

**I Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyniowej Wydziału Lekarskiego
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego
ul. Kondratowicza 8 03-242 W a r s z a w a tel. 326 -57-49, 326 -57-51
chiroginacz@brodnowski.pl
Kierownik Kliniki: Dr hab. n. med. Piotr Myrcha**

Warszawa, 20.09.2025 r.

Dr hab.n.med. Piotr Myrcha
I Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyniowej
Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny.

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Iwony Łopianiak**

**pt. „Otrzymywanie i ocena właściwości warstwowych, włóknistych protez naczyń
krwionośnych wytwarzanych w procesie rozdmuchu roztworu polimeru”
Promotorzy: prof. dr hab. inż. Tomasz Ciach; dr hab. inż. Beata Butruk-Raszeja**

Wprowadzenie i znaczenie kliniczne

Jako chirurg naczyniowy z codzienną praktyką kliniczną, z uznaniem oceniam podjęcie przez doktorantkę aktualnego i ważnego problemu, jakim pozostaje poszukiwanie hemozgodnych protez naczyniowych o małych średnicach. Rozprawa dotyczy wytwarzania wielowarstwowych, włóknistych rusztowań metodą rozdmuchu roztworu polimeru (solution blow spinning, SBS) z wykorzystaniem poliuretanów węglanowych.

Praca została osadzona w realiach klinicznych – doktorantka trafnie wskazuje potrzeby kardiochirurgii (pomostowanie wieńcowe-CABG) oraz rekonstrukcji naczyń obwodowych, gdzie ograniczenia przeszczepów autologicznych i klasycznych protez ePTFE/PET są wciąż istotnym wyzwaniem.

Dorobek naukowy Doktorantki

Mgr inż. Iwona Łopianiak jest pierwszą autorką we wszystkich pięciu artykułach składających się na cykl zgłoszony do rozprawy doktorskiej. Poza tym jest autorką/współautorką kolejnych 6 publikacji w czasopiśmie recenzowanych, autorką 11 wystąpień na konferencjach naukowych oraz ma przyznany 1 patent.

Sumaryczny dorobek doktorantki wynosi:

Punktacja MNiSW (wg. Bazy Wiedzy PW): 1420

Impact Factor (wg. Bazy Wiedzy PW): 53,457
Liczba cytowań (wg Scopus): 82 (65 bez autocytowań)
H-index (wg Scopus): 6 (4 bez autocytowań)

Charakter i zakres rozprawy

Dysertacja liczy 98 stron, bez pełnych tekstów publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej. Praca została napisana w języku polskim, starannie i przejrzysto, a jej układ nie budzi większych zastrzeżeń.

Przedłożona praca ma formę spójnego cyklu pięciu publikacji z lat 2021–2025, omawiających otrzymywanie i ocenę właściwości warstwowych, włóknistych protez naczyń krwionośnych wytwarzanych w procesie rodmuchu roztworu polimeru.

Cykl omawia kolejne etapy: optymalizację parametrów procesu SBS, charakterystykę strukturalno-mechaniczną włókien, ocenę interakcji komórkowych oraz konstrukcję i weryfikację funkcjonalności cylindrycznych, warstwowych protez. Całość uzupełnia rzetelny przegląd piśmiennictwa i wyraźnie sformułowane tezy badawcze.

Dysertacja składa się ze streszczenia (także w języku angielskim), wprowadzenia, celów pracy, wstępu części doświadczalnej, dyskusji wyników, opisy dalszych badań, podsumowania, opisu skrótów, spisu rycin, bibliografii oraz kopii 5 publikacji wchodzących w skład cyklu.

Na cykl składają się następujące publikacje:

[P1] Łopianiak I., Butruk-Raszeja B.A., Wojasiński M.* (2025). Shore hardness of bulk polyurethane affects the properties of nanofibrous materials differently. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 161, 1–10. IF = 3,3, punktacja MNiSW = 100,

[P2] Łopianiak I.*, Wojasiński M., Butruk-Raszeja B.A. (2020). Properties of polyurethane fibrous materials produced by solution blow spinning. *Chemical and Process Engineering*, 41(4), 267–276. IF = 0,485, punktacja MNiSW = 100

[P3] Łopianiak I.*, Kawecka A., Civelek M., Wojasiński M., Cicha I., Ciach T., Butruk-Raszeja B.A. (2024). Characterization of blow-spun polyurethane scaffolds— influence of fiber alignment and fiber diameter on pericyte growth. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 10(7), 4388–4399. IF= 5,5, MNiSW = 140

[P4] Łopianiak I., Wojasiński M., Kuźmińska A., Trzaskowska P.A., Butruk-Raszeja B.A.* (2021). The effect of surface morphology on endothelial and smooth muscle cells growth on blow-spun fibrous scaffolds. *Journal of Biological Engineering*, 15(27). IF= 6,248, MNiSW= 140,

[P5] Łopianiak I., Rzempoluch W., Civelek M., Cicha I., Ciach T., Butruk-Raszeja B.A.* (2023). Multilayered blow-spun vascular prostheses with luminal surfaces in Nano/Micro range: the influence on endothelial cell and platelet adhesion. *Journal of Biological Engineering*, 17(20), 1–17. IF= 5,7, punktacja MNiSW= 140

Najważniejsze osiągnięcia rozprawy doktorskiej

- 1) Doktorantka wykazała, że precyzyjne sterowanie kluczowymi parametrami (ciśnienie powietrza, natężenie podawania roztworu, prędkość kolektora, odległość dysza–kolektor) pozwala uzyskać włókniny o kontrolowanej średnicy włókien, porowatości i orientacji,

co przekłada się na właściwości mechaniczne istotne klinicznie (sprężystość, wytrzymałość na rozciąganie, szczelność).

