

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Sambok-Kielbowicz pt.:
*„Kształtowanie właściwości użytkowych warstwy powierzchniowej protez
szkieletowych wykonanych metodą przyrostową”*

**wykonana na zlecenie Prodziekana do spraw nauki Wydziału Inżynierii
Biomedycznej Politechniki Śląskiej**

1. Charakterystyka ogólna pracy

Z problemem odtwarzania utraconych lub w jakikolwiek sposób zniszczonych elementów organizmu ludzkość borykała się już od najdawniejszych czasów. W chwili obecnej najczęściej odtwarzane są elementy układu stomatognatycznego. W chwili obecnej, pomimo zwiększonej świadomości odnośnie higieny jamy ustnej oraz coraz lepszych materiałów stosowanych na wypełnienia ubytków zębowych, występują jeszcze potrzeby wykonywania uzupełnień protetycznych w miejsce utraconych z różnych przyczyn zębów własnych pacjenta. Mają one na celu przywrócenie utraconej funkcji żucia poprzez odbudowę braków zębowych, a także przywrócenie prawidłowego funkcjonowania całego aparatu stomatognatycznego, gdyż bardzo często braki uzębienia są przyczyną zaburzeń czynnościowych narządu żucia. We współczesną stomatologię odtwórczą coraz szerzej wkraczają rozwiązania implantologiczne. Jednak z uwagi na ich wysoki koszt, występujące ewentualnie przeciwwskazania do leczenia implantologicznego tradycyjne protezy mają i będą mieć zastosowanie w leczeniu protetycznym. Realizowane jest ono za pomocą różnego rodzaju stałych i ruchomych uzupełnień protetycznych. Jednymi z takich uzupełnień są protezy szkieletowe. Biorąc pod uwagę środowisko jamy ustnej elementom tym stawia się stosunkowo wysokie wymagania, które w dużej mierze zależą od ich stanu powierzchni. Dotyczy to głównie odporności korozyjnej, zapobieganiu uwalniania jonów metali, odporności na zużycie. Nie mniej ważnym

zagadnieniem związanym z higieną jest ograniczenie tworzenia się biofilmu na ich powierzchni.

Doktorantka postawiła sobie za cel opracowanie warunków nanoszenia warstw powierzchniowych o właściwościach bakteriostatycznych i przeciwgrzybiczych stanowiących skuteczną barierę dla przenikania jonów metalicznych do środowiska jamy ustnej.

Problematykę recenzowanej pracy należy więc uznać jako trafną zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i ze względu na możliwości praktycznego zastosowania wyników badań w leczeniu protetycznym.

2. Ocena części literaturowej pracy

Część literaturowa zamieszczona jest w rozdziale PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA i została podzielona na trzy podrozdziały. W pierwszym Autorka szeroko opisuje problematykę środowiska układu stomatognatycznego. Skupiła się na trzech podstawowych zagadnieniach: fizykochemii środowiska jamy ustnej, biomechaniki układu stomatognatycznego i interakcji biomateriałów metalowych z otaczającymi tkankami. Tak przeprowadzona analiza piśmiennictwa jest jak najbardziej prawidłowa. Znajomość fizykochemii środowiska jamy ustnej pomaga w zrozumieniu zachodzących w niej procesów trybologicznych i korozyjnych. Biorąc pod uwagę, że procesy niszczenia korozyjnego i trybologicznego rozpoczynają się od warstw powierzchniowych elementów, taka podbudowa teoretyczna jest, moim zdaniem, niezbędna do zrealizowania celu pracy, jakim jest opracowanie warstw powierzchniowych. W celu zapewnienia prawidłowego funkcjonowania uzupełnień protetycznych niezbędna jest znajomość obciążeń pojawiających się podczas użytkowania tych elementów oraz odpowiednia wytrzymałość mechaniczna materiałów, z których są one wykonane. Znajomość zagadnień dotyczące biomechaniki układu stomatognatycznego pozwala więc na prawidłowe zaprojektowanie uzupełnień protetycznych. Zaprezentowane w przeglądzie piśmiennictwa zagadnienia pozwalają sądzić, że z tymi problemami Doktorantka też sobie poradzi. Nie mniej ważnym problemem, nasilającym się we współczesnym społeczeństwie, są wszelkiego rodzaju alergie. W przypadku elementów protetycznych w jamie ustnej objawiają się one poprzez tzw. alergie kontaktowe. Całkowite ich wyeliminowanie jest raczej niemożliwe jednak odpowiednio dobrane warstwy i powłoki mogą je w znacznym stopniu ograniczyć. Znajomość problematyki dotyczącej interakcji biomateriałów z tkankami jamy ustnej jest niezbędna do zaprojektowania powłok ochronnych na stopach stosowanych w protetyce stomatologicznej. Przegląd piśmiennictwa kończy się podsumowaniem, w którym Autorka na podstawie wniosków

