została podzielona na podrozdziały, przy czym w pierwszym odniesiono się do analiz literaturowych, a w kolejnych do badań laboratoryjnych. Metodyka badań laboratoryjnych obejmuje przedstawienie badanych materiałów wraz ze szczegółowym opisem ich doboru, metodologii projektowania oraz wytwarzania próbek i finalnie metodologii badań. Z należytą szczegółowością przedstawiono tryb postępowania w trakcie testów wytrzymałości na zginanie, wytrzymałości na ściskanie, pomiarów twardości Vickersa, pomiarów gęstości, pomiarów wybranych parametrów chropowatości, oceny przełomów. Część metodyczną wieńczy charakterystyka metodologii pomiaru intensywności wywarzania biofilmu przez mikroorganizmy na powierzchni ceramiki cyrkonowych metodami ilościową i jakościową, które oparto o uznane metody dostępne w literaturze. Całość tej części pracy jest bardzo dobrze opracowana, a na jakość dokumentacyjną pozytywnie wpływają liczne diagramy oraz fotografie. W tym miejscu zmuszony jedynie jestem zwrócić uwagę na drobne niedopatrzenia. Na stronie 33 niesłusznie używa się pojęcia mikrotwardość (konsekwentnie także w dalszych częściach pracy), ponieważ zastosowane obciążenie o wartości 490,4 N nie uzasadnia stosowania przedrostka mikro, który jest zarezerwowany dla obciążeń w zakresie $9,8 \times 10^{-3}$ do 9,8 N (patrz ASTM E384-22 Test Method For Microindentation Hardness). Ponadto brak jest opisu metod analiz statystycznych wykorzystanych do opracowania części laboratoryjnej, aczkolwiek należy dodać, że metody te opisano w samych artykułach. Miałbym również uwagę metodyczną dotyczącą oceny jakości badań metodą QUIN. Do obliczeń jako kryteria wybrano np. „Szczegółowe wyjaśnienie obliczeń wielkości próby” czy np. „dane operatora”. Wydaje mi się, że oceniane kryteria powinny być szerzej opisane, a ich stosowanie powinno być poddane krytycznej analizie. Chciałbym zwrócić uwagę, że Autor ocenie poddaje przede wszystkim prace bazujące na eksperymentalnych badaniach laboratoryjnych opartych o nauki inżynierskie. W badaniach tych zwykle np. nie prowadzi się obliczeń wielkości próby, bowiem obliczenia te częstokroć prowadzą do absurdalnych wniosków, a metodyka ta jest szczególnie pomocna przy interpretacji danych medycznych (w domyśle klinicznych), socjologicznych czy psychologicznych. Zauważyć należy, że doktorant także w swoich pracach nie zawarł informacji o metodzie wyliczenia wielkości próby, a nie sądzę by uważał, by obniżało to ich wiarygodność. W naukach technicznych stosuje się ustandaryzowane metody względnie poddane modyfikacjom ze względu na cele badawcze, a ilość próbek bazuje na gromadzonej wiedzy, standardach normatywnych,

doświadczeniu i dokładności wykorzystywanej aparatury. Ma to uzasadnienie naukowe, praktyczne i ekonomiczne, bowiem tak metodologia wytwarzania próbek, jak i stosowane metody pomiarowe cechują się dużą powtarzalnością. Zastanawiam się zatem, czy nie było celowym wykluczenie tego kryterium z obliczeń, aby ograniczyć jego wpływ na ocenę stroniczości, aczkolwiek przedstawione dane w części wynikowej wskazują, że wpływ takiej zmiany byłby niewielki. Podobną opinię mam nt. niektórych innych kryteriów, które są szerzej omawiane w części dyskusyjnej. W mojej opinii marginalne znaczenie mają wymienione na stronie 89 uwagi dotyczące braku informacji dotyczących przykładowo osoby projektującej próbkę czy opisującej i odczytującej wyniki, które w badaniach tego rodzaju są co do zasady niespotykane. Chciałbym się także w tym miejscu zapytać co uzasadniało, zdaniem autora, przyjęcie tak restrykcyjne wartości poziomu istotności $\alpha=0,01$ w badaniach własności mechanicznych oraz innych badaniach laboratoryjnych? Ponadto w pracach 2 i 3 stwierdza się, że do oceny normalności rozkładu stosowano test t-studenta. Czy nie jest to błędem edytorskim, bowiem nie podano jakiego testu używano do porównania par średnich, a do tego celu z powodzeniem stosuje się właśnie test t-studenta.