2) Wykazano niską adhezję płytek (niską trombogenność) oraz niehemolityczny charakter materiałów, co jest podstawowym warunkiem hemozgodności protez przeznaczonych do przepływu krwi pod wysokim ciśnieniem. Adsorpcja białek na powierzchni (albumina > fibrynogen), ograniczająca kaskadę krzepnięcia oraz możliwości epitelializacji wnętrza protezy będą musiały być przebadane na modelach *in vivo*.

3) Zaprojektowano i wytworzono wielowarstwowe, cylindryczne protezy odwzorowujące architekturę ściany naczynia – rozwiązanie istotne z punktu widzenia zgodności podatności i ograniczenia zjawiska „compliance mismatch” w strefie zespolenia.

4) Zastosowany wachlarz metod (SEM, FTIR, testy mechaniczne zgodne z normami ASTM/ISO 7198:2016, pomiary zwilżalności) pozwolił na wiarygodną, wieloaspektową walidację właściwości materiałów.

Ocena metodologii

Metodyka jest przejrzysta i adekwatna do stawianych celów. Z perspektywy klinicznej na uwagę zasługuje dążenie do uzyskania struktury sprzyjającej epitelializacji od światła naczynia oraz wyodrębnienie warstwy wspierającej elementy mięśniowe. Jest to kierunek zbieżny z obserwacjami praktycznymi dotyczącymi patofizjologii niepowodzeń przeszczepów (hiperplazja neointymy, zakrzepica).

Uwagi dyskusyjne (nieumniejszające wartości pracy)

W dalszych etapach badań zasadne wydaje się rozszerzenie oceny o parametry klinicznie istotne, takie jak odporność na zmęczenie w warunkach pulsacyjnych, a także analizy przepływowe w modelach zespołów naczyniowych.

Cennym uzupełnieniem będzie wczesna walidacja *in vivo* (małe zwierzę, model tętnicy szyjnej), z oceną utrzymania drożności, przebudowy ściany i stanu śródbłónka w okresie obserwacji. W kontekście translacji klinicznej warto rozważyć mniej toksyczne układy rozpuszczalników oraz kwestie skalowania procesu, kontroli jakości i powtarzalności serii wytwórczych.

W praktyce medycznej wykorzystywanych jest kilka różnych protez naczyniowych, o różnej budowie i produkowanych z różnych materiałów. W dalszych etapach badań konieczne będzie wykazanie, że włókniste protezy naczyniowe wytwarzane w procesie rozdmuchu roztworu polimeru wykazują właściwości niezbędne do: wykonania szczelnych zespołów u

pacjentów otrzymujących leki przeciwkrzepliwe, nie zginające przy przeprowadzaniu przez wytworzony dla nich kanał. Niezwykle istotne będą badania nad opornością protez na zakażenia oraz możliwości ich wszczepiania w polu potencjalnie zakażonym, a także możliwości pokrywania protez substancjami sprzyjającymi utrzymaniu odległej drożności (sole srebra, rifampicyna, heparyna itp.). Do są jednak tylko moje podpowiedzi dla doktorantki, które mogą zapoczątkować dalszą współpracę na styku inżynieria/medycyna.

Dorobek publikacyjny i oryginalność

Cykl pięciu artykułów o łącznym, znaczącym wskaźniku wpływu odzwierciedla konsekwentną i samodzielną pracę badawczą doktorantki. Na podkreślenie zasługuje innowacyjny charakter zaproponowanych rozwiązań i uzyskana ochrona patentowa. Praca wpisuje się w nurt nowoczesnej inżynierii materiałów naczyniowych z realnym potencjałem aplikacyjnym.

Wnioski

Rozprawa mgr inż. Iwony Łopianiak stanowi przekonujące, interdyscyplinarne opracowanie zagadnień wytwarzania i oceny wielowarstwowych, włóknistych protez naczyniowych metodą SBS. Wyniki mogą mieć istotne znaczenie praktyczne dla poprawy wyników leczenia pacjentów w dziedzinach chirurgii naczyniowej czy kardiochirurgii.

Mgr inż. Iwona Łopianiak potwierdziła swoją wiedzę z zakresu omawianej tematyki oraz zdolność zaplanowania badań i twórczej analizy otrzymanych wyników. Przedstawione w niniejszej recenzji uwagi krytyczne, w głównej mierze mające charakter polemiczny, w niewielkim stopniu obniżają pozytywną ogólną ocenę przedstawionej rozprawy.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska p.t. **„Otrzymywanie i ocena właściwości warstwowych, włóknistych protez naczyń krwionośnych wytwarzanych w procesie roztworu polimeru”** odpowiada warunkom określonym w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571).

Stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ze względu na szeroki zakres badań, jakość wykonania i wartość praktyczną – rekomenduję wyróżnienie rozprawy.

Dr hab.n.med. Piotr Myrcha
I Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyniowej
Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny