



Wrocław, 11.02.2020 r.

Dr hab. n. wet. Joanna Klećkowska-Nawrot, prof. nadzw. UPWr
Zakład Anatomii Zwierząt
Katedra Biostruktury i Fizjologii Zwierząt
Wydz. Medycyny Weterynaryjnej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Koźuchowska 1/3
51-631 Wrocław

RN-BM/79/2020

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Dudziak-Milkowskiej

pt.: „Ocena właściwości biomechanicznych zindywidualizowanych płytek do osteosyntezy żuchwy wytworzonych w technologii druku 3D – badania *in vitro*”

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Nauki Medyczne Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu nr 60/XII/2020, podjęta w dniu 19.12.2019 r.

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Uważam, że materiały przedstawione mi do recenzji zostały opracowane w sposób niezwykle staranny, przejrzysty i rzetelny, co świadczy o tym że, Doktorantka została odpowiednio przygotowana przez Promotora oraz Promotora Pomocniczego do roli młodego naukowca.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Dudziak-Milkowskiej, pt.: „Ocena właściwości biomechanicznych zindywidualizowanych płytek do osteosyntezy żuchwy wytworzonych w technologii druku 3D – badania *in vitro*” poświęcona jest ocenie zastosowania technologii druku 3D jako metody produkcji zindywidualizowanych płytek do osteosyntezy żuchwy. Od czasu wynalezienia przez Hansa Luhra kompresyjnej płytki do osteosyntezy żuchwy w połowie lat 60. XX w. stale prowadzone są badania nad

udoskonaleniem tej metody. Zasadniczo koncentrują się one na miniaturyzacji stosowanych płytek oraz wykorzystaniu do ich produkcji nowych, lepszych biomateriałów, zarówno metalicznych jak i bioresorbowalnych polimerów. Morfologia kości szkieletu czaszkowo-twarzowego a także lokalizacja linii złamania nierzadko warunkują śródzabiegową konieczność cięcia i/lub doginania standardowych płytek, co narusza ich pasywną powłokę - sprzyjając procesom korozji oraz obniża wytrzymałość mechaniczną. Nowatorskie rozwiązanie w postaci modułowej płytki do osteosyntezy żuchwy zaproponowane przez firmę ScienceBioTech pozwala na wyeliminowanie niepożądanego mechanicznego ingerencji operatora w strukturę płytek standardowych.

Doktorantka podjęła się doświadczalnej porównawczej oceny modułowego zespolenia płytkowego z ugruntowanym klinicznie zespoleniem standardowym. Istotną częścią dysertacji jest ocena przydatności technologii SLM (ang. *selective laser melting*) w wytwarzaniu płytek modułowych przy zastosowaniu biokompatybilnego stopu tytanu.

W ocenie metodologicznej recenzowana praca ma układ typowy. Jest on prawidłowy również w odniesieniu do struktury podziału treści. Na pracę składa się 9 rozdziałów zawartych na 105 stronach, na których zaprezentowano 17 tabel oraz 66 rycin w tym 12 wykresów. Dodatkowo zamieszczono wykaz stosowanych skrótów, streszczenie w języku polskim i w języku angielskim. W tekście zacytowano poprawnie 115 pozycji literatury (wszystkie cytowane w pracy). Bardzo liczny przegląd piśmiennictwa (w większości anglojęzyczny) pozwala na zaznajomienie się z aktualnym stanem wiedzy w zakresie podjętych badań, stanowi podbudowę teoretyczną do zrozumienia zasadności ich realizacji przez Doktorantkę a także świadczy o dużej wiedzy Kandydatki aplikującej do stopnia doktora.

W rozdziałach pt.: „Wstęp”, „Przegląd Literatury” oraz „Podstawy Metodologiczne Przeprowadzonych Badań” przedstawionych na 23 stronach i podpartych licznymi rycinami, które w istotny sposób wzbogacają dysertację, Doktorantka zaznajomiła recenzenta z tematem swoich badań poprzez opis budowy histologicznej kości (1,5 strony), leczenia złamań kości (1,5 strony), osteosyntezy kości (2 strony), budowy anatomicznej kości żuchwy (2 strony), biomechaniki żuchwy (2 strony), technologii generatywnych (4 strony) oraz obszernego podrozdziału dotyczącego zagadnień związanych ze złamaniami kości żuchwy (7,5 strony).

Aby umożliwić całościową realizację pracy badawczej Doktorantka postawiła następujące 4 spójne główne cele (1 strona):

1. Wytworzenie prototypu płytek modułowych cechujących się możliwością indywidualnego dopasowania, przewidzianych do osteosyntezy kości żuchwy;
2. Zapewnienie jak najlepszej stabilizacji odłamów kostnych po urazach;
3. Porównanie właściwości osteosyntezy płytek modułowych wytworzonych metodą SLM (ang. *selective laser melting*) z wybranymi płytkami standardowymi;
4. Ocena możliwości zastosowania drukarki 3D SLM (ang. *selective laser melting*) do wytworzenia płytek z biokompatybilnych stopów metalicznych.