Cześć wynikową rozprawy zawartą na stronach od 42 do 86 podzielono na trzy podstawowe podrozdziały odpowiadające treściom kolejnych artykułów. W części pierwszej opisano wyniki badań danych literaturowych prowadzących do konstatacji, iż brak jest dotychczas wyraźnych podstaw do stwierdzenia wpływu stosowania analizowanych technologii na finalne zróżnicowanie badań wytrzymałościowych. W kolejnej części przedstawiono wyniki własnych badań eksperymentalnych właściwości materiałowych, cech powierzchni i testów mikrobiologicznych. Prezentacja rezultatów jest czytelna i przejrzysta, obejmuje szereg szczegółowych tabel oraz rycin. W części opisowej zawarto odniesienia do wyników analiz statystycznych. Ta część pracy nie budzi moich zastrzeżeń.

Kolejną częścią rozprawy jest dyskusja rezultatów (od strony 87 do 97), którą otwiera omówienie rezultatów analizy literaturowej. Uzyskane wyniki analiz bibliograficznych posłużyły do obiektywnego uzasadnienia dalszych badań laboratoryjnych. Wskazuje się tu jednak np. na stronie 90 na szereg uwarunkowań technologicznych, które choć w pełni zasadne, to nie wynikają z procesu analizy zebranych danych i nie są dyskutowane w ich kontekście. W tej części rozprawy bardzo słusznie wskazany został problem utraty właściwości mechanicznych w trakcie długotrwałego stosowania ceramiki tego typu w środowisku jamy ustnej wraz z identyfikacją jego przyczyn i konsekwencji wynikających z tego dla zastosowań klinicznych. Wiedza ta nie przełożyła się jednak na przyjęty tok postępowania i nie była dyskutowana w kontekście rezultatów własnych. Nieco szkoda, bowiem zbadanie wpływu starzenia ceramiki otrzymanych różnymi metodami jako rozszerzenia obecnych badań byłoby zapewne nader interesujące. W dalszej kolejności autor dyskutuje wyniki własnych badań właściwości mechanicznych na tle rezultatów innych autorów wykazując się przy tym dużą erudycją, ostrożnością i zdrowym krytycyzmem identyfikując możliwe przyczyny technologiczne i materiałowe rozbieżności uzyskiwanych rezultatów. W dyskusji nieco brakuje dywagacji nad możliwymi przyczynami różnic gęstości i odniesienia się do ich praktycznego znaczenia w zastosowaniach praktycznych. Ostatnia część dyskusji dotyczy badań mikrobiologicznych. Autor skupia się na przedstawieniu aspektów technologicznych i materiałowych (w tym potencjalnej obróbki powierzchni) wskazując konsekwencje kliniczne oraz korzyści ze

stosowania poszczególnych rozwiązań. Finalnie w Dyskusji Doktorant słusznie identyfikuje benefity płynące ze stosowania technologii addytywnych, co prowadzi go do słusznej konkluzji, iż technologia ta z przyczyn ekonomicznych i szerokich możliwości wytwórczych jest przyszłościowa, pomimo obecnych, trafnie zidentyfikowanych barier w jej większym rozpowszechnieniu w zastosowaniach stomatologicznych. Analizując całość dyskusji, w tym w zamieszczonych w pracach badawczych, podkreślenia wymaga fakt wysokiej jakości interpretacyjnej tej części prac, której znaczenia w żadnym stopniu nie umniejszają zamieszczone uwagi. Doktorant wykazuje wysoką znajomość warsztatu poruszanej problematyki, analizując własne osiągnięcia na tle rezultatów uzyskanych w innych ośrodkach badawczych na świecie. Podkreślić należy, że dyskusję tak w rozprawie jak i w artykułach przeprowadzono w oparciu o aktualne źródła literaturowe.

