

Katarzyna NIEMASEK*, **Józef TUTAJ****, *Zakład Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki, *Instytut Mechaniki Stosowanej, **Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska

ANALIZA WYBRANYCH CZYNNIKÓW APARATUROWO-TECHNICZNYCH WPLYWAJĄCYCH NA WYNIKI BADAŃ USG

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę wpływu ugięcia wiązki Dopplera widmowego w zakresie $\pm 10^\circ$, w stosunku do wiązki wykorzystywanej do uzyskania obrazu B, na wyniki otrzymanych parametrów przepływu krwi w badaniach ultrasonograficznych tętnic szyjnych wspólnych za pomocą metody Duplex Doppler w połączeniu z kolorowym obrazowaniem przepływu krwi. Analiza ta pozwala na obserwację zmian otrzymanych parametrów w grupie kobiet i mężczyzn wynikających z nachylenia wiązki dopplerowskiej.

Słowa kluczowe: USG Dopplera, głowica ultrasonograficzna, parametry przepływu krwi

1. WSTĘP

Ultrasonograficzne badania naczyniowe polegają na zastosowaniu ultradźwięków w celu uzyskania czarno-białych obrazów anatomicznych naczyń. Metoda dopplerowska dostarcza funkcjonalną mapę w postaci kolorowego obrazu przedstawiającego przepływ krwi w tętnicach i żyłach. Przepływ w naczyniu za pomocą Dopplera spektralnego przedstawiany jest w postaci sinusoidy, która jest uwidocznieniem zmian spektrum i prędkości przepływu w naczyniach. Badanie ultrasonograficzne z opcją koloru uniemożliwia szczegółową ocenę widma przepływu krwi, a jej główną rolą jest przedstawienie obecności przepływu oraz jego kierunku, dlatego do pomiaru prędkości przepływu krwi stosuje się metodę duplex. Technikę wykorzystującą równocześnie opcje: 2D, Doppler impulsowy i kolor określa się mianem metody Triplex. Metoda ta łączy w sobie zalety opcji koloru oraz umożliwia precyzyjny dobór miejsca do pomiarów dopplerowskich – widmo, prędkość maksymalna, średnia, indeksy PI i RI.

W wyniku przeprowadzonych badań ultrasonograficznych tętnic szyjnych wspólnych za pomocą metody Duplex Doppler w połączeniu z kolorowym obrazowaniem przepływu dla dwóch grup badawczych: kobiet i mężczyzn, przedstawiono analizę porównawczą otrzymanych parametrów przepływu: szczytową prędkość skurczową (PSV), prędkość końcowo-rozkurczową (EDV) oraz średnią prędkość przepływu krwi (V_{sr}) przy jednakowym kącie insonacji, równym 60° uzyskanym dwiema technikami badania: poprzez ustawienie ręczne głowicy z wyłączoną opcją ugięcia wiązki dopplerowskiej oraz z włączoną opcją ustawienie wiązki Dopplera pod kątem w zakresie $\pm 10^\circ$ w odniesieniu do wiązki wykorzystywanej do uzyskania obrazu B.

2. CEL PRACY

Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu ustawienia nachylenia wiązki dopplerowskiej w badaniu ultrasonograficznym tętnic szyjnych wspólnych, uzyskanym dwiema technikami badania oraz porównanie otrzymanych parametrów przepływu krwi: szczytową prędkość skurczową (PSV), prędkość końcowo-rozkurczową (EDV) oraz średnią prędkość przepływu krwi (V_{sr}), dla populacji kobiet i mężczyzn.

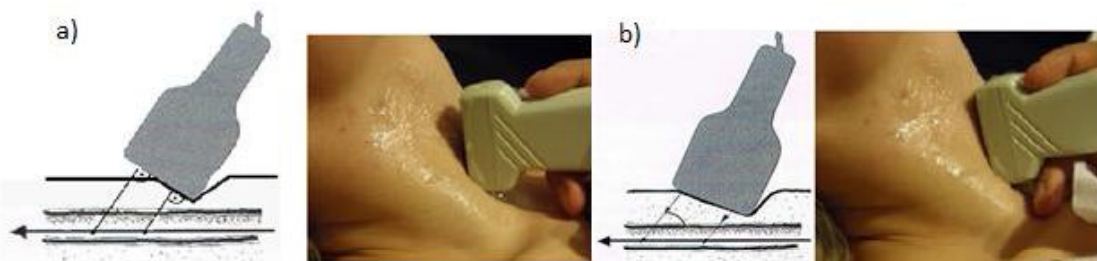
3. PRZEBIEG BADAŃ

Do badań zakwalifikowano 44 osoby. Populację objętą badaniem stanowiło 22 kobiet i 22 mężczyzn. Wszyscy pacjenci zostali włączeni do grupy badanej na podstawie obecności prawidłowych przepływów krwi w naczyniach szyjnych.

