Zielona Góra 29.09.2023r.

Prof. UZ dr hab. n. med. Romuald Cichoń

Klinika Kardiochirurgii Collegium Medicum

Uniwersytet Zielonogórski

RECENZJA

w przewodzie habilitacyjnym

dr inż. Macieja Gawlikowskiego

Przedmiotem oceny jest osiągnięcie naukowe oraz dorobek naukowo-badawczy i dydaktyczny dr inż. Macieja Gawlikowskiego w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna, wszczętym decyzją Rady Doskonałości Naukowej nr DRKN.Z2.400.58.2023 z dnia 29 czerwca 2023r. oraz uchwałą nr 871 Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna z dnia 13 lipca 2023 r. na wniosek kandydata. Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Pani Prof. dr hab. inż. Ewy Piętki, z dnia 17 lipca 2023 r., informujące o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym.

Opinia została opracowana na podstawie dokumentacji wniosku zawierającej m.in. autoreferat, wykaz oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych-proponowanych jako osiągniecie zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), pełny wykaz publikacji Habilitanta, informacje o innych osiągnięciach naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna dydaktycznych, współpracy naukowej i działalności popularyzatorskiej.

Na przedłożoną do oceny dokumentację do postępowania habilitacyjnego składają się w szczególności:

- wniosek Kandydata
- kopia dyplomu doktora nauk technicznych Habilitanta w oryginale i uwierzytelnione tłumaczenie dyplomu na język polski;

- autoreferat Habilitanta, w języku polskim i angielskim, zawierający opis jego osiągnięcia naukowego a także jego aktywności naukowej;
- informacje o wykształceniu, historii pracy naukowej, realizowanych tematów współpracy naukowej, osiągnięciach w pozyskiwaniu finansowania badań naukowych, działalności dydaktycznej, przygotowane w języku polskim i angielskim;
- wykaz zrealizowanych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych wraz z opisem
- wykaz opublikowanych prac naukowych i twórczych;

Dane ogólne o Kandydacie

Dr inż. Maciej Gawlikowski uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Politechnice Białostockiej na Wydziale Elektrycznym w dyscyplinie: elektrotechnika i specjalności: metrologia wielkości nieelektrycznych w dniu 20 stycznia 2011 r. Tematem pracy doktorskiej było: *„Badania modelowe wybranych parametrów metrologicznych układu krążenia dla potrzeb diagnostyki hemodynamicznej"*, a promotorem pracy był Szanowny Pan prof. dr hab. inż. Tadeusz Pustelny. Rozprawa doktorska została wyróżniona uchwałą Rady Wydziału Elektrycznego z dnia 20 stycznia 2011 r. Dyplom stanowi załącznik do dokumentacji.

Dorobek naukowy Habilitanta

Dorobek naukowy Habilitanta traktowany łącznie można podsumować liczbowo na bazie wskaźników bibliometrycznych, które można pobrać z baz danych publikacji naukowych. W bazie Scopus można znaleźć łącznie 48 oryginalnych publikacji naukowych z Impact Factotor'em, których współautorem jest Habilitant, w tym 30 po złożeniu pracy doktorskiej. Sumaryczny wskaźnik Impact Factor: 92.128. Liczba wszystkich cytowań publikacji w bazie Scopus to 48 z liczbą cytowań 226, w bazie WoS 51 z całkowitą liczbą cytowań 211. Całkowita liczba punktów MEN: 1559 w tym po uzyskaniu stopnia doktora: 1435 i w tym publikacje stanowiące osiągnięcia habilitacyjne (H): 1314.

Indeks Hirscha wynosi: 9.

Osiągnięcie naukowe Habilitanta

Przedstawionym do oceny osiągnięciem naukowym Habilitanta jest cykl sześciu zrealizowanych, oryginalnych osiągnięć projektowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt. 2c ustawy zatytułowany:

„Wielokierunkowe badania i rozwój implantów zastawkowych oraz urządzeń do mechanicznego wspomagania pracy serca w aspekcie ich hemokompatybilności".

Tematyka naukowa tych oryginalnych projektów konstrukcyjnych i technologicznych (od P1 - P6) jest zbieżna i zgodna z tytułem zaproponowanym przez Habilitanta. Część z nich została zastosowana klinicznie (wdrożenia WT2-WT4) lub jest stosowana w trakcie badania klinicznego (WT1).

