

Recenzja rozprawy na stopień doktora nauk medycznych

lekarza medycyny Mateusza Jęckowskiego

pt. „**Komputerowa analiza przepływu krwi (CFD) u chorych ze zwężeniem tętnicy szyjnej**”

Tętnice szyjne wewnętrzne są głównymi naczyniami zaopatrującymi mózgowie w krew. Na skutek narastania zmian miażdżycowych dochodzi do ich zwężenia i niedrożności, czego konsekwencją może być udar niedokrwienny mózgu. Według danych Narodowego Funduszu Zdrowia w Polsce na udar niedokrwienny mózgu co roku choruje 70 tys. osób, co stanowi jeden z najważniejszych problemów społecznych w zakresie zdrowia. Leczenie chirurgiczne stanowi jedną z metod zapobiegania udarowi mózgu. Dotyczy to grupy osób bezobjawowych ze zwężeniem tętnic szyjnych wysokiego ryzyka, jak i chorych objawowych po incydentach niedokrwiennych mózgu, u których zabieg ma na celu uniknięcie kolejnych udarów. Biorąc pod uwagę ryzyko powikłań pooperacyjnych, kluczowym jest prawidłowy dobór chorych do leczenia. Wykorzystanie technik komputerowej analizy przepływu stanowi jeden z najbardziej obiecujących kierunków na drodze zrozumienia procesów zachodzących w zwężonych naczyniach szyjnych i może przyczynić się do optymalizacji doboru pacjentów do zabiegów operacyjnych.

Lekarz medycyny Mateusz Jęckowski podjął się w swoim badaniu stworzenia komputerowego modelu przepływu krwi w naczyniach szyjnych, co stanowi pionierską drogę w ustalaniu wskazań do chirurgicznego leczenia stenozy naczyń szyjnych wewnętrznych. W tym celu zbudował wirtualny model tetrahedronowej siatki numerycznej odzwierciedlającej naczynie szyjne. Następnie naniósł na nią parametry charakteryzujące zaburzenia reologiczne przepływu krwi tj. związane z plastycznością naczyń krwionośnego i zmienną lepkością krwi. Do stworzenia symulacji przepływu krwi wykorzystał dane z badań obrazowych pacjentów kwalifikowanych do operacji stenozy naczyń szyjnych. Praca powstała w Zakładzie Chirurgii Doświadczalnej Katedry Endokrynologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi przy współpracy Instytutu Maszyn Przepływowych Politechniki Łódzkiej. Grupę

badaną stanowili pacjenci Oddziału Chirurgii Naczyniowej, Ogólnej i Onkologicznej Szpitala im. M. Kopernika w Łodzi.

Przestawiona do oceny praca ma układ typowy dla rozpraw doktorskich i liczy ogółem 104 strony maszynopisu. We wstępie Doktorant porusza zagadnienia powstawania miażdżycy naczyń, przyczyn i konsekwencji zaburzeń ukrwienia mózgu, diagnostyki obrazowej naczyń szyjnych i metod leczenia chirurgicznego ich stenozy. Dokładnie opisuje zasady modelowania przepływów, właściwości fizyczne krwi i modele reologiczne. Niestety brakuje w tej części prezentacji parametrów przepływów, które w dalszym toku pracy okażą się kluczowe dla wyników badania. Autor nie uwzględnia również licznie cytowanych publikacji w końcowym ich spisie; uwaga ta dotyczy również dalszych rozdziałów przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej.

W przedstawionym założeniu pracy Doktorant przyjmuje hipotezę, że wykorzystując stworzony przez siebie model symulacji numerycznej i przeprowadzając komputerową analizę przepływu można będzie z większą precyzją określić zasady kwalifikacji do zabiegu endarterektomii tętnicy szyjnej wewnętrznej. W tym celu założył: przeprowadzenie symulacji przepływu krwi w prawidłowej i zwężonej tętnicy szyjnej; określenie użyteczności obrazów trójwymiarowej ultrasonografii i angio-tomografii naczyń szyjnych do stworzenia modeli numerycznych oraz opisanie zjawisk hemeodynamicznych występujących w zaburzonych przepływach krwi. Taka analiza w założeniu miała na celu wyłonienie parametrów fizycznych mających kluczowe znaczenie dla określania wskazań do leczenia operacyjnego pacjentów ze stenozą szyjną.

Na wstępie przedstawionej metodyki, Autor odrzuca trójwymiarowe badanie ultrasonograficzne jako metodę użyteczną do stworzenia modelu numerycznego, wskazując jego niską rozdzielczość. Skupia się zatem na opisie sposobu tworzenia symulacji za pomocą badania tomografii komputerowej. Przedstawione zagadnienia dotyczące analizy komputerowej i mechaniki przepływów płynów ułatwiają zrozumienie dalszych etapów badania i świadczą o wnikliwym zapoznaniu się Autora z tematem.