Dopplerowskie badanie przepływów krwi w tętnicach szyjnych wspólnych przeprowadzono wykorzystując przenośny aparat ultrasonograficznym Sonoace Pico, firmy Medison, z użyciem głowicy liniowej o częstotliwości z zakresu 5 – 9 [MHz].

3.1. Opis metody badania

Badaniu poddano tętnice szyjne wspólne lewe, które polegało na wykonaniu dwóch pomiarów, przy zachowaniu kąta insonacji 60° , dwiema technikami: z wyłączoną opcją ugięcia wiązki dopplerowskiej oraz z techniką z włączoną opcją ugięcia wiązki Dopplera w zakresie $\pm 10^\circ$ (rys. 1). W wyniku dokonanych pomiarów analizowano parametry przepływu krwi: maksymalną prędkość skurczową PSV, minimalną prędkość w fazie rozkurczu EDV oraz prędkość średnią przepływu krwi.



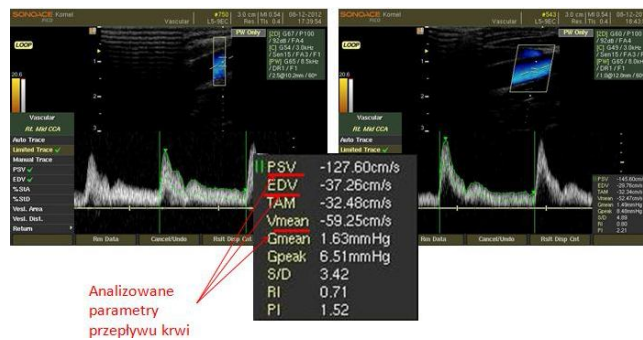
Rys. 1. Technika badania z uciskiem dolnego końca głowicy bez ugięcia wiązki dopplerowskiej a), technika badania przepływu krwi z włączoną opcją pochylenia wiązki Dopplera widmowego b).

Wartości powyższych parametrów obliczane były na podstawie ręcznego obrysu kształtu dopplerowskiego widma przepływu i sumowane przez wewnętrzne oprogramowanie aparatu ultrasonograficznego.

W badaniu wykonywanym techniką z uciskiem dolnego końca głowicy bez ugięcia wiązki dopplerowskiej głowica emituje wiązki ultrasonograficzne pod kątem prostym do czoła głowicy, natomiast odpowiedni kąt ustawienia wiązki, tj. kąt pomiędzy osią wiązki ultrasonograficznej i osią naczynia uzyskuje się poprzez ustawienie ręczne głowicy, tzn. uciskanie dolną krawędzią głowicy, zagłębiając ją w tkanki szyi, co graficznie przedstawia rysunek 1a. Na załączonym obrazie ultrasonograficznym kolorowe okienko pomiarowe, tzw. bramka Dopplera ma kształt prostokąta, wzdłuż którego ścian biegnie wiązka dopplerowska.

Badanie wykorzystujące technikę badania uciskiem dolnego końca głowicy z włączoną opcją pochylenia wiązki Dopplera widmowego w zakresie $\pm 10^\circ$ polega również na uciskaniu głowicy dogłowowo, obrazując przepływ krwi w płaszczyźnie podłużnej. Następnie w głowicy należy włączyć opcję pochylenia wiązki w zakresie $\pm 10^\circ$, a wówczas uzyskuje się

obraz przepływu krwi pokazany na rysunku 2. Na obrazie ultrasonograficznym wiązka kolorowego Dopplera biegnie równoległe do brzegów kolorowego okienka pomiarowego.



Rys. 2. Ultrasonograficzny obraz przepływu krwi w badanych naczyniach.

Porównując te dwie techniki pomiaru można łatwo zauważyć pewną różnicę w przeprowadzaniu badań. W przypadku techniki badania z wyłączoną opcją ugięcia wiązki Dopplera widmowy kąt odchylenia głowicy od ściany szyi jest dużo większe niż w przypadku przeprowadzania tego samego badania techniką z włączoną opcją ugięcia wiązki Dopplera w zakresie $\pm 10^\circ$.

