

## Zastosowanie badania echokardiograficznego w ocenie wpływu przetok tętniczo-żylnych typu Brescii na wybrane parametry hemodynamiczne u chorych z przewlekłą niewydolnością nerek

Wiesława ZABŁOCKA<sup>1</sup>

Krzysztof DZIEWANOWSKI<sup>2</sup>

Grażyna SNARSKA-SOKÓŁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Oddział X Internistyczno-Kardiologiczny Samodzielnego Publicznego Wojewódzkiego Szpitala Zespołowego w Szczecinie  
Ordynator: dr n. med. Michał Kurowski

<sup>2</sup>Ośrodek Dializ Samodzielnego Publicznego Wojewódzkiego Szpitala Zespołowego w Szczecinie  
Ordynator: Dr hab. n. med. Krzysztof Dzewianowski

### Słowa kluczowe:

- przetoka tętniczo-żylna
- parametry hemodynamiczne
- ocena echokardiograficzna
- przepływ przez przetokę
- niewydolność serca

### Key words:

- arteriovenous fistula for hemodialysis
- hemodynamic parameters
- echocardiographic study
- flow through the fistula
- heart failure

Jednym ze sposobów oceny wpływu przetok tętniczo-żylnych do dializ na układ krążenia pacjentów z przewlekłą niewydolnością nerek jest badanie ich wpływu na zachowanie się podstawowych parametrów hemodynamicznych, takich, jak: objętość wyrzutowa (SV), frakcja wyrzutowa (EF), rzut minutowy (CO) i wskaźnik sercowy (CI). Metodą echokardiograficzną u 50 chorych (27 mężczyzn i 23 kobiety w wieku od 17 do 80 lat), u których dostęp do dializ stanowiła przetoka typu Brescii, oznaczano wymienione wyżej parametry hemodynamiczne przy funkcjonującej przetoce, a następnie po jej krótkotrwałym zamknięciu przez ucisk. Obserwowano istotny spadek wielkości badanych parametrów po czasowym zamknięciu przetoki, którego zakres nie zależał od płci, zależał natomiast od wieku chorych. W badanej grupie u 21 pacjentów, posługując się metodą ultrasonograficzną (doppler duplex), dodatkowo oznaczono wielkość przepływu krwi przez przetokę (Q). U każdego z tych chorych obliczono współczynnik Q/CO, którego wartość była istotnie statystycznie większa u pacjentów z niewydolnością serca, niż u chorych bez objawów niewydolności. Ponadto wprowadzono nowy, własny parametr – wskaźnik Q/EF, którego wartości również okazały się istotnie większe u chorych z niewydolnością krążenia. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że przetoki tętniczo-żylne obciążają istotnie układ krążenia dializowanych chorych, a echokardiografia jest dobrą metodą oceny tego obciążenia. Wydaje się, że zaproponowany wskaźnik Q/EF może okazać się przydatny w szacowaniu ryzyka niewydolności serca rozwoju związanej z przetoką. (NEFROL. DIAL. POL. 2008, 12, 226-229)

## Echocardiographic evaluation of the influence of arteriovenous fistulas on hemodynamic parameters in patients with chronic renal failure

One of methods for assessment of influence of arteriovenous fistulas created for dialysis circulation in patients with chronic renal failure is observation how fistulas influence basic hemodynamic parameters: stroke volume (SV), ejection fraction (EF), cardiac output (CO) and cardiac index (CI). We examined 50 patients (27 men and 23 women, 17 to 80 years old), with Brescia type fistulas. Hemodynamic parameters were determined by echocardiographic study with both functioning and compressed fistula. Temporary compression of fistulas resulted in significant reduction of all measured hemodynamic parameters. The reduction was influenced by age but not by gender. Additionally, in 21 patients measurement of flow through the fistula (Q) was performed with doppler duplex ultrasound. The Q/CO ratio was calculated for each patient. Q/CO values were significantly higher in patients with heart failure than in patients without symptoms of heart failure. Additionally we introduced a new parameter- Q/EF ratio. Q/EF values were also statistically significantly higher in patients with heart failure. The main conclusion of our study is that arteriovenous shunts pose a significant burden on circulatory system of dialyzed patients and echocardiography is very useful in assessment of this effect. We also suggest to use the Q/EF ratio as a good predictor of high output cardiac failure caused by arteriovenous shunt. (NEPHROL. DIAL. POL. 2008, 12, 226-229)

### Adres do korespondencji:

Dr n. med. Wiesława Zabłocka  
Oddział X Internistyczno-Kardiologiczny SPWSZ  
71-455 Szczecin, ul. Arkońska 4  
Tel./Fax: (091) 4241696  
e-mail: wieslawa.zablocka@wp.pl

### Wstęp

Przewlekła niewydolność nerek jest schorzeniem prowadzącym do licznych za-

burzeń w układzie krążenia [15]. Choroby serca stanowią najczęstszą przyczynę zgonu wśród pacjentów dializowanych (ok.