wyciągniętych z opracowania literaturowego uzasadnia podjęcie tematu swoich dalszych badań.

Oceniając tę część pracy stwierdzam, że tak przedstawiona część literaturowa świadczy o posiadaniu przez Doktorantkę wystarczających podstaw teoretycznych do realizacji podjętego tematu. Jedynym zagadnieniem, którego mi w tej części brakuje jest przegląd stosowanych dotychczas metod modyfikacji powierzchni elementów protetycznych. Bez tej części można odnieść wrażenie, że tematyka ta nie była przedmiotem badań, a Autorka pracy jest pionierem, co jest, oczywiście, nieprawdą. Znanych jest szereg różnych modyfikacji powierzchni elementów stosownych w protetyce i dla pełnego obrazu rozpatrywanego zagadnienia należałoby o nie poszerzyć przegląd literatury.

3. Ocena części merytorycznej pracy

Część merytoryczna pracy przedstawiona została w rozdziale drugim zatytułowanym **BADANIA WŁASNE**. W podrozdziale 2.1 Doktorantka, na podstawie przeglądu literatury, formułuje cel pracy, którym jest: **„opracowanie warunków nanoszenia warstwy powierzchniowej metodą ALD o własnościach bakteriostatycznych i przeciwgrzybiczych, stanowiących skuteczną barierę dla przenikania jonów do środowiska jamy ustnej człowieka, na powierzchnię szkieletu protezy ruchomej wykonanej ze stopu CoCr w technologii druku 3D”**. Jednocześnie postawiona została teza badawcza pracy: **„Warstwa powierzchniowa z udziałem powłoki cynkowo-cyrkonowej na podłożu stopu CoCr kształtowana określonymi warunkami technologicznymi procesu o morfologii i właściwościach fizykochemicznych dostosowanych do fizycznych i chemicznych uwarunkowań układu stomatognatycznego poprawia antybakteryjność szkieletu protezy częściowej w środowisku jamy ustnej oraz stanowi skuteczną barierę dla przenikania jonów metalicznych głównych pierwiastków stopowych, co pomoże w utrzymaniu higieny uzębienia resztkowego”**. W dalszej części tego rozdziału przedstawiono zakres pracy mający na celu udowodnienie postawionej tezy. Na samym początku przedstawiono materiał badawczy (zastosowany stop Co-Cr) oraz sposób modyfikacji powierzchni. Moim zdaniem opis modyfikacji powierzchni jest bardzo ubogi i nieprecyzyjny. Nie do końca rozumiem zapis „naniesiono powłokę ZnO + ZrO₂ w proporcjach 10:90, 50:50, 90:10 ...”. Czy te proporcje dotyczą udziału tych tlenków? Jeżeli tak, to wydaje mi się, że jest to w sprzeczności z dalszą częścią zdania „...w konfiguracji naprzemiennej” wskazującej na grubości. Brakuje także wyjaśnienia, czym Autorka kierowała się dobierając takie stosunki. Uważam także, że o samej metodzie nanoszenia można było napisać więcej niż tylko zdawkowe

„... z wykorzystaniem niskotemperaturowej metody Atomic Layer Deposition (ALD)”. Brakuje również opisu sposobu oznaczania próbek. W dalszej części pracy pojawiają się oznaczenia 10_90_300, 10_90_200. Domyślam się, że ostatnia liczba mówi temperaturze procesu, jednak należało to wcześniej opisać.

