



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
KATEDRA BIOMATERIAŁÓW I KOMPOZYTÓW

Prof. dr hab. inż. Elżbieta PAMUŁA
Prodziekan ds. Nauki WIMiC

Kraków, 1 grudnia 2023

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Błaszczyk
pt. *"Modelowanie 3D protez twarzoczaszki dedykowanych
dla leczenia rozległych ubytków twarzy w obrębie
oczodołu i nosa systemem Cochlear Vistafix® 3"*
zrealizowanej pod kierunkiem

Promotora prof. dr. hab. inż. Zygmunta Wróbla
w ramach projektu Ministerstwa Edukacji i Nauki: Doktorat
Wdrożeniowy III Edycja nr DWD/3/28/2019 w latach 2019-2023

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały
Rady Naukowej Instytutu Inżynierii Biomedycznej Uniwersytetu
Śląskiego oraz zlecenia Dyrektora Instytutu Inżynierii Biomedycznej
dr. hab. inż. Sebastiana Stacha, Prof. UŚ
z dnia 22 września 2023

Zabiegi chirurgiczne mające na celu zrekonstruowanie
ubytków w obrębie twarzoczaszki, głównie u pacjentów
onkologicznych, wymagają indywidualnego podejścia i zastosowania
specjalnych systemów w postaci śrub zakotwiczonych w kości, do
których następnie przymocowuje się epitezy wykonane z akrylanów
i silikonów. O ile mocowanie protez małżowin usznych za pomocą
takich systemów jest stosunkowo proste i dość często
wykorzystywane, to rekonstrukcje ubytków twarzy w obrębie nosa
i oczodołów stanowią znacznie większe wyzwanie z uwagi na
utrudniony dostęp, niewielką grubość struktur kostnych i ich bardziej
złożoną budowę anatomiczną. Oczywistym jest więc, że zabiegi takie
powinny zostać wcześniej dobrze zaplanowane a chirurdzy, wraz



WIMiC

**Akademia Górniczo-Hutnicza | Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Biomateriałów i Kompozytów**

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. +48 12 617 44 48, fax. +48 12 617 33 71
e-mail: epamula@agh.edu.pl, www.ceramika.agh.edu.pl
Regon: 000001577, NIP: 675 000 19 23

z całym zespołem uczestniczącym w operacji, powinni zostać odpowiednio przeszkoleni.

W kontekście powyższych przesłanek pani mgr inż. Magdalena Błaszczyk w ramach swojej pracy doktorskiej podjęła się zaadoptowania dostępnego komercyjnie systemu Cochlear™ Vistafix 3, który standardowo wykorzystuje się do protezowania małżowin usznych, do protezowania twarzoczaszki w obszarze oczodołów i nosa. Aby zrealizować postawiony cel zrealizowała szereg badań, którymi było: (1) opracowanie materiału kompozytowego, przydatnego do formowania spersonalizowanych modeli anatomicznych metodą druku 3D, (2) zaprojektowanie i wykonanie prototypów instrumentarium służącego do precyzyjnego osadzania implantów w pożądanym miejscu, oraz (3) wykazanie, że zaproponowane przez nią rozwiązania są przydatne w planowaniu operacji i treningu chirurga.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że wybór tematyki rozprawy doktorskiej jest trafny, aktualny i dobrze uzasadniony.

Praca doktorska pani mgr inż. Magdaleny Błaszczyk liczy 130 stron. Na początku pracy zamieszczono *Wykaz skrótów*, *Słownik*, *Wykaz tabel i Wykaz rycin*. Kolejne rozdziały to *Wstęp* (13 str.), *Uzasadnienie podjęcia tematu* zawierające cel i tezy pracy (4 str.), *Materiały i metodyka* (10 str.), *Wyniki* (54 str.), *Podsumowanie* (6 str.), *Wnioski* (1 str.). Pracę zamyka *Piśmiennictwo* (191 pozycji), *Załączniki* i *Dorobek naukowy doktorantki*. Do pracy dołączono streszczenie w języku polskim. Układ pracy jest typowy dla rozpraw doktorskich, a pracę cechuje dobra proporcja między częścią literaturową a doświadczalną.