40%). Chorzy z przewlekłą niewydolnością nerek, oprócz standardowych czynników ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego, mają dodatkowe, wynikające z ich choroby podstawowej, takie, jak: nadciśnienie tętnicze, przewodnienie, niedokrwistość, zaburzenia gospodarki lipidowej i wapniowo-fosforanowej, zmiany w osierdziu. Dodatkowym elementem obciążającym układ krążenia są przetoki tętniczo-żylne do dializ. Najbardziej popularnym dostępem naczyniowym do dializ są przetoki typu Brescia. Wielkość obciążenia, jakie dla serca stanowi przetoka zależy głównie od dwóch czynników:

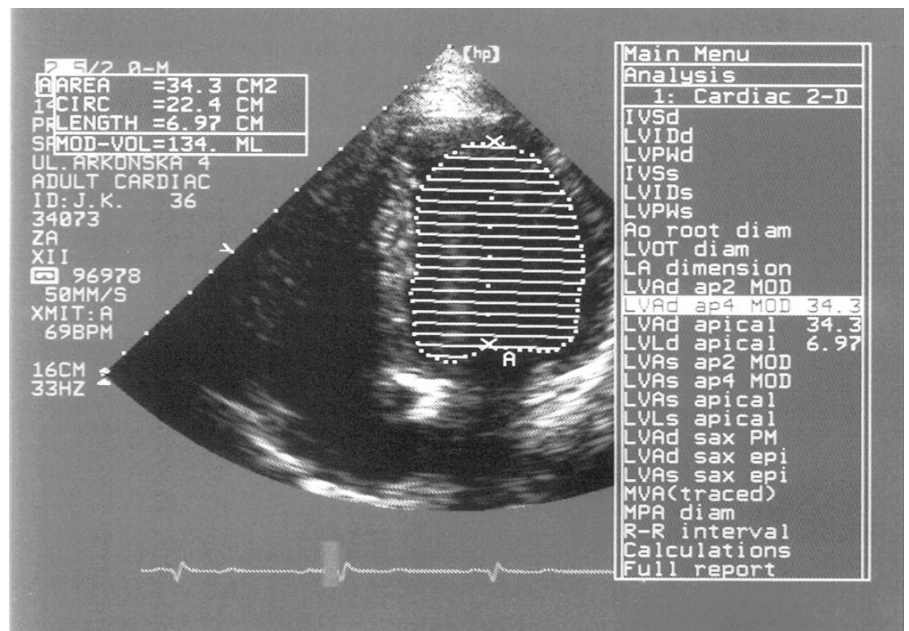
1. wielkości przepływu krwi przez przetokę;
2. stanu układu krążenia w momencie wytworzenia przetoki.

Jeżeli wielkość przepływu przekracza 20% rzutu minutowego serca, wynoszącego przeciętnie ok. 5 l/min, może dojść do rozwoju niewydolności serca (*high output cardiac failure*). Nawet mniejsze przepływy przez przetokę mogą doprowadzić do dekomensacji krążenia u chorych, którzy już w momencie rozpoczęcia dializoterapii mają cechy upośledzonej wydolności serca. Istnieje zatem potrzeba oceny wpływu przetoki na układ krążenia, dla uniknięcia rozwoju niewydolności serca u pacjentów szczególnie zagrożonych tym powikłaniem. Jednym ze sposobów oceny wpływu przetoki na układ krążenia jest badanie, jak zmieniają się podstawowe parametry hemodynamiczne przy funkcjonującej i zamkniętej przetoce. Do podstawowych parametrów hemodynamicznych, stosowanych do oceny wydolności serca należą m.in.: objętość wyrzutowa lewej komory – SV (*stroke volume*), frakcja wyrzutowa lewej komory – EF (*ejection fraction*), rzut minutowy serca-CO (*cardiac output*) i wskaźnik sercowy – CI (*cardiac index*). Znanych jest wiele metod pomiarów parametrów hemodynamicznych. Echokardiografia ma tutaj szczególne zastosowanie. Jest całkowicie nieinwazyjna i coraz szerzej dostępna. Współczesne aparaty echokardiograficzne wyposażone są w oprogramowanie umożliwiające szybkie i dokładne oznaczenie większości parametrów hemodynamicznych.