Omówienie prac.

Celem przedstawionego cyklu osiągnięć projektowych, technologicznych i konstrukcyjnych jest rozwój konstrukcji implantów zastawkowych i urządzeń mechanicznego wspomagania serca w aspekcie hemozgodności poprzez wprowadzenie nowych, wielokierunkowych metod badania ich właściwości fizycznych i biologicznych.

P.1 ***„Przygotowanie do wdrożenia klinicznego polskich pediatrycznych protez serca"***; numer umowy: POIR.04.01.02-00-0073/17-00; wartość projektu: 7 886 300 zł; habilitant pełni w projekcie funkcje kierownik projektu.

W całościowym omówieniu cyklu prac służących jako cykl osiągnięć projektowych, technologicznych, konstrukcyjnych należy zwrócić szczególną uwagę na istotną kompleksową perspektywę całego cyklu, dotyczącego badań nad problemami trombogenności materiałowej, konstrukcyjnej oraz metodologicznej. Badania Habilitanta w równej mierze dotyczą bio- a przede wszystkim biohemokompatybilności (łącznie z analizą reakcji enzymatycznych i morfotycznych organizmu ludzkiego) różnorakich syntetycznych materiałów implantowanych do organizmu ludzkiego. Jest to niezwykłe podejście do jednego z głównych zagadnień współczesnej biotechnologii medycznej ze względu na wielowarstwowość problemu, tak ze strony biozgodności materiałowej, jak i odpowiedzi organizmów żywych na implantowane materiały syntetyczne. W ostatnich 20-stu latach stosowania różnorakich technik mechanicznego wspomagania krążenia zagadnienia te stały się kluczowymi dla przydatności rozwiązań mechanicznych dla utrzymania sprawności hemodynamicznej układu krążenia człowieka. Zainteresowania Habilitanta są niezwykle różnorodne w swoim skupieniu na zdywersyfikowane zagadnienia dotyczące współistnienia materiałów syntetycznych z organizmem

biologicznym. Niespotykane jest tak szerokie podejście do tego skomplikowanego i trapiącego współczesną klinikę i naukę zagadnienia biozgodności, ale co ważniejsze przewidywania i oceny reakcji organizmów biologicznych na ingerencję materiałów syntetycznych. Jak to zostanie wykazane w pozostałych pięciu projektach przedstawionych do cyklu osiągnięć Habilitanta to wielowątkowe podejście do problematyki biokompatybilności stanowi o wyjątkowej wartości tej pracy habilitacyjnej, dojrzałości naukowej Habilitanta, wyjątkowo szerokich horyzontach myślowych naukowca.

P.2 ***„Opracowanie technologii metrologicznych, informatycznych i teleinformatycznych dla potrzeb protez serca"***; przedsięwzięcie P02 Programu Wieloletniego pod nazwą „Polskie Sztuczne Serce; numer umowy: PW/P02-PBZ-MNiSW/2007 (przedsięwzięcie P02) oraz 6/9/2012/1574/213 (cały program); wartość projektu: 5 212 000 zł (przedsięwzięcie P02), 29 725 703 zł (cały program); habilitant pełni w projekcie funkcje kierownik projektu.

Habilitant, jak podaje, był kierownikiem projektu, mającego za zadanie zmniejszenie ryzyka zakrzepicy P-VAD (pulsacyjnego systemu mechanicznego systemu wspomagania lewej komory) przez adaptacyjnie biologicznie sterowanie systemu, w tym

a) poprzez zapobieganie zalegania krwi w komorze pulsacyjnej (tzw. martwe wiry)

b) przez monitorowanie całkowitego opróżniania komory pulsacyjnej

c) przez utrzymanie rzutu minutowego niezależnie od hemodynamiki natywnej pacjenta.

Godnym uwagi są różnorakie próby analizy skuteczności nieinwazyjnych pomiarów objętości w komorze krwistej P-VAD. Niesłychanie cennym jest krytyczne podejście Habilitanta do różnorakich pomysłów empirycznych, gdzie celem dociekań Habilitanta była maksymalna adekwatność pomiarów określonej metody do stanu faktycznego. I tak Habilitant proponował pierwotnie zastosowanie rezonansu akustycznego, który w zamyśle teoretycznym byłby metodą z wyboru, jednakowoż, wobec uczciwie przeprowadzonych badań empirycznych specyficzność pomiarów nie wykraczała poza 85%. Z pokorą badacza Habilitant wystąpił z następną inicjatywą dotyczącą zastosowania rezonatora akustycznego Helmholtz'a, gdzie poprawa specyficzności tego badania nie była dla badacza zadowalająca.

