

# Wartość dopplerowskiego badania ultrasonograficznego w diagnostyce zwężeń tętnic nerkowych

## *Value of Doppler ultrasonography in renal artery stenosis recognition*

Anna Kabłak-Ziembicka<sup>1</sup>, Tadeusz Przewłocki<sup>1</sup>, Wiesława Tracz<sup>1</sup>,  
Grzegorz Kopec<sup>1</sup>, Magdalena Kostkiewicz<sup>1</sup>, Piotr Pieniżek<sup>1</sup>,  
Artur Kozanecki<sup>1</sup>, Daniel Rzeźnik<sup>1</sup>, Tomasz Stompor<sup>2</sup>, Władysław Sułowicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klinika Chorób Serca i Naczyń, Instytut Kardiologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

<sup>2</sup>Katedra i Klinika Nefrologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Postępy w Kardiologii Interwencyjnej 2006; 2, 4 (6): 266–273

### Streszczenie

**Cel:** Celem badania była ocena wartości ultrasonografii dopplerowskiej (DU) w diagnostyce zwężeń tętnic nerkowych (RAS).

**Metody:** Grupę uczestników badania stanowiło 420 chorych (w tym 286 mężczyzn) w wieku  $63,6 \pm 9,6$  lat, zakwalifikowanych do koronarografii z podejrzeniem choroby wieńcowej. Badaniem DU oceniano w tętnicach nerkowych: prędkość skurczową (PSV), wskaźnik oporu (*resistance index* – RI), wskaźnik prędkości tętnica nerkowa–aorta (*renal aortic ratio* – RAR) oraz przepływy wewnątrznerkowe: czas akceleracji (*acceleration time* – AT), akcelerację (*acceleration* – Acc), różnicę we wskaźnikach oporu ( $\Delta$ RI) oraz w wymiarze podłużnym pomiędzy nerkami.

**Wyniki:** Angiograficznie RAS <30% stwierdzono u 265 (63,1%) chorych, zwężenia 30–49% u 70 (16,7%), RAS  $\geq 50\%$  u 79 (18,8%), a niedrożność u 6 (1,4%). Angiograficzny stopień RAS istotnie korelował z PSV ( $r=0,720$ ;  $p<0,001$ ), RAR ( $r=0,718$ ;  $p<0,001$ ), różnicą długości nerek ( $r=0,391$ ;  $p<0,001$ ),  $\Delta$ RI ( $r=-0,359$ ;  $p<0,001$ ), AT ( $r=0,447$ ;  $p<0,001$ ), Acc ( $r=-0,534$ ;  $p<0,001$ ). Pomiedzy chorymi z RAS <30% oraz RAS 30–49% stwierdzano istotne różnice we wszystkich parametrach zewnątrznerkowych (PSV, EDV, RI, RAR), a wśród parametrów wewnątrznerkowych wyłącznie w Acc. Chorzy z RAS  $\geq 50\%$  oraz 30–49% różnili się istotnie w zakresie wszystkich parametrów zewnątrz-, jak i wewnątrznerkowych. Analiza wieloczynnikowa wykazała, że niezależnymi czynnikami predykcyjnymi RAS  $\geq 50\%$  są: PSV ( $p=0,006$ ), RAR ( $p=0,021$ ), AT ( $p=0,0003$ ) oraz różnica wielkości nerek ( $p<0,001$ ). Wykazano za pomocą krzywych ROC następujące optymalne punkty odcięcia dla RAS  $\geq 50\%$ : PSV  $\geq 2,06$  m/s; RAR  $\geq 2,71$  oraz AT  $\geq 93$  ms. Dla wszystkich wartości powyżej punktów odcięcia: czułość, swoistość, dodatnia i ujemna wartość predykcyjna DU wyniosły odpowiednio: 91,1%, 94,3%, 79,1% i 97,8%.

**Wnioski:** DU jest wiarygodną metodą w diagnostyce RAS  $\geq 50\%$ . U chorych ze zwężeniami pomiędzy 30–49% stwierdza się głównie zaburzenia przepływu zewnątrznerkowego. W RAS  $\geq 50\%$  zaburzenia przepływu dotyczą zarówno parametrów wewnątrz-, jak i zewnątrznerkowych.

**Słowa kluczowe:** zwężenie tętnicy nerkowej, ultrasonografia dopplerowska, angiografia nerkowa

### Abstract

**The purpose** of this study was to investigate the accuracy of renal angiography and Doppler ultrasonography (DU) flow parameters in detection of renal artery stenosis (RAS).