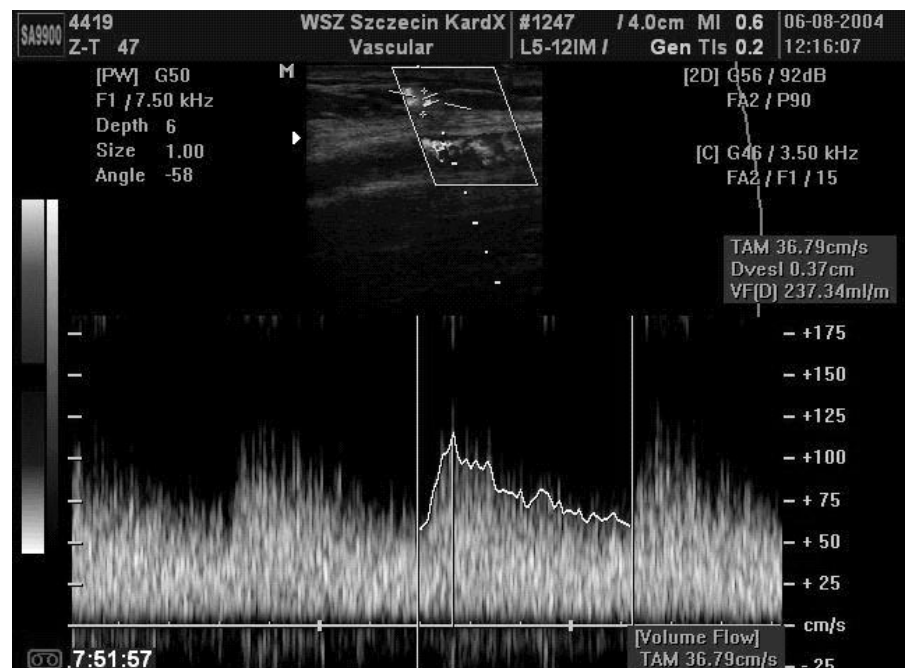
### Materiał i metody

Przebadano 50 pacjentów (27 mężczyzn i 23 kobiety) z przewlekłą niewydolnością nerek, w wieku od 17 do 80 lat, leczonych powtarzającą hemodializą. U wszystkich badanych pacjentów dostęp do dializ stanowiła przetoka tętniczo-żylna typu Brescia.

Metodą echokardiograficzną, oznaczono takie parametry hemodynamiczne, jak: objętość wyrzutowa (SV), frakcja wyrzutowa lewej komory (EF), rzut minutowy serca (CO) i wskaźnik sercowy (CI). Badane parametry oznaczano stosując dwupłaszczyznową metodę *Simpsona*, na podstawie pomiarów wykonanych w projekcji koniuszkowej czterojamowej [9] (rycyna 1). U wszystkich pacjentów pomiary wykonywane były dwukrotnie, przy funkcjonującej przetoce, a następnie po ok. 1 minutowym jej uciśnięciu, z zatrzymaniem przepływu. Ponadto u 21 chorych dodatkowo wykonano pomiar przepływu krwi przez przetokę (Q) metodą dopplerowską [10]. U 11 chorych z tej grupy



Rycyna 1  
Badanie echokardiograficzne, projekcja koniuszkowa czterojamowa - obliczanie parametrów hemodynamicznych z wykorzystaniem metody Simpsona.  
Echokardiogram, apical four chamber view - measurement of hemodynamic parameters using Simpson's method.



Rycyna 2  
Oznaczenie przepływu krwi w żyłę arterializowanej metodą dopplerowską.  
Measurement of flow in arterialized vein.

stwierdzano klinicznie objawy niewydolności serca (NYHA II-IV). Pomiarów dokonywano w żyłę arterializowanej, tuż powyżej zespolenia. Podobnie, jak w przypadku parametrów hemodynamicznych, wielkość przepływu obliczana była automatycznie przez aparat, na podstawie średniej prędkości przepływu, średnicy arterializowanej żyły i częstości rytmu serca (rycyna 2).

Dodatkowo pacjentom z oznaczonym przepływem przez przetokę obliczono stosunek wielkości przepływu przez przetokę do rzutu minutowego serca (Q/CO) oraz stosunek wielkości przepływu do frakcji wyrzutowej lewej komory (Q/EF).

### Wyniki

Prawie u wszystkich pacjentów zatrzymanie przepływu krwi przez przetokę spowodowało spadek wartości badanych parametrów hemodynamicznych, a różnice były bardzo istotne statystycznie ( $p < 0,001$ ). Średnia objętość wyrzutowa (SV) po zamknięciu przetoki zmniejszyła się z 83 do 65 ml tj. o 19,6%, frakcja wyrzutowa (EF) z 52,6 do 44,9% czyli o 15%, rzut minutowy (CO) z 6,66 do 5,10 l/min tj. o 21,6%, wskaźnik sercowy (CI) z 3,76 do 2,90 l/min/m<sup>2</sup> tj. o 21,7% (tabela I).

Stwierdzono istotną statystycznie dodatnią korelację pomiędzy wielkością przepływu

Tabela I

Wyniki badań wybranych parametrów hemodynamicznych przed i po uciśnięciu przetoki.  
Values of hemodynamic parameters before and after compression of fistula.

Parametr	Średnia wartość dla 50 pacjentów		Różnica w procentach
	przetoka otwarta	przetoka zamknięta	
Objętość wyrzutowa (SV)	83 ± 36 ml	65 ± 27 ml	19,6%
Frakcja wyrzutowa (EF)	52,6 ± 12,8%	44,9 ± 13,4%	15,0%
Rzut minutowy (CO)	6,66 ± 3,03 l/min	5,10 ± 2,20 l/min	21,6%
Wskaźnik sercowy (CI)	3,76 ± 1,62 l/min/m <sup>2</sup>	2,90 ± 1,29 l/min/m <sup>2</sup>	21,7%
p < 0,001			

Tabela II

Porównanie wielkości zmian badanych parametrów po uciśnięciu przetoki w grupach mężczyzn i kobiet.  
TabComparison of changes in hemodynamic parameters after compression of fistula in men and women group.

Parametr	Mężczyźni	Kobiety	Poziom istotności
Objętość wyrzutowa (SV)	19,7%	19,4%	NS
Frakcja wyrzutowa (EF)	13,9%	16,4%	NS
Rzut minutowy (CO)	21,4%	21,8%	NS
Wskaźnik sercowy (CI)	21,4%	22,0%	NS

Tabela III

Porównanie wielkości zmian badanych parametrów po uciśnięciu przetoki w poszczególnych grupach wiekowych.  
Comparison of changes in hemodynamic parameters after compression of fistula according to the age.

Parametr	Grupy wiekowe			Poziom istotności
	Wiek ≤ 40 lat	40 < wiek ≤ 60 lat	Wiek > 60 lat	
Objętość wyrzutowa (SV)	18,4%	23,2%	15,3%	NS
Frakcja wyrzutowa (EF)	15,3%	15,4%	14,0%	NS
Rzut minutowy (CO)	20,6%	26,3%	15,2%	p<0,05
Wskaźnik sercowy (CI)	20,7%	26,4%	15,4%	p<0,05

wu (Q) krwi przez przetokę oznaczoną metodą dopplerowską i różnicą rzutu minutowego oznaczonego przed i po uciśnięciu przetoki (p<0,02).

Porównując wartości badanych parametrów u kobiet i mężczyzn (tabela II) nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic.

Wielkość zmian badanych parametrów w poszczególnych podgrupach wiekowych (tab.3) istotnie statystycznie różniła się w grupie chorych w średnim wieku (40 < wiek ≤ 60 lat) i grupie pacjentów starszych wiek > 60lat).

U pacjentów w średnim wieku średni spadek rzutu minutowego (CO) i wskaźnika sercowego (CI) był istotnie statystycznie większy niż w grupie osób starszych (p<0,05). Nie stwierdzono znaczących różnic pomiędzy najstarszą a najmłodszą (wiek ≤ 40lat) grupą pacjentów i grupą najmłodszą a grupą w średnim wieku.