Rozdział pt.: „Materiał oraz Metody” ocenianej pracy doktorskiej został przez Doktorantkę podzielony na odpowiednie podrozdziały: materiały, grupy badane, układ pomiarowy, stanowisko badawcze oraz analizowane obszary żuchwy. Rozdział „Materiał i Metody” obejmuje 9 stron, zawiera 10 rycin i 4 tabele. W sposób klarowny zostały przedstawione oceniane materiały: modułowe płytki do osteosyntezy wytworzone na podstawie wzoru użytkowego opracowanego przez firmę ScienceBio Tech. wykonane z biokompatybilnego stopu tytanu Ti₆Al₄V metodą SLM (ang. *selective laser melting*); płytki kontrolne (proste i w kształcie litery L) firmy Modus oraz poliuretanowe modele żuchwy (12 sztuk) firmy Synbone AG.

Badania zostały przeprowadzone w 4 grupach badawczych – grupa I i grupa II to grupy porównawcze, gdzie zastosowano płytki standardowe proste i w kształcie litery L firmy Modus oraz grupa III i grupa IV, gdzie użyto płytek modułowych prostych i w kształcie litery L wytworzonych metodą SLM (ang. *selective laser melting*). Poliuretanowe modele żuchwy przecięto w miejscu najczęściej spotykanych złamań żuchwy oraz w miejscu występowania największych obciążeń czyli w miejscu działania siły mięśni żwaczy. Analizę trwałości połączenia przeprowadzono w dwóch stosowanych konfiguracjach: osteosynteza nr 1 oraz osteosynteza nr 2.

W ocenie statystycznej otrzymanych wyników dobrano odpowiednie testy statystyczne.

Wyniki badań Doktorantka ujęła w formie treści pisanej, rycinach oraz zestawień tabelarycznych i wykresów. Wyniki w sposób klarowny przedstawiono na 30 stronach, 21 rycinach, 13 tabelach i 12 wykresach. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła zarówno pierwszy-wstępny etap badań biomechanicznych, który posłużył jako model referencyjny oraz przeanalizowała swoje wyniki badań otrzymane w trakcie doświadczeń. Pragnę jednocześnie zaznaczyć, że rozdział ten charakteryzuje się wysoką jakością wykonanych fotografii, które znacząco wzbogacają prezentowaną rozprawę.

W rozdziale „Dyskusja” w sposób uporządkowany i przejrzysty Doktorantka odnosi się do obserwacji innych autorów (krajowych jak i zagranicznych). Zarówno kształt jak i objętość (14 stron) dyskusji uważam za satysfakcjonujące. Doktorantka w sposób spójny i klarowny przeprowadziła logiczny wywód, co dowodzi dużego odczytania, jak i właściwego opanowania warsztatu pisarskiego.

Na podstawie uzyskanych wyników badań Doktorantka sformułowała 4 następujące wnioski, które stanowią odpowiedź na postawione cele rozprawy:

1. Możliwe jest wytworzenie modułowych płytek do osteosyntezy kości żuchwy, cechujących się indywidualnością dopasowania oraz uniwersalnością, dzięki czemu zapewniają lepszą stabilizację osiową odłamów kostnych;
2. Płytki składające się z kilku mniejszych elementów modułowych zapewniają równie dobrą stabilizację odłamów kostnych po urazach żuchwy, jak metody stosowane dotychczas;
3. Wytworzony prototyp płytek modułowych spełnia podobne parametry osteosyntezy jak standardowo stosowane płytki;
4. Technologia produkcji SLM (ang. *selective laser melting*) może być z powodzeniem wykorzystywana w celu wytwarzania płytek do osteosyntezy z biokompatybilnych stopów metalicznych.

Uwagi:

1. Obecność nielicznych błędów stylistycznych.
2. W podrozdziale „Budowa anatomiczna kości żuchwy” zauważyłam niewielkie niedociągnięcia i błędy, które należałoby poprawić przed przygotowaniem pracy do druku.
 - opisując budowę żuchwy należy dokładnie wymienić mięśnie i więzadła związane z tą kością.
 - dół żuchwowy kości skroniowej – jest „*fossa temporalis*” a powinno być „*fossa mandibularis ossis temporalis*” według *Terminologia Anatomica*.
 - należy konsekwentnie stosować łacińskie mianownictwo anatomiczne tj. brak nazwy łacińskiej – nerw, tętnica i żyły zębodołowe dolne.
 - proszę o dokładne sprecyzowanie jakie struktury w ośrodkowym układzie nerwowym (OUN) odpowiedzialne są za cykl odruchowy związany z zachowaniem funkcji gryzienia i żucia, o którym wspomina Doktorantka w swojej dysertacji.

Powyższe uwagi nie umniejszają wysokiej wartości merytorycznej ocenianej rozprawy doktorskiej.

Wnioski końcowe

Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska wskazuje, że Doktorantka wykazała się umiejętnościami samodzielnego planowania i wykonywania badań z wykorzystaniem nowoczesnych metod analitycznych, statystycznych oraz laboratoryjnych.

Rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Dudziak-Milkowskiej to nowatorskie dzieło merytorycznie i praktycznie wartościowe, w związku z powyższym wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki Medyczne Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu o wyróżnienie stosowną nagrodą.

Stwierdzam że, przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.). W oparciu o powyższe mam zaszczyt przedstawić Wysokiej Radzie Dyscypliny Nauki Medyczne Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Katarzyny Dudziak-Milkowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. n. wet. Joanna Klećkowska-Nawrot, prof. nadzw. UPWr