W kolejnym zamyśle badacz analizował optyczny pomiar położenia membrany komory krwistej w oparciu o macierz czujników odbiciowych pracujących w podczerwieni, dostrzegając możliwe zastosowanie praktyczne tego zastosowania w przyszłości po odpowiedniej miniaturyzacji czujników. Wreszcie, czytając dorobek Habilitanta, ma się wrażenie, że w wyniku wyjątkowego uporu intelektualnego Habilitant zastosował metodę pomiaru bioimpendancji do rozwiązania problemu pomiaru objętości w komorze krwistej P-VAD. Zaobserwowano wreszcie dużą korelację pomiarową z klasycznymi metodami oceny rzutu minutowego. Również trudności związane z *nienewtonowskim* sposobem zachowania się przepływu krwi zostały pokonane stosując w zaskakujący sposób przetwarzanie sygnałów według teorii Kubicki. Wynikiem tych dociekań metoda bioimpendancyjnego pomiaru objętości krwi w P-VAD krwi jest otoczona ochroną patentową.

P.3 Wprowadzenie do praktyki klinicznej oryginalnej polskiej, wszczepialnej wirowej pompy wspomagania serca oraz systemu zdalnego monitorowania i nadzorowanej zdalnie rehabilitacji pacjentów na wspomaganiu serca - RH_ROT", przedsięwzięcie ***"Badania przedkliniczne systemu ReligaHeart ROT"***; numer umowy: STRATEGMED2/266798/15/NCBR/2015; wartość projektu: 27 029 210 zł; habilitant pełni w projekcie funkcje kierownik projektu.

W projekcie tym Habilitant podjął badania nad technicznymi i biologicznymi wskaźnikami zakrzepicy pompy wyprzedzającymi nawet wczesne objawy kliniczne takie jak: wzrost poziomu stężenia dehydrogenazy mleczanowej czy hemoglobiny osoczowej. Za niezwykle innowacyjne uważam zastosowanie przez Habilitanta metod analitycznych giełdy finansowej do modelu detekcji mikro-zatorów. Ocenie analitycznej poddano zmiany w poborze energii przez RBP (rotary blood pump) spowodowane zwiększonym przez skrzepliny oporem obrotów rotora. Dodatkowo Habilitant wykrył, iż nierównomiernie ułożona skrzeplina w obszarze szczeliny rotora jest przyczyną efektów akustycznych odbijania się lewitującego wirnika od ścian pompy. Zastosowano więc metody analizy wibroakustycznej rejestrowanej za pomocą stetoskopu elektronicznego. Bezpośrednie przełożenie kliniczne w ramach omawianego rozwiązania ukazuje trwający eksperyment medyczno- badawczy nr. PCN/CBN/0052/KB1/71/I/22, który jest przyczynkiem do znacznego zwiększenia bezpieczeństwa pacjenta po implantacji RBP.

P.4 ***„System pomiaru przepływu krwi i detekcji materiału mikrozatorowego dla pulsacyjnej protezy wspomagania serca ReligaHeart EXT"***; numer umowy: PBS1/A3/11/2012; wartość projektu: 2 093 300 zł, habilitant pełni w projekcie funkcje kierownik projektu.

Udział Habilitanta w programie P4 obejmował badania nad nieinwazyjną detekcją materiału mikrozatorowego. Zastosowano metodę impendancji akustycznej, a w konsekwencji skonstruowano ultradźwiękowy aparat pomiarowy umożliwiający detekcję obiektów o średnicy większej od 120 mikrometrów. Korzystne zainstalowanie detektorów w obręczach krućca wypływowego spowodowało, że ten innowacyjny system pomiaru został w krótkim czasu wprowadzony do kliniki. Jest to dowodem na dużą przydatność badań podstawowych Habilitanta w bezpośrednim przełożeniu na codzienną rutynę kliniczną.

P.5 ***„Opracowanie typoszeregu dyskowych zastawek mechanicznych dla pediatrycznych komór wspomagania serca"***; numer umowy: N R13-0118-10/2011; wartość projektu: 3 000 000 zł; funkcja: habilitant pełni w projekcie funkcję kierownika prac B+R oraz konsorcjanta projektu.

W ramach programu P5 Habilitant po raz kolejny udowodnił swoje szerokie horyzonty dociekań nad współzależnością sytuacji hemodynamicznej organizmu ludzkiego od różnorakich syntetycznych materiałów implantowalnych. Tym razem jego dociekania nie

dotyczyły metod laboratoryjnych, bądź oceny parametrów laboratoryjnych, a skupiły się na zmianach konstrukcyjnych proponowanej dla P-VAD mechanicznej zastawki projektu prof. Jacka Molla. Na podstawie wyników badań Habilitanta zmodyfikowano konstrukcję zawieszenia dysku zastawki oraz wprowadzono modyfikację materiału konstrukcyjnego dysku. Dla recenzenta będącego również klinicystą wprowadzenie takich zmian, skutkujące w krótkim czasie wprowadzeniem produktu do rutyny klinicznej jest osiągnieciem niezwykłym i wymagającym szczególnego uznania. Habilitant zaproponował również dwie oryginalne konstrukcje mechanicznych zastawek poliuretanowych dla P-VAD (kompozyt poliuretanu z siatką tytanową). W swojej godnej uwagi skromności badacza odrzucił jedno z rozwiązań obarczonych mankamentami inkompatybilności hemodylucyjnej i zbyt dużego przepływu wstecznego, ale w przypadku konstrukcji protezy jednopłatkowej wykazał dużą biozgodność tak dla trombogenności jak i hemolizy, co udowodniono w modelu *in vitro* i *in vivo* na modelu zwierzęcym. W wyniku badań i wielowątkowych analiz wykazano także, że zastosowanie warstwy powierzchniowej dla zastawki poliuretanowej z węgla amorficznego dało najlepsze efekty wysokiej hemobiozgodności i niskiej trombogenności. Wyżej wymieniona zastawka jednopłatkowa konstrukcji Habilitanta włączona została do etapu badań pre-klinicznych pediatrycznych prototypów P-VAD co należy uznać jako duży sukces intelektualny, empiryczny i konstrukcyjny Habilitanta.

Badania nad biozgodnością i trombogennością prowadził również Habilitant w ramach prac nad protezą zastawki aortalnej wykonanej z bionanocelulozy. Wykazał, że wymieniona proteza z użyciem modyfikowanej kwasem hialuronowym bionanocelulozy jest materiałem niehemolizującym oraz odpornym na biodegradację enzymatyczną. Wykazano także niską trombogenność i hydrofobowość. Zastawka objęta została ochroną patentową.

P.6. *„Pozaustrojowy pulsacyjny system wspomagania serca dla dzieci RELIGA HEART PED"*; numer umowy: PBS1/A7/1/2012; wartość projektu: 5 277 550 zł; habilitant pełni w projekcie funkcję kierownika prac B+R oraz lidera projektu.

Ocena osiągnięć naukowych Habilitanta

Wszystkie wymienione powyżej projekty posiadają wspólny temat zgodny z tytułem osiągnięcia naukowego Habilitanta.

Wszystkie istotne efekty projektów zostały opublikowane w czasopismach naukowych z listy JCR, i/lub w renomowanych czasopismach o szerokim zasięgu krajowym i międzynarodowym. Były także wielokrotnie cytowane. Potwierdza to IH wynoszący 9, co należy uznać za wartość dla młodego naukowca bardzo dobrą. Wszystkie artykuły naukowe wchodzące w skład dorobku Habilitanta są pracami współautorskimi. Dołączone oświadczenia współautorskie, oznaczenia wkładów autorskich pozwalają stwierdzić istotny wkład Habilitanta w uzyskaniu wyników wchodzących w skład opisywanego osiągnięcia

naukowego. Prowadzone projekty mają charakter nowatorski i w kilku przypadkach można by je ocenić jako wynalazki.

Aktywności naukowa, a w szczególności zagraniczna

Aktualnie Habilitant jest zatrudniony jako Adiunkt na Politechnice Śląskiej.

- adiunkt na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej, w Katedrze Biosensorów i Przetwarzania Sygnałów Biomedycznych, na stanowisku adiunkta

oraz

- w Instytucie Protez Serca Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii, na stanowisku zastępcy Dyrektora ds. Naukowych. Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii jest jednostką naukową w myśl Ustawy o Szkolnictwie Wyższym i Nauce DZ. U. z 2021r. poz. 478 z pózn. zm. art 7 ust 1 pkt 8.

Ogólna ocena aktywności Habilitanta jest bardzo dobra.

Na uwagę, zasługuję również fakt aktywnej współpracy Habilitanta z różnymi ośrodkami naukowymi w tym: ośmioma uczelniami wyższymi, pięcioma instytutami badawczymi, w tym trzema jednostkami należącymi do Polskiej Akademii Nauk, pięcioma szpitalami klinicznymi. Jest to bardzo istotny element doświadczenia Habilitanta w prowadzeniu interdyscyplinarnych projektów technologicznych i konstrukcyjnych, publikowaniu prac naukowych oraz prowadzeniu badań klinicznych.

Osiągnięcia dydaktyczne

W ramach osiągnięć dydaktycznych warto zwrócić uwagę na pełnienie przez Habilitanta funkcji promotora pomocniczego w dwóch pracach doktorskich, przygotowywanych do obrony. Przedstawione przez Habilitanta osiągnięcia dydaktyczne stanowią potwierdzenie jego kompetencji. Pierwsza z prac, w której pełni rolę promotora pomocniczego dotyczy metamodelingu kompozytowej zastawki płatkowej opartym na numerycznych metodach symulacji przepływu krwi z elementami optymalizacji wybranych parametrów geometrii pulsacyjnej komory serca. Druga z współprowadzonych pomocniczo prac doktorskich dotyczy zastosowania wybranych metod obrazowych do oceny adhezyjnych właściwości trombogennych biomateriałów.

Ponad to Habilitant był promotorem czterech prac magisterskich i inżynierskich.

Przeprowadził siedem kursów dydaktycznych dla studentów zarówno w języku polskim jak i angielskim.

Przedstawił w swoim autoreferacie również siedem osiągnięć organizacyjnych o zakresie krajowym.

Popularyzacja nauki

W ramach działalności popularyzatorskiej nauki wykazał się również kilkoma aktywnościami o zasięgu krajowym, w tematyce popularnonaukowej z zakresu inżynierii biomedycznej.

Uwagi dyskusyjne krytyczne oraz pytania.

Pomimo ogólnie pozytywnego wrażenia z przeglądu osiągnięć Habilitanta zwrócić uwagę należy, na dość ograniczoną liczbę eksperymentów in vivo lub in vitro, co z jednej strony jest uzasadnione pilotażowym bądź pionierskim charakterem projektów, z drugiej jednak strony skutecznie uniemożliwia istotną analizę statystyczną.

Podsumowanie i konkluzja oceny

Z całości dokumentacji wynika, że Habilitant jest autorem oryginalnego i wartościowego osiągnięcia naukowego, zebranego w postaci cyklu sześciu zrealizowanych, oryginalnych osiągnięć projektowych, technologicznych i konstrukcyjnych zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt. 2c ustawy; zatytułowanego:

„Wielokierunkowe badania i rozwój implantów zastawkowych oraz urządzeń do mechanicznego wspomagania pracy serca w aspekcie ich hemokompatybilności".

Ponadto posiada dodatkowy dorobek naukowy wystarczająco szeroki i interesujący, aby udokumentować dojrzałość jego warsztatu naukowego. Posiada także zadowalający dorobek dydaktyczny, w zakresie popularyzacji nauki oraz organizacyjny.

Pomimo moich drobnych uwag wymienionych powyżej, w podsumowaniu całości, w mojej opinii **osiągnięcie dr inż. Macieja Gawlikowskiego oraz jego dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny spełniają w wysoce satysfakcjonującym stopniu wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria biomedyczna określone w Ustawie z 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie Wyższym i Nauce, Dz.U. 2020 r. poz. 85, z pożn. zm. o stopniach naukowych i tytule**

naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami) w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Macieja Gawlikowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego przewidzianych odnośnymi przepisami.

Prof.UZ dr hab. n. med. Romuald Cichoń