Ponadto, u chorych, u których oznaczono wielkość przepływu przez przetokę obliczono stosunek wielkości przepływu do rzutu minutowego Q/CO oraz nowy, własny parametr – stosunek wielkości przepływu do frakcji wyrzutowej Q/EF. Dla uproszczenia wielkości frakcji wyrzutowej podano w formie ułamka dziesiętnego. Wartość mediany dla Q/CO wyniosła 0,10, a dla Q/EF 1,12 l/min. Wartości mediany obu wskaźników były wyraźnie większe u chorych z objawami niewydolności serca niż u chorych bez cech niewydolności: Q/CO – odpowiednio

0,14 vs 0,06, Q/EF – odpowiednio 1,60 l/min vs 0,63 l/min (różnice istotne statystycznie, p<0,02).

Wykazano również dodatnią, wysoce istotną statystycznie korelację pomiędzy wielkością Q/CO i Q/EF (współczynnik korelacji rang *Spearmana* rs=0,796, p<0,0001).

#### Omówienie

Na przełomie lat 60-tych i 70-tych XX wieku, gdy coraz powszechniej zaczęto stosować przetoki tętniczo-żylne do dializ, pojawiły się pierwsze doniesienia o przypadkach niewydolności serca, związanej z przeciążeniem objętościowym, wywołanym dużym przeciekiem krwi z układu tętniczego do żylnego przez przetokę. Równocześnie opisywano metody, którymi próbowano ocenić wpływ przetoki na układ krążenia. Zwykle oceniano wpływ przetoki na zachowanie się parametrów hemodynamicznych, głównie rzutu minutowego, wykorzystując metody inwazyjne, np. metodę *Ficka* [1] lub metodę rozcieńczenia barwnika [12]. W większości prac z tego okresu potwierdzono związek między rozwojem niewydolności serca a dużym przepływem przez przetokę, obserwowano spadek rzutu minutowego serca po czasowym lub trwałym zamknięciu lub zwężeniu przetoki oraz poprawę kliniczną po operacji zamykającej lub zwężającej przetokę [1,2,4,6,7,8,12].

Jedno z pierwszych doniesień dotyczą-

cych oceny wpływu przetoki A-V na funkcję serca metodą echokardiograficzną pochodzi z 1978 roku. *H.von Bibra* i wsp przebadali 7 dializowanych pacjentów z przetokami typu *Screibnera*, *Brescia* i przetokami sztucznymi (PTFE). Po uciśnięciu przetoki, zanotowano istotny statystycznie spadek częstości rytmu serca (HR), rzutu minutowego (CO) i wskaźnika sercowego (CI)[3]. Stosując tę samą metodę *Riley* i wsp. obserwowali istotny spadek wartości takich parametrów, jak objętość końcoworozkurczonej lewej komory (EDV), objętość wyrzutowa (SV) i wskaźnik sercowy (CI), u chorych, którym na 3 minuty uciśnięto przetokę, a także w grupie chorych po transplantacji nerki i zamknięciu przetoki [16]. Inną metodą dla oceny wpływu przetok na układ krążenia posłużył się *Dziewanowski* (1981). Badacz ocenił wielkość następujących parametrów: czas krążenia (m), rzut minutowy (CO), wskaźnik sercowy (CI) i wskaźnik pojemności wyrzutowej (SVI) metodą izotopową (z użyciem izotopu J<sup>31</sup>). Stwierdzono istotne statystycznie różnice wartości badanych parametrów u chorych z czynnymi przetokami w stosunku do grupy kontrolnej osób zdrowych oraz znaczące zmiany wszystkich badanych parametrów po uciśnięciu przetoki [5]. *Munclinger* i wsp. (1987) przebadali 10 pacjentów z terminalną niewydolnością nerek bezpośrednio przed wytworzeniem przetoki do dializ i 2 miesiące później. Metodą echokardiograficzną (M-mode) i u 7 pacjentów dodatkowo cewnikowaniem serca oznaczano, takie parametry, jak: ciśnienie w prawym przedsionku, wskaźnik sercowy, systemowy opór naczyń, wskaźnik minutowej pracy lewej komory. Nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian wielkości badanych parametrów przed i po wytworzeniu przetoki [13].

Wyniki własnych badań 50 pacjentów (dane z piśmiennictwa dotyczą w większości mniejszych grup) potwierdzają istotny wpływ przetok tętniczo-żylnych typu *Brescia* na zachowanie się takich parametrów hemodynamicznych, jak objętość wyrzutowa (SV), frakcja wyrzutowa (EF), rzut minutowy (CO) i wskaźnik sercowy (CI). Wielkość wszystkich badanych parametrów po uciśnięciu przetoki uległa istotnemu zmniejszeniu. Wielkość zmian parametrów hemodynamicznych po zamknięciu przetoki była porównywalna w grupach kobiet i mężczyzn. Porównując wyniki badań w poszczególnych grupach wiekowych, stwierdziliśmy większy spadek większości badanych parametrów w grupie chorych młodych i w średnim wieku niż u osób starszych, co można tłumaczyć gorszą u osób starszych adaptacją serca do zwiększonego obciążenia, jednak różnice istotne statystycznie dotyczyły tylko rzutu minutowego i wskaźnika sercowego w grupie pacjentów w średnim wieku w porównaniu ze starszymi.

Wiadomo, że przetoki tętniczo-żylne, zwłaszcza te o dużym przepływie stanowią istotne obciążenie dla układu krążenia i mogą być przyczyną niewydolności serca, nie ustalono jednak dotychczas jednoznacznych sposobów oceny ryzyka rozwoju niewydolności serca u poszczególnych chorych.

*Pandeya* i *Lindsay* (1999), badając wielkość przepływu przez przetokę i rzut minu-

towy u 18 pacjentów stwierdzili silną dodatnią korelację pomiędzy wielkością przepływu przez przetokę (Q) a rzutem minutowym serca (CO). Ustalili, że stosunek przepływu do rzutu minutowego Q/CO wynosi średnio ok. 0,2 (20%) [14].

MacRae i wsp. (2004) na podstawie analizy danych z piśmiennictwa zaobserwowali, że w większości opisanych przypadków niewydolności serca związanej z przetoką do dializ, wielkość przepływu przez przetokę przekraczała 2 l/min, a stosunek przepływu do rzutu minutowego Q/CO był większy niż 30-35%. Autorzy zaproponowali, aby przyjąć wartość tego wskaźnika większą niż 0,3 (30%), jako wskazującą na zwiększone ryzyko rozwoju niewydolności serca [11]. W naszych badaniach również stwierdziliśmy dodatnią, istotną statystycznie korelację pomiędzy wielkością przepływu krwi przez przetokę (Q), a spadkiem rzutu minutowego (CO) po jej uciśnięciu. Współczynnik Q/CO, oceniający proporcję pomiędzy wielkością przecieku a rzutem minutowym, wydaje się być dobrym parametrem oceny obciążenia układu krążenia przez przetokę i ryzyka rozwoju niewydolności serca. Wartość mediany tego wskaźnika wśród badanych przez nas chorych (0,10) okazała się niższa od opisywanej w piśmiennictwie. Wśród pacjentów z objawami niewydolności serca wielkość Q/CO była istotnie większa niż u chorych, u których cech niewydolności nie obserwowano (0,14 vs 0,06,  $p < 0,02$ ). Ponadto obliczono własny wskaźnik Q/EF, oceniający relację wielkości przepływu krwi przez przetokę i wielkości frakcji wyrzutowej. Obniżona frakcja wyrzutowa zwykle świadczy o już istniejącej dysfunkcji serca, a dodatkowe obciążenie przeciekiem przez przetokę może doprowadzić do szybkiej dekomensacji. Wydaje się więc, że wskaźnik Q/EF, którego wartości korelują z wartościami współczynnika Q/CO, może okazać się wartościowym parametrem w ocenie chorych szczególnie zagrożonych rozwojem

niewydolności serca. Ustalenie granicznej wartości Q/EF, związanej ze zwiększonym ryzykiem wymaga dalszych badań. Wydaje się, że pacjenci, u których wartość tego wskaźnika przekroczy 1,5 l/min wymagają szczególnej obserwacji. Systematyczne kontrole echokardiograficzne takich chorych pozwolą uchwycić postęp niekorzystnych zmian i ułatwią ewentualną decyzję o konieczności zwężenia lub zamknięcia przetoki i zastąpienia jej inną, bądź przejścia na dializę otrzewnową, ewentualnie przyspieszenia terminu przeszczepu nerki. Szczególnie pomocne mogą być takie badania u pacjentów po transplantacji nerki, z dobrą funkcją przeszczepionego narządu, którzy z przetoki już nie korzystają. Potwierdzenie istotnego przeciążenia układu krążenia przez przetokę może przyspieszyć decyzję o operacyjnym zamknięciu zespolenia u tych chorych.

