

Badanie wpływu parametrów geometrycznych stentu o strukturze komórek zamkniętych na jego efektywność

Łukasz Mazurkiewicz^{1, a)} and Jerzy Małachowski^{1, b)}

¹Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej

^{a)}Corresponding author: lukasz.mazurkiewicz@wat.edu.pl

^{b)}jerzy.malachowski@wat.edu.pl

Sreszczenie. Opracowanie nowych stentów bioresorbowalnych wymaga nowej geometrii implantów, ponieważ materiały polimerowe charakteryzują się znacznie mniejszą sztywnością niż stopy metali. W pracy wykorzystano metody numeryczne mechaniki wraz z parametrycznie generowanymi modelami dyskretnymi w celu zbadania wpływu parametrów geometrycznych na efektywność stentu, tj. siłę radialną oraz średnicę po implementacji w naczyniu. Otrzymane wyniki pozwalają na wybranie najkorzystniejszego zestawu parametrów zmiennych i przygotowanie geometrii całego stentu.

WSTĘP

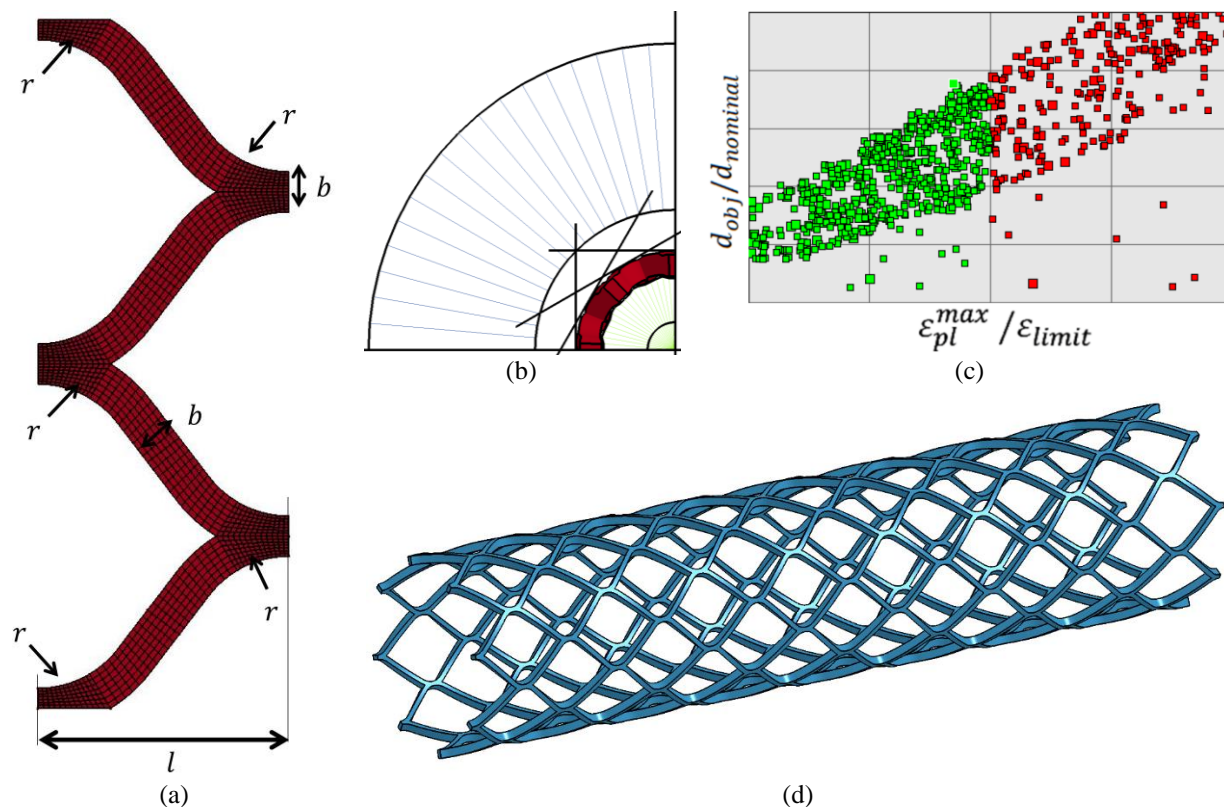
Najpopularniejszą w ostatnich latach metodą leczenia choroby wieńcowej jest przeszskórna interwencja wieńcowa z użyciem stentów [1]. Metoda ta polega na wprowadzeniu przeszskórnie do tętnicy udowej bądź promieniowej cewnika zakończonogo balonem z zaciśniętym na nim stentem. Po doprowadzeniu do zwężenia w naczyniu, powstałego głównie na skutek odkładania blaszki miażdżycowej, balon jest rozprężany zwiększając światło naczynia oraz przywracając poprawny przepływ krwi. Rozepchnięty jednocześnie stent stanowi wzmocnienie ściany naczynia i zapobiega przed jego ponownym zwężeniem (zapadnięciem) [2].