4. WYNIKI – ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW POMIARÓW BADAŃ ULTRASONOGRAFICZNYCH WYKONANYCH DWIEMA TECHNIKAMI

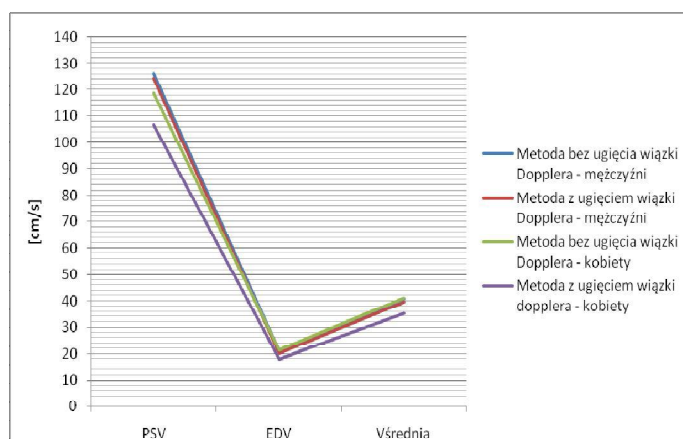
Analiza statystyczna wyników pomiarów badań USG wykonanych dwiema technikami badania, polegała na oznaczeniu średnich wartości dla przepływu krwi, znalezieniu zależności pomiędzy zmianami w parametrach przepływu krwi w tętnicach szyjnych wspólnych ocenianych przy użyciu ultrasonografii dopplerowskiej a zastosowaną techniką badania oraz określeniu zależności pomiędzy płcią badanych pacjentów, a parametrami przepływu krwi w naczyniach szyjnych mierzonych metodą ultrasonografii dopplerowskiej. W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej, najważniejsze wyniki przeprowadzonych badań na dwóch grupach badawczych wykonanych dwiema technikami badania, zestawiono w formie tabeli, a następnie zostały przedstawione w formie wykresów, w celu dokładniejszego ich oglądu.

Tabela 1 przedstawia zbiorcze zestawienie najważniejszych wyników przeprowadzonych badań na dwóch grupach badawczych: kobiet i mężczyzn, otrzymanych w wyniku zastosowania badania Duplex Dopplera w połączeniu z Color Dopplera dwiema technikami badania. Przedstawiona tabela zawiera informacje na temat średnich wartości parametrów sprawdzanych, takich jak PSV, EDV i V_{sr} , błędów pomiarów: bezwzględnych i względnych procentowych oraz podobieństwa wyników pomiarów, przedstawione jako procent pacjentów posiadających bardzo zbliżone wartości parametrów uzyskane dwiema metodami badań.

Tabela 1. Zestawienie wyników badań

	KOBIEТЫ						MĘŻCZYŹNI					
	Technika I*			Technika II**			Technika I*			Technika II**		
	PSV	EDV	V _{śr}	PSV	EDV	V _{śr}	PSV	EDV	V _{śr}	PSV	EDV	V _{śr}
Wartości średnie [cm/s]	118,58	21,3	41,03	106,63	17,89	35,19	126,26	21,06	40,85	124,21	20,22	39,68
Odchylenie standardowe	19,63	7,12	9,96	14,83	6,33	7,81	21,02	8,48	9,74	20,32	8,12	9,39
Błąd bezwzględny [cm/s]	PSV		EDV		V _{śr}		PSV		EDV		V _{śr}	
	11,95		3,41		5,84		2,05		0,84		1,17	
Błąd względny procentowy [%]	10		16		14		2		4		3	
Podobieństwo o wyników pomiarów [%]	36,4		31,8		27,3		50		27,3		31,8	

Zgromadzone podczas pomiarów dane oraz ich zależności w tabeli 1 zostały przedstawione w formie wykresów na rysunku 3, w celu dokładniejszego ich oglądu.



Wykres 1. Analiza wartości średnich badanych parametrów w dwóch grupach badawczych otrzymanych dwiema metodami pomiaru.

Odnosząc się do wpływu płci na wyniki badań można zauważyć, że w grupie mężczyzn otrzymane wartości mierzonych parametrów zarówno techniką I jak i II są dużo bardziej zbliżone do siebie niż w przypadku grupy badanych kobiet, u których wyniki te w większym stopniu odbiegają od siebie. Dowodzi temu również podobieństwo wyników pomiarów wyrażone w %, gdzie w przypadku grupy mężczyzn podobieństwo to jest większe niż w grupie kobiet.