W Rozdziale 1 doktorantka pokrótce opisała metody protezowania ubytków w obrębie twarzoczaszki, kładąc szczególny nacisk na tytanowe implanty kotwiczone w kości Vistafix. Podkreśliła, że na efekty końcowe zabiegu ma istotny wpływ rozmieszczenie, liczba i kąt wprowadzenia implantów we właściwe miejsca

anatomiczne. Zauważyła jednak, że w piśmiennictwie jest mało pozycji opisujących sposób implantacji powyższych systemów w obrębie oczodołów oraz nosa i że nie zostały opracowane standardowe procedury prowadzenia tego typu zabiegów chirurgicznych. W dalszej części tego rozdziału doktorantka opisała budowę anatomiczną ludzkiej czaszki i jej modele wykorzystywane przez chirurgów w celach treningowych, skupiając się na tworzywach kompozytowych. Na końcu stwierdziła, że badania trybologiczne pozwolą na ocenę zużycia współpracujących materiałów – w tym przypadku stalowych wiertel w kontakcie z kompozytem, z którego wytwarzała treningowe modele anatomiczne.

Uważam, że Wstęp literaturowy został właściwie zredagowany a omawiane w nim zagadnienia są uzasadnione tematyką doktoratu. Jednak można w tekście zauważyć pewne niefortunne i nieściśle sformułowania, które przytaczam z obowiązku recenzentki. Praktycznie w całej pracy doktorantka używa skrótu myślowego i zamiast pisać „przebieg zabiegu chirurgicznego” pisze „przebieg chirurgii” (str. 5), zamiast „zabieg chirurgiczny” pisze „chirurgia” (np. str. 23), zamiast „planowanie zabiegu chirurgicznego” pisze „planowanie chirurgii” (str. 25). Podobnie kilkakrotnie pojawia się termin „spasowanie” protez z ciałem pacjenta (str. 20 i 22), może lepiej byłoby użyć termin „dopasowanie”, czy termin „złożenie materiałow” w kontekście „pary trącej” w badaniach trybologicznych (str. 26, 29). Pojawiają się też pewne błędy merytoryczne, gdyż np. autorka pisze, że „talk cechuje się bardzo dobrą rozpuszczalnością w polimerach” – zapewne chodziło tu o „dyspersję”. Nie jest też jasne, co autorka miała na myśli pisząc o parametrach chropowatości powierzchni: „amplitudowych, poziomych oraz hybrydowych” (str. 29).

W Rozdziale 2 doktorantka właściwie uzasadniła konieczność opracowania procedury implantacji systemu Vistafix, nakreśliła cel naukowy i tezy doktoratu dotyczące opracowania tworzywa kompozytowego przeznaczonego do wytwarzania modeli twarzoczaszki do treningów chirurgicznych i planowania przedoperacyjnego oraz opracowania nowego przymiaru

chirurgicznego, umożliwiającego precyzyjne osadzenie implantu w zaplanowanym miejscu.

W Rozdziale 3 autorka opisała materiały i metody dotyczące najpierw wytworzenia kompozytów zbudowanych z poliwęglanu, talku i poliolu, przetworzenia ich w filament, wytworzenia próbek metodą druku 3D a następnie oceny ich mikrostruktury, chropowatości i właściwości trybologicznych. Następnie opisano metodologię badań polegającą na wykonywaniu w próbkach otworów za pomocą wiertła stalowego oraz sposób wytworzenia modelu twarzoczaszki na podstawie skanów pacjentów uzyskanych za pomocą tomografii komputerowej. Na końcu zaprezentowano sposób otrzymania przymiaru chirurgicznego do ustalania kąta implantacji systemu Vistafix. W tym przypadku użyto również techniki przyrostowej, ale bazującej na stereolitografii.

W Rozdziale 4 opisano wyniki badań, dotyczące kompozytu i jego właściwości trybologicznych a następnie wytworzenia z niego modeli czaszki. Za pomocą wylączarki ślimakowej wytworzono filamenty z 5 kompozytów o osnowie poliwęglanowej o różnym udziale talku i poliolu; z nich potem wydrukowano trójwymiarowe modele, w których można było wykonać 15 niezależnych odwiertów. Oceniano stabilność kształtek, temperaturę w trakcie wiercenia oraz przeprowadzono badania trybologiczne w parze trącej stal-materiał. Badania wykazały, że konieczne jest suszenie filamentu przed drukiem, co istotnie poprawia właściwości końcowe wyrobu. Doktorantka w pracy stwierdziła, że dla kompozytu PC3 i PC2 otrzymano najbardziej zbliżone wyniki do materiału komercyjnego (str. 51), jednak w Tabeli 6, do której odwołuje się doktorantka, zestawiono wyniki tylko dla materiału C3. Czy autorka, w czasie publicznej obrony, mogłaby skomentować i doprecyzować powyższe stwierdzenie? Na str. 50 autorka pisze, że „dzięki obecności talku poliwęglan o amorficznej budowie ciała posiada bardziej uporządkowaną strukturę”. Podobnie, na str. 65 pisze, że „dodanie talku daje wzrost krystaliczności kosztem części amorficznej”. Proszę o wyjaśnienie, czy badano krystaliczność poliwęglanu? Ponadto w dyskusji (str. 51) autorka pisze o zmianach właściwości