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy ich wyników Autor sformułował na stronach od 96 do 97 sześć wniosków, które są odpowiedzią na cele pracy i znajdują oparcie w materiale badawczym. Mam jedynie drobne zastrzeżenie do wniosku stanowiącego, że „badane ceramiki różnią się nieznacznie gęstością, a w technice addytywnej otrzymuje się materiał o mniejszej gęstości, jednak różnica w gęstości jest na tyle mała, że nie wpływa na właściwości mechaniczne.” ponieważ użycie terminu „otrzymuje się” sugeruje, iż chodzi tu o ogólną zasadę, a porównano tymczasem jedynie dwa materiały o różnej proveniencji i nie podano co do szczegółów składu, nie zidentyfikowano przyczyn różnicy gęstości, nie wiemy zatem, czy odnotowana różnica gęstości jest cechą charakterystyczną dla stosowanej technologii, co wskazuje że słuszniejszym byłoby użycie słowa „otrzymano” odnoszącego się do konkretnego, zbadanego przypadku. Nie wskazano ponadto w części dyskusyjnej dlaczego gęstość potencjalnie miałaby determinować właściwości mechaniczne. Pozostałe wnioski są w pełni właściwie sformułowane i nie budzą zastrzeżeń, co ostatecznie dowodzi umiejętności powiązania wiedzy teoretycznej z rezultatami badań i kwalifikacji do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w pełnym zakresie.

Na podkreślenie zasługuje staranność edytorska i językowa rozprawy, bowiem Recenzentowi udało się znaleźć jedynie nieliczne potknięcia, które mają marginalny charakter i nie umniejszają wartości merytorycznej w najmniejszym stopniu. Przykładem takich niedoskonałości może być stwierdzenie, że określano „mikrotwardość Vickersa różnymi oznaczeniami, takimi jak VHN, HV czy kgF/mm²” co jest błędne, bowiem ostatnie wymienione nie jest oznaczeniem, a jednostką. Ponadto, w całej pracy potęgi po jednostkach powinny być w indeksie górnym. Spotykane są potoczne określenia, np. str. 93 „ (...) do zwiększenia liczby kolonii grzybiczych lub jego zjadliwości”. Do przykładowych, drobnych omyłek o charakterze lingwistycznym, czy gramatycznym można zaliczyć sentencje jak: „wydrukowanie modelu, które standardowo” zamiast modeli, „drukarka 3D mogą pracować” zamiast może, „Candida glabrat” zamiast „Candida glabrata”, określenie „sztabek” w odniesieniu do próbek zamiast przyjętego belek względnie prostopadłościennych próbek. Zwrócić również należy uwagę na stosowanie skrótów myślowych, których przykład znajdziemy na str. 18 w sentencji „(...) w wytwarzaniu tlenku cyrkonu technologią druku 3D (...)”, bowiem to nie tlenek cyrkonu jest w ten sposób wytwarzany.

Podsumowanie

Podsumowując recenzję pracy doktorskiej Pana lek. dent. Wojciecha Frąckiewicza pod tytułem „Analiza porównawcza właściwości użytkowych ceramiki dentystycznej z tlenku cyrkonu wytwarzanej przyrostowo i za pomocą frezowania” wykonanej pod opieką promotorską prof. dr hab. n. med. Ewy Sobolewskiej stwierdzam, że oceniam wysoko dokonania Doktoranta, który w opiniowanej pracy dowiódł swojej szerokiej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie nauki medycznej ale i interdyscyplinarnej, sformułował i finalnie rozwiązał oryginalny problem naukowy dzięki umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w oparciu o właściwie dobrany zakres metod badawczych. Uzyskane oryginalne wyniki badań zostały właściwie opracowane i zinterpretowane. Przedstawione w recenzji uwagi mają głównie charakter dyskusyjny, a nieliczne niedoskonałości są nieznaczające dla ogólnie wysokiej oceny osiągnięć naukowych Doktoranta.

W związku z powyższym stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (t.j. Dz. U. z 2020 r., poz. 85 ze zm.) i wnioskuję o dopuszczenie Pana lek. dent. Wojciecha Frąckiewicza do publicznej obrony przygotowanej pracy doktorskiej. Jednocześnie mając na uwadze szeroki zakres prac badawczych, który wymagał opanowania pierwotnie obcego warsztatu badawczego celem osiągnięcia celu mieszczącego się w obszarze nauk medycznych, interdyscyplinarność rozprawy i jej istotne znaczenie kliniczne, z pełnym przekonaniem wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.