### Wnioski

1. Wyniki własne potwierdzają doniesienia innych autorów, iż przetoki tętniczo-żylnego typu Brescii w sposób istotny obciążają układ krążenia chorych z przewlekłą niewydolnością nerek.

2. W ocenie wpływu przetok tętniczo-żylnych typu Brescii na układ krążenia pacjentów można stosować wiele metod, wydaje się jednak, że zastosowana przez nas metoda czasowego ucisku przetoki, połączona z echokardiograficzną oceną zmian wielkości parametrów hemodynamicznych, takich, jak: objętość wyrzutowa, frakcja wyrzutowa, rzut minutowy i wskaźnik sercowy, poszerzona o ultrasonograficzny pomiar wielkości przepływu krwi przez przetokę, jest optymalna.

3. Wydaje się, że proponowany przez nas nowy wskaźnik hemodynamiczny (Q/EF), może stanowić dodatkowy, cenny wykładnik wpływu przetok tętniczo-żylnych na układ krążenia chorych. Koreluje on ze stosowanym już do tego celu współczynnikiem Q/CO.

### Piśmiennictwo

1. Ahearn D., Maher J.: Heart failure as a complication of hemodialysis arteriovenous fistula. *Ann. Intern. Med.* 1972, 77, 201.
2. Anderson C., Codd J., Graff R. et al.: Cardiac failure and upper extremity arteriovenous dialysis fistulas. *Arch. Intern. Med.* 1976, 136, 292.
3. von Bibra H., Castro L., Autenrieth G. et al.: The effects of arteriovenous shunts on cardiac function in renal dialysis patients - an echocardiographic evaluation. *Clin. Nephrol.* 1978, 9, 205.
4. Draur R.: Heart failure and dialysis fistulas. *Ann. Int. Med.* 1973, 79, 765.
5. Dziewanowski K.: Wpływ zespolen tętniczo-żylnych stosowanych w hemodializie u chorych z przewlekłą niewydolnością nerek na zachowanie się niektórych wskaźników hemodynamicznych. *Kard. Pol.* 1981, 24, 349.
6. Fee H., Levisman J., Doud R. et al.: High-output congestive failure from femoral arteriovenous shunts for vascular access. *Ann. Surg.* 1976, 183, 321.
7. George C., May J., Schieb M. et al.: Heart failure due to an arteriovenous fistula for hemodialysis. *Med. J. Aust.* 1973, 1, 696.
8. Johnson G., Blythe W.: Hemodynamic effects of arteriovenous shunts used for hemodialysis. *Ann. Surg.* 1970, 171, 715.
9. Kasprzak J., Wierzbowska-Drabik K., Drożdż J.: Ocena czynności lewej komory-funkcja skurczowa i rozkurczowa. [W:] *Echokardiografia praktyczna.* (Podolec P., Tracz W., Hoffman P. red.) *Medycyna Praktyczna Kraków* 2004, Tom I, 135.
10. Krzanowski M., Łuszczycska A.: *Atlas ultrasonografii naczyń.* *Medycyna Praktyczna Kraków* 1996.
11. MacRae J., Pandeya S., Humen D. et al.: Arteriovenous fistula-associated high-output cardiac failure: a review of mechanisms. *Am. J. Kidney Dis.* 2004, 43, 17.
12. McMillan R., Evans D.: Experience with three Brescia-Cimino Shunts. *Br. Med. J.* 1968, 3, 781.
13. Munclinger M., Nemeček K., Šerf B. et al.: Effects of arteriovenous fistula creation and maturation on rest hemodynamics in patients with end-stage renal disease. *Nephron* 1987, 46, 106.
14. Pandeya S., Lindsay R.: The relationship between cardiac output and access flow during hemodialysis. *ASAIO J.* 1999, 45, 135.
15. Parfrey P.: Pathogenesis of cardiac disease in dialysis patients. *Semin. Dial.* 1999, 12, 62.
16. Riley S., Blacstone E., Sterling W. et al.: Echocardiographic assessment of cardiac performance in patients with arteriovenous fistulas. *Surg. Gynecol. Obstet.* 1978, 146, 203.