W podrozdziale 2.3 wymieniono i opisano zastosowane badania otrzymanych powłok. Uzyskane powłoki poddano szerokim badaniom. W pierwszej kolejności były to badania struktury i składu chemicznego – określono właściwości fizyczne, chemiczne oraz właściwości biologiczne. Takie podejście uważam za jak najbardziej słuszne z uwagi na to, że struktura i skład chemiczny materiału jest czynnikiem, który w decydujący sposób wpływa na jego właściwości. Ponadto pozwala na bardziej kompleksową ocenę badanego materiału, a tym samym rozszerza możliwości wysuwania wniosków wskazując kierunki dalszej modyfikacji. Nie mniej istotne było zbadanie właściwości fizycznych (grubość powłok, ich adhezja do podłoża, odporność na ścieranie, zwilżalność i swobodna energia powierzchni oraz topografia). Wszystkie te parametry odgrywają kluczową rolę podczas eksploatacji elementów z powłokami ochronnymi. Biorąc pod uwagę środowisko, w jakim eksploatowane będą materiały z naniesionymi powłokami (jama ustna), istotna jest ich odporność korozyjna, która została określona w badaniach z wykorzystaniem elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej i badań potencjodynamicznych. Jako cel pracy doktorantka wyznaczyła otrzymanie powłok bakteriostatycznych i przeciwgrzybiczych, stanowiących jednocześnie barierę dla przenikania jonów metali do środowiska jamy ustnej. Badaniami potwierdzającymi zrealizowanie tego celu były badania ilości uwalnianych jonów i badania adhezji bakterii do podłoża. W pracy nie przeprowadzono badań mających potwierdzić, że otrzymane powłoki są przeciwgrzybiczne, tym samym ta część celu badań nie została zrealizowana. Podsumowując część badawczą pracy należy podkreślić bardzo szerokie i kompleksowe podejście do badań otrzymanych powłok. Otrzymane przez Doktorantkę wyniki badań wskazują, że powłoki $ZnO+ZrO_2$ zwiększają odporność na korozję, odporność na ścieranie, jednocześnie posiadają adhezję do podłoża pozwalającą na ich eksploatację w warunkach jamy ustnej, bez ryzyka oderwania od podłoża. Jednym z warunków decydujących o możliwości tworzenia się biofilmu jest stan powierzchni elementów. Istotnymi parametrami są chropowatość powierzchni i jej zwilżalność. Wprawdzie chropowatość powierzchni zależy od uprzedniej obróbki mechanicznej, ale przeprowadzone w ocenianej pracy badania nie wykazały istotnych zmian parametrów chropowatości po nanoszeniu powłok $ZnO+ZrO_2$. Ponieważ badane warstwy miały niewielką grubość, należało spodziewać się takich wyników. Biorąc pod uwagę, że badania zwilżalności wykazały ich

hydrofobowość, należy spodziewać się ograniczenia kolonizacji powierzchni przez bakterie, co zresztą zostało potwierdzone badaniami adhezji bakterii do modyfikowanych podłoży.