mechanicznych (granica plastyczności, moduł Younga), ale nie prezentuje tych wyników w pracy. Czy takie badania były przeprowadzone, a jeśli tak, to proszę o informację jak je wykonywano (wielkość i kształt próbek, liczba powtórzeń, parametry). Zaintrygowały mnie też wyniki zmiany temperatury próbek zawarte w Tabeli 6 podczas wiercenia otworów. Czy doktoranta mogłaby wyjaśnić występowanie tak wielkich różnic pomiędzy pierwszym i drugim użyciem wiertła szczególnie dla próbki 15 i to niezależnie od rodzaju materiału? Proszę też o komentarz, czy w opinii doktorantki badania tribologiczne w układzie trzpień-tarcza właściwie korespondują z procesem wiercenia otworów w opracowanych przez nią kompozytach?

W dalszej części Rozdziału 4 doktorantka skupiła się na analizie literatury w zakresie planowania zabiegu, budowy kości czaszki w obrębie oczodołów i nosa i otrzymania modelu. Za bardzo wartościowe uważam dokonanie analiz grubości anatomicznych struktur kostnych w obszarze oczodołów na podstawie wyników tomografii komputerowej pacjentów, z których jasno wynika, w które miejsca powinno się wprowadzać implanty. Na podstawie tych danych było możliwe zaprojektowanie modelu czaszki do celów treningowych dla chirurgów przygotowujących się do zabiegu. W tym miejscu nasuwa mi się kolejne pytanie: jaka była liczba pacjentów, których dane z tomografii komputerowej wykorzystano do opracowania modelu czaszki?

Na podkreślenie zasługuje przeprowadzenie przez doktorantkę badań ankietowych wśród specjalistów zaangażowanych w zabieg chirurgiczny, z których wynika, że pożądanym byłoby opracowanie instrumentarium chirurgicznego, w postaci przymiaru, który pomógłby lekarzowi na wprowadzenie implantu pod odpowiednim kątem. Bazując na powyższych przesłankach mgr inż. Magdalena Błaszczuk zaprojektowała urządzenie pozwalające monitorować kąt wprowadzania implantu opisane w zgłoszeniu patentowym P.445914 pt. „Wskaźnik kąta implantacji”. Opracowane urządzenie zostało pozytywnie ocenione przez lekarzy specjalizujących się w tego typu zabiegach chirurgicznych. Podkreśla to wyraźnie nie tylko naukowy ale również aplikacyjny i wdrożeniowy charakter pracy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Błaszczuk.

W rozdziałach 5 i 6 doktorantka podsumowała wyniki i zestawiła najważniejsze wnioski ze swoich badań. Mam jedno główne zastrzeżenie do strony redakcyjnej jej części pracy, którego uwzględnienie ułatwiłoby czytelnikowi podążanie za rozumowaniem autorki, a zwracam na nie uwagę, aby doktorantka unikała tego podejścia w przyszłych swoich pracach. Np. na str. 104 i 105 autorka opisuje swoje próbki poprzez udział talku i poliolu w gramach (odpowiednio 7 i 5 g), przypadających na 700 g poliwęglanu. Na str. 105 i 106 używa już procentów wagowych. Czytelnik może czuć się nieco zagubiony, czy to są te same próbki czy inne, a trudno jest co chwila wracać do str. 36, w której zestawiono skład badanych kompozytów.

Powyższe uwagi nie umniejszają jednak mojej wysokiej oceny merytorycznej recenzowanej pracy. Pozostałe pytania i komentarze są zaproszeniem doktorantki do dyskusji naukowej w czasie publicznej obrony.

Podsumowując chciałabym podkreślić, że praca doktorska mgr inż. Magdaleny Błaszczuk pt. *"Modelowanie 3D protez twarzoczaszki dedykowanych dla leczenia rozległych ubytków twarzy w obrębie oczodołu i nosa systemem Cochlear Vistafix® 3"* spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021 r. poz. 478).

Wnoszę więc o przyjęcie recenzowanej rozprawy oraz dopuszczenie pani mgr inż. Magdaleny Błaszczuk do obrony.