4.1. Testy istotności dla dwóch średnich

W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej wykonano testy istotności dla danych dotyczących średniej wartości parametrów PSV, EDV i V_{sr} uzyskanymi techniką badania z wyłączoną oraz z włączoną opcją ugięcia wiązki dopplerowskiej osobno dla grupy kobiet, a następnie dla grupy mężczyzn. W przypadku badanej grupy mężczyzn, średnie wartości PSV, EDV i V_{sr} uzyskane dwoma technikami badania nie różnią się istotnie między sobą, natomiast w badanej populacji kobiet średnie wartości PSV i V_{sr} uzyskane dwoma technikami badania różnią się statystycznie od siebie.

Tabela 2. Test istotności wykonany dla danych dotyczących średniej wartości PSV, EDV i V_{sr} .

	Maksymalna prędkość skurczowa (PSV)		Minimalna prędkość w fazie rozkurczowej (EDV)		Średnia prędkość przepływu krwi (V_{sr})	
	Mężczyźni	Kobiety	Mężczyźni	Kobiety	Mężczyźni	Kobiety
Średnia	Średnia wartość PSV	Średnia wartość PSV	Średnia wartość EDV	Średnia wartość EDV	Średnia prędkość V_{sr}	Średnia prędkość V_{sr}
Porównanie statystyki testu z wartością krytyczną	$t = 0,32 < 2,018$	$t = 2,23 > 2,018$	$t = 0,33 < 2,018$	$t = 1,64 < 2,018$	$t = 0,39 < 2,018$	$t = 2,11 > 2,018$

Dodatkowo przeprowadzono analizę błędów pomiarów, w tym błąd bezwzględny wynikający z ugięcia wiązki Dopplera widmowego w zakresie $\pm 10^\circ$ oraz błąd względny procentowy wynikający z nachylenia wiązki dopplerowskiej.

5. WNIOSKI

Główne wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz z analizy statystycznej otrzymanych wyników wiążą się z zastosowaniem nachylenia wiązki Dopplera widmowego w zakresie $\pm 10^\circ$ w stosunku do wiązki potrzebnej do uzyskania obrazu B. Rozrzut wyników w dwóch grupach badawczych jest większy w przypadku przeprowadzenia badania techniką z wyłączoną opcją ugięcia wiązki Dopplera widmowego, z czym wiążą się istotnie większe błędy pomiaru, wynikające z użycia funkcji nachylenia wiązki Dopplera widmowego o 10° , występują w przypadku wartości mierzonych parametrów krwi w tętnicy szyjnej wspólnej lewej kobiet.

Opcja ugięcia wiązki Dopplera w aparatach ultrasonograficznych powoduje, zarówno w grupie badanych kobiet oraz mężczyzn, spadek mierzonych wartości parametrów przepływu krwi oraz istotnie większe błędy pomiaru w przeprowadzonych badaniach lecz zdecydowanie ułatwia ich przeprowadzenie.

LITERATURA

- [1] Chan V., Basic of Ultrasound Imaging, Springer Science and Business Media, Toronto 2011.
- [2] Filipczyński L., Biopomiary, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.
- [3] Małka G., Ultrasonografia dopplerowska, Wydawnictwo Medipage, Warszawa 2003.
- [4] Merz E., Diagnostyka ultrasonograficzna w ginekologii i położnictwie Tom 1: Położnictwo, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 1999.
- [5] Merz E., Diagnostyka ultrasonograficzna w ginekologii i położnictwie Tom 2: Położnictwo, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 1999.
- [6] Nowicki A., Echografia dopplerowska, Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 1985.
- [7] Powalowski T., Impulsowy Dopplerowski miernik przepływu krwi, Wydawnictwo IPPTPAN, Warszawa 1974.
- [8] Spaczyński M., Ultrasonografia w położnictwie i ginekologii, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1995.
- [9] Tadeusiewicz R., Inżynieria Biomedyczna, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-dydaktyczne AGH, Kraków 2008.
- [10] Thrush A., Hartshorne T., Ultrasonografia naczyń obwodowych, Wydawnictwo Urban & Partner, London 2005.

**ANALYSIS OF SELECTED TECHNICAL-APPARATUS
FACTORS AFFECTING THE RESULTS OF RESEARCHES
ULTRASOUND**

Abstract: The article presents an analysis of the impact of the beam deflection of the Doppler spectrum in the range of $\pm 10^\circ$, relative to the beam used to obtain an image B, the results of the parameters obtained in studies of blood flow in carotid artery ultrasonography using duplex Doppler methods in conjunction with color flow imaging blood. This analysis allows to observe the changes in the parameters obtained in the group of men and women under the Doppler beam tilt.