Podsumowując tę część pracy, można stwierdzić, że Doktorantka rozwiązała prawidłowo postawiony problem badawczy, używając do tego celu adekwatnych technik badawczych, jednocześnie wykazując się znajomością ich wykonywania i stosowania. Wykonane eksperymenty nie budzą wątpliwości oraz zastrzeżeń merytorycznych, a ich interpretacja świadczy o zaawansowanym warsztacie naukowym Autorki, opanowaniu podstaw teoretycznych badanego problemu oraz znajomości stanu osiągnięć w obszarze wiedzy związanej bezpośrednio z realizowaną pracą. Lektura pracy pozwala mi stwierdzić, że Doktorantka wywiązała się z postawionego sobie zadania badawczego.

4. Zagadnienia polemiczne i uwagi

Oprócz niewątpliwych zalet rozprawa, jak każda tego typu praca, zawiera pewne nieścisłości, a także sformułowania i ujęcia, które mogą być przez recenzenta postrzegane w inny sposób lub w formie rozszerzonej, a obowiązkiem ciążącym na recenzencie jest zwrócić na nie uwagę. Część z nich została już wcześniej zasygnalizowana podczas oceny części merytorycznej pracy i nie ma potrzeby ich tutaj powtarzać. W tej części recenzji chciałbym zwrócić uwagę na pewną niezgodność między tytułem pracy, a jej treścią. Mianowicie tytuł pracy brzmi: „Kształtowanie właściwości użytkowych warstwy powierzchniowej protez szkieletowych wykonywanych technologią przyrostowa”. O ile pierwsza część tematu dotycząca kształtowania właściwości użytkowych nie budzi zastrzeżeń, o tyle następna tak. Nie były badane protezy szkieletowe, tylko materiał z którego są wykonywane. Z opisu materiału do badań wynika, że badane były gotowe krążki ze stopu EOSCobaltChrome RPD. Nie jest napisane jaką metodą otrzymane, czy przez spiekanie, czy zakupiony gotowy materiał w postaci tych krążków. Kolejna uwaga dotyczy opisu prowadzonych badań. Powinny one być zdecydowanie bardziej precyzyjne, szczególnie jeśli chodzi o warunki i parametry w jakich były prowadzone. Badania powinny być tak opisane, aby każdy mógł je powtórzyć, ewentualnie odnieść do wyników swoich badań, co przy tak skąpym opisie nie jest możliwe.

Chciałbym podkreślić, że przytoczone uwagi w niewielkim stopniu obniżają wartości pracy i należy je traktować jako wskazówki na przyszłość, szczególnie w kontekście publikowania wyników pracy w czasopiśmie naukowych..

5. Ocena końcowa

Przytoczone uwagi tylko w niewielkim stopniu obniżają moją pozytywną ocenę recenzowanej rozprawy. Doktorantka zrealizowała w sposób wystarczający postawione sobie

cele, a tym samym zrealizowała zakres merytoryczny pracy, której tematyka jest ważna zarówno w aspekcie poznawczym, jak i klinicznym. Wykazała się przy tym odpowiednią wiedzą teoretyczną w zakresie dyscypliny Inżynieria Biomedyczna, a zastosowane metody badawcze wskazują na Jej umiejętność w samodzielnym prowadzeniu eksperymentów oraz opracowania i analizy wyników, a także wyciągania wniosków. **Przedstawione w pracy rozwiązania dotyczące kształtowania warstwy wierzchniej protez szkieletowych są oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego wnoszącym wkład w dyscyplinę Inżynieria Biomedyczna.**

Wniosek końcowy

Na podstawie powyższej opinii o rozprawie doktorskiej mgr inż. Agaty Sambok-Kielbowicz pt. *„Kształtowanie właściwości użytkowych warstwy powierzchniowej protez szkieletowych wykonanych metodą przyrostową”* stwierdzam, że wykazała się ona wiedzą umożliwiającą prowadzenie samodzielnych badań naukowych, a oceniana praca jest samodzielnym i oryginalnym rozwiązaniem problemu badawczego. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 ust. 1, 2 i 3 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. 2023 poz. 742). Przedkładam więc Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej wniosek o dopuszczenie mgr inż. Agaty Sambok-Kielbowicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Leszek Klimek