

Jan Poleszczuk

Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza
Polskiej Akademii Nauk
Warszawa

Wykorzystanie modelowania propagacji fali pulsu do diagnostyki układu sercowo-naczyniowego u pacjentów hemodializowanych

Komplikacja sercowo-naczyniowa jest najczęstszą przyczyną śmierci u pacjentów poddawanych zabiegom hemodializy. Właśnie dlatego znalezienie nowych lub ulepszenie istniejących metod diagnostyki sercowo-naczyniowej dla tej grupy pacjentów jest szczególnie ważne. Kliniki mają obecnie do dyspozycji kilka nieinwazyjnych metod diagnostycznych opartych na analizie nagranych profili fali pulsu w tętnicy peryferyjnej, ale większość parametrów przez nie wyznaczanych nie ma jednoznacznej interpretacji fizjologicznej. Celem naszych prac było wykorzystanie metod modelowania matematycznego, a dokładnie modelu propagacji fali pulsu, do dalszego rozwinięcia i lepszego zrozumienia działania tych metod oraz do interpretacji wyznaczanych przez nie parametrów.

W rozważanym modelu drzewo tętnicze podzielone jest na 55 segmentów prostych naczyń krwionośnych, z których część zakończona jest podwójnym rozgałęzieniem [1,2]. Pojedyncza tętnica modelowana jest jako osiowo symetryczny i zwężający się elastyczny cylinder o ustalonej długości. O samej krwi zakłada się, że jest nieściśliwą cieczą Newtonowską, i w związku z tym wykorzystuje się prawa zachowania masy i momentu. Model opisany jest zatem za pomocą połączonych układów jednowymiarowych równań różniczkowych cząstkowych. Stosowanym warunkiem brzegowym jest tzw. 3-elementowy model powietrzni, w którym przepływ i ciśnienie na końcu naczynia są ze sobą związane poprzez całkowity opór i podatność drzewa tętniczego rozpinającego się za zakończeniem rozważanego segmentu.

W celu walidacji modelu wykonano pomiary profilu fali pulsu w tętnicy promieniowej u zdrowych ochotników oraz pacjentów hemodializowanych. Uzyskano wysoką dokładność dopasowania modelu do danych eksperymentalnych. Porównując parametry modelu wyznaczone dla grupy kontrolnej dopasowanej pod względem wieku i płci do podgrupy pacjentów na hemodializie pokazano, że pacjenci dializowani mają większą sztywność dużych i małych naczyń tętniczych niż grupa kontrolna. Może to być jeden z powodów częstszego występowania powikłań sercowo-naczyniowych u pacjentów dializowanych.

Najważniejszym zyskiem z przeprowadzonych badań klinicznych, prac teoretycznych i komputerowych jest udowodnienie po raz pierwszy, że model fali pulsu może być stosowany do analizy wyników klinicznych i fizjologicznych badań pojedynczych pacjentów, czyli w szczególności do diagnostyki układu sercowo-naczyniowego.

Bibliografia

- [1] J. Poleszczuk, M. Dębowska, W. Dąbrowski, A. Wójcik-Załuska, W. Załuska, J. Waniewski, *Patient-specific pulse wave propagation model identifies cardiovascular risk characteristics in hemodialysis patients*, PLoS Comp Biol 2018; accepted.
- [2] J. Poleszczuk, M. Dębowska, W. Dąbrowski, A. Wójcik-Załuska, W. Załuska, J. Waniewski, *Subject-specific pulse wave propagation modeling: Towards enhancement of cardiovascular assessment methods*, PLoS One 2018; 13:e0190972.