Grupę badaną stanowią czterej pacjenci, ale do stworzenia modelu komputerowego wykorzystano jedynie dane uzyskane od dwóch pacjentów, u których przed zabiegiem wykonano zarówno badania ultrasonograficzne jak i tomografię komputerową naczyń szyjnych. W mojej opinii, przedstawione badanie nie ma zatem charakteru klinicznego, a jest

próbą stworzenia podwalin fizycznych i komputerowych do analizy przepływu krwi w naczyniach. Stoi to w sprzeczności z główną hipotezą badania. O ile stworzenie pionierskiej metodyki dla komputerowej mapy przepływu jest niepodważalną wartością pracy, to jednak sprawdzenie klinicznej użyteczności tego modelu będzie wymagało dalszych badań.

Wyniki badania zostały przedstawione na 16 rycinach, w 3 tabelach i 8 wykresach. Autor nie opisał uzyskanych wyników, co sprawia, że ta część pracy jest enigmatyczna. Ze względu na charakter badania nie przeprowadzono analizy statystycznej, co zostało wyróżnione w tekście.

W dyskusji Doktorant opisuje uzyskane wyniki i odnosi do dostępnej literatury. Podkreśla, że celem pracy jest znalezienie jednoznacznych kryteriów do podjęcie ryzyka przeprowadzenia operacji u chorych ze stenozą szyjną, co jak uważam, nie jest możliwe na podstawie przeprowadzonego badania. Autor szczegółowo przedstawia ograniczenia ultrasonografii i tomografii naczyń szyjnych dla tworzenia modelu komputerowego. Konkluduje, że jedynie zastosowania obu technik przynosi zamierzony cel. Dalej opisuje zmiany w parametrach przepływu w naczyniach i wskazuje na nienewtonowski charakter procesu, co według mnie jest szczególnie ważną obserwacją. Jak to zostało wyjaśnione dalej, model ten uwzględnia wirowość krwi, która wpływa na agregację trombocytów. Doktorant wskazuje ponadto na potencjalną wartość ocenianego w badaniu wskaźnika funkcjonalnej oceny tętnicy szyjnej (carotid arterial functional assessment, CAFA); jest on równy stosunkowi przepływu w naczyniu zwężonym do przepływu w tym samym naczyniu poza zwężeniem. Współczynnik CAFA i wartość wirowości stanowią według Doktoranta najbardziej obiecujące parametry dla dalszych badań klinicznych u pacjentów ze zwężeniem naczyń szyjnych.

Wnioski jakie Doktorant przedstawia w pracy odpowiadają na pytania zawarte w celach pracy. Uznaje on, że komputerowa analiza przepływu stanowi cenne badanie dynamiczne uzupełniające standardowe obrazowanie naczyń. Wskazuje, że tomografia komputerowa, w przeciwieństwie do trójwymiarowej ultrasonografii umożliwia tworzenie modeli i domen obliczeniowych dla przepływu krwi w naczyniach szyjnych. W opinii Autora szczególną wartość w podejmowaniu decyzji o wdrożeniu leczenia chirurgicznego może posiadać wskaźnik CAFA, co wymaga potwierdzenia w badaniach klinicznych.

Rozprawa zawiera cząstkowy spis publikacji. Prace tam uwzględnione ułożone są chaotycznie i nie zawierają numeracji. Tego typu niestaranność nie powinna mieć miejsca w dalszej pracy naukowej Doktoranta.

Doktorant przedstawia załączniki do badania, w tym zgodę komisji bioetycznej. Dalej zwięźle streszcza całość rozprawy i dołącza płytę z zapisanym początkowym fragmentem rozprawy.

Ocena końcowa

Lekarz medycyny Mateusz Jęckowski podjął się stworzenia nowatorskiego modelu przepływu w naczyniach szyjnych. Udowodnił swoją wiedzę kliniczną, znajomość podstaw mechaniki płynów i przygotowanie informatyczne. Choć nie ustrzegł się błędów edytorskich, stworzył pracę oryginalną, o interdyscyplinarny charakterze. Dlatego całość badania oceniam pozytywnie.

Rozprawa doktorska lekarza medycyny Mateusza Jęckowskiego spełnia ustawowe warunki dla pracy na stopień naukowy doktora nauk medycznych. Mam zaszczyt przedstawić Wysokiej Radzie Nauk Medycznych Wydziału Lekarskiego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi pozytywną recenzję pracy i wnoszę o dopuszczenie lekarza medycyny Mateusza Jęckowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Dr hab. n. med. Piotr Pluta

Łódź, 10 sierpnia 2023 roku