Obecnie rozwijane jest podejście polegające na zastosowaniu materiałów biodegradowalnych. Tymczasowy stent powinien zapewnić wystarczające wzmocnienie naczynia a w późniejszym etapie byłby całkowicie resorbowany przywracając biologicznie i fizycznie właściwości zdrowego naczynia [3,4]. Pod względem mechanicznym głównym problemem w projektowaniu tego typu stentów jest znacznie mniejsza sztywność polimerów bioresorbowalnych w stosunku do powszechnie używanych stopów metali, co może prowadzić do zapadania się stentu po implementacji [5]. Rozwiązaniem problemu może być zmiana geometrii stentu prowadząca do zwiększenia siły radialnej przenoszonej przez implant. Autorzy zaproponowali użycie metod numerycznych mechaniki wraz z parametrycznie generowanymi modelami dyskretnymi w celu badania wpływu parametrów geometrycznych na efektywność stentu, tj. siłę radialną oraz średnicę po implementacji w naczyniu.

METODOLOGIA

Przedmiotem badań jest polimerowy, bioresorbowalny stent naczyniowy o strukturze komórek zamkniętych. Do badań wybrano reprezentatywny wycinek. Opracowana procedura badań składa się ze skryptu preprocesora do parametrycznego generowania modelu, obliczeń numerycznych w systemie LS-Dyna, genetycznych algorytmów do doboru paramentów oraz skryptu do odczytu wyników analiz.

Za pomocą opracowanej procedury możliwe wygenerowanie modelu dyskretnego o następujących parametrach geometrycznych: promień zaokrąglenia r , długość segmentu l (zależna od liczby segmentów n) oraz szerokość ramienia b (rys. 1a). Obliczenia statyczne wygenerowanego modelu z wykorzystaniem schematu iteracyjno-przyrostowego. W modelu wykorzystano elementy sprężyste o zastępczej sztywności odwzorowujące oddziaływanie naczynia krwionośnego (rys. 1b), co pozwoliło znacznie skrócić czas obliczeń pojedynczego przypadku.



RYСУNEK 1. (a) wycinek stentu z zaznaczonymi parametrami geometrycznymi, (b) model dyskretny z zastępczymi sztywnościami, (c) wyniki dla przebadanych punktów, (d) geometria całego stentu dla wybranych parametrów

WYNIKI

We wszystkich iteracjach łącznie zbadano 1692 zestawów parametrów zmiennych. Po przeprowadzenia obliczeń i odczytaniu danych otrzymano wyniki, które przedstawiono w postaci zależności średnica wewnętrzna po implementacji w funkcji odkształceń plastycznych (rys. 1c). Pozwoliło to na wybranie najkorzystniejszego zestawu parametrów zmiennych spełniającego określone ograniczenia. Na podstawie otrzymanych parametrów możliwe było przygotowanie geometrii całego stentu (rys. 1d).

Przygotowana procedura umożliwia efektywną analizę wielu modeli dyskretnych w czasie porównywalnym z czasem obliczeń pełnego modelu stentu z balonem oraz naczyniem krwionośnym.

Praca została wykonana w ramach projektu „Apollo” StrategMed2/269760/1/NCBR/2015, finansowanego przez NCBiR. Prace prowadzono ze wsparciem Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego w ramach grantu GB65-19.

LITERATURA

1. OECD, 2013. Health at Glance 2013: OECD Indicators. OECD Publishing 2013, Paris [online] DOI: http://dx.doi.org/10.1787/health_glance-2013-en.
2. H. Arjomand, Z. G. Turi, D. McCormick, S. Goldberg, Per-cutaneous coronary intervention: Historical perspectives, current status, and future directions. *Am Heart J* **146**(5), 787–796 (2003).
3. S. Garg, P. W. Serruys, Coronary Stents: Current Status. *J Am Coll Cardiol* **56** (10), 1-42 (2010).
4. B. D. Gogas, V. Farooq, Y. Onuma, P.W. Serruys, The ABSORB Vascular Scaffold: An Evolution or Revolution in Interventional Cardiology?. *Hellenic J Cardiol* **53**, 301-309 (2012).
5. B. Cortese, D. Piraino, A. Ielasi, G. Steffenino, P. S. Orrego, Very late bioresorbable vascular scaffold thrombosis due to late device recoil. *Int J of Cardiol* **189**, 132-133 (2015).