**Methods:** 420 (286 M) patients, aged  $63.6 \pm 9.6$  y. underwent renal DU with the assessment of: peak systolic (PSV), end-diastolic (EDV) velocity in the renal artery, renal aortic ratio (RAR) and resistance index (RI). Intrarenal parameters were also assessed: acceleration (Acc), acceleration time (AT), difference in intrarenal resistance indices ( $\Delta$ RI) and length difference between kidneys.

**Adres do korespondencji/Corresponding author:** dr n. med. Anna Kabłak-Ziembicka, Klinika Chorób Serca i Naczyń, Instytut Kardiologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, ul. Prądnicka 80, 31-202 Kraków, tel. +48 12 614 22 87, faks +48 12 423 43 76, e-mail: kablakziembicka@op.pl

**Results:** On quantitative angiography, in 265 patients RAS was <30% lumen stenosis, in 70 patients it was between 30 and 49%, in 79 patients it was  $\geq 50\%$ , and in 6 patients renal artery occlusion was found. The grade of RAS correlated significantly with PSV ( $r=0.720$ ,  $p<0.001$ ), RAR ( $r=0.718$ ,  $p<0.001$ ), kidney length difference ( $r=0.391$ ,  $p<0.001$ ),  $\Delta$ IRI ( $r=-0.359$ ,  $p<0.001$ ), AT ( $r=0.447$ ,  $p<0.001$ ) and Acc ( $r=-0.534$ ,  $p<0.001$ ). Extracranial flow parameters differed significantly between patients with RAS <30% and RAS 30-49%, and between patients with RAS 30-49% and RAS  $\geq 50\%$ . Renal size, mean  $\Delta$ IRI, and AT values were all decreased significantly ( $p<0.001$ ) only for RAS  $\geq 50\%$  compared with values in patients with RAS 30-49% and <30%. The best performing parameters for RAS  $\geq 50\%$  were revealed to be PSV, RAR, AT and kidney length difference. Cutoff values for PSV of 2.06 m/sec, for RAR of 2.71 and for AT of 93 msec provided the best predictive value with a sensitivity of 91.1%, a specificity of 94.3%, and positive and negative predictive values of 79.1% and 97.8%.

**Conclusions:** DU with analysis of extra- and intrarenal flow is recommended as a useful method for noninvasive diagnosis and grading of RAS.

**Key words:** renal artery stenosis, Doppler ultrasonography, renal angiography

## Wprowadzenie

Częstość występowania RAS wzrasta wraz z wiekiem chorych i stopniem zaawansowania miażdżycy [1–3]. W badaniach autopsyjnych RAS jest często stwierdzane u chorych z chorobą wieńcową – dotyczy nawet 40% chorych [4]. W krajach Europy i w USA co 5. chory jest kierowany na przewlektę dializy z powodu RAS [4, 5].

Zwężenie tętnic nerkowych wywiera ponadto niekorzystny wpływ na przebieg choroby niedokrwiennej serca, głównie poprzez rozwój opornego na farmakoterapię nadciśnienia tętniczego, co przyspiesza rozwój miażdżycy w naczyniach wieńcowych oraz powoduje przerost i remodeling lewej komory, a w konsekwencji rozwój niewydolności krążenia [6, 7]. Ocenia się, że zawały serca występują 3-krotnie częściej u chorych ze współistniejącym RAS i chorobą wieńcową [8]. Chorzy ci istotnie częściej poddawani są rewaskularyzacji przezskórnej oraz chirurgicznej serca [8]. Z danych wynika, że wczesne rozpoznanie RAS powinno stanowić istotne zagadnienie kliniczne w praktyce kardiologicznej, co umożliwiłoby optymalizację leczenia tych chorych, jak i – w uzasadnionych przypadkach – kwalifikację do angioplastyki tętnicy nerkowej [9].

Obecnie nie dysponujemy prostym, powszechnie dostępnym badaniem, które mogłoby spełniać rolę testu przesiewowego pozwalającego na wykrycie RAS we wczesnym okresie przed rozwojem niewydolności nerek. Spośród uznanych metod diagnostycznych RAS największą dostępność i zarazem najmniejszą inwazyjność ma dopplerowskie badanie ultrasonograficzne (USG) [9–11].

## Cel badania

Celem badania były: 1) ocena możliwości badania dopplerowskiego w wykrywaniu RAS w odniesieniu do angiografii tętnic nerkowych jako badania referencyjnego; 2) próba wyodrębnienia parametrów badania USG najistotniejszych dla rozpoznania RAS.

## Materiał i metody

Do badania włączono 420 chorych (286 mężczyzn, 134 kobiety) w średnim wieku  $63,6 \pm 9,6$  (30–85)

lat, przyjętych z podejrzeniem choroby wieńcowej w celu wykonania koronarografii. U wszystkich chorych przed badaniami inwazyjnymi wykonano badanie DU tętnic nerkowych aparatem Toshiba Aplio wyposażonym w głowicę konweksową pracującą w zakresie częstotliwości 3–5 MHz. W trakcie badania oceniano parametry zewnątrznerkowe, tj.: skurczową i końcoworozkurczową (*end-diastolic velocity* – EDV) prędkość przepływu w obu tętnicach nerkowych, skurczową prędkość przepływu w aorcie brzusznej. Z parametrów tych dodatkowo wyliczono: RAR (tj. iloraz PSV w tętnicy nerkowej i prędkości skurczowej w aorcie brzusznej), RI (*resistance index* tj. będący różnicą PSV – EDV/PSV).

Ponadto za pomocą badania dopplerowskiego z krzywej przepływu w tętnicach śródnerkowych oznaczano następujące parametry wewnątrznerkowe: Acc, AT, wskaźnik oporu dla tętnic śródnerkowych (*intrarenal resistance index* – IRI, wyliczony z wyżej podanego wzoru dla śródnerkowej prędkości skurczowej i końcoworozkurczowej), z którego wyliczono  $\Delta$ IRI. Sposób wyliczania powyższych parametrów przedstawiono na ryc. 1. W prezentacji B-Mode wyliczano różnicę w wymiarze podłużnym obu nerek.

Angiografię tętnic nerkowych wykonano u wszystkich chorych bezpośrednio po angiografii tętnic wieńcowych aparatem Coroscop (Siemens AG, Munich, Germany) wyposażonym w program do obliczeń stopnia redukcji światła tętnicy angiografią ilościową (*Quantcor version 2.0, quantitative analysis software*). Badanie wykonywano selektywnie cewnikiem Judkinsa do prawej tętnicy wieńcowej o średnicy 6F lub nieselektywnie cewnikiem *pigtail*. Obie tętnice nerkowe uwidaczano w projekcji przednio-tylnej, a w wypadku zmian miażdżycowych również w dodatkowych projekcjach skośnych. W wypadku angiografii selektywnej umieszczano końcówkę cewnika w aorcie brzusznej bezpośrednio w okolicy odejścia tętnicy nerkowej, aby uwidocznili ostium tętnicy nerkowej.

Chorych kwalifikowano do następujących grup: 1) chorzy bez zmian miażdżycowych lub ze zmianami <30% redukcji światła naczynia, 2) chorzy ze zmianami redukującymi światło przepływu w zakresie 30–49%,

**Tabela 1.** Charakterystyka chorych**Table 1.** Characteristics of study patients

	QA <30% N=265	QA 30–49% N=70	QA ≥50% N=85	p (ANOVA)
wiek, lata ± SD	62,5±9,9	66,6±8,2	64,4±9,0	0,004
pleć męska, n (%)	189 (71,3)	45 (64,3)	52 (61,2)	0,165
nadciśnienie, n (%)	223 (84,1)	65 (92,9)	82 (96,5)	0,006
cukrzyca typu 2, n (%)	67 (25,3)	20 (28,6)	28 (31,8)	0,623
hiperlipidemia, n (%)	233 (87,9)	62 (88,6)	78 (91,8)	0,702
palenie papierosów, n (%)	175 (66,0)	48 (68,6)	56 (65,9)	0,946
choroba wieńcowa, n (%)*	176 (66,4)	56 (80,0)	68 (80,0)	0,057
przeżyty zawał serca, n (%)	98 (37,0)	30 (42,9)	32 (37,6)	0,665
PCI, n (%)	80 (30,2)	23 (32,9)	22 (25,9)	0,592
CABG, n (%)	56 (21,1)	13 (18,6)	19 (22,4)	0,375
udar mózgu/TIA, n (%)	51 (19,2)	11 (15,7)	16 (18,8)	0,931
stężenie kreatyniny w osoczu, $\mu\text{mol/l} \pm \text{SD}$	87,1±25,5	97,5±34,4	120,3±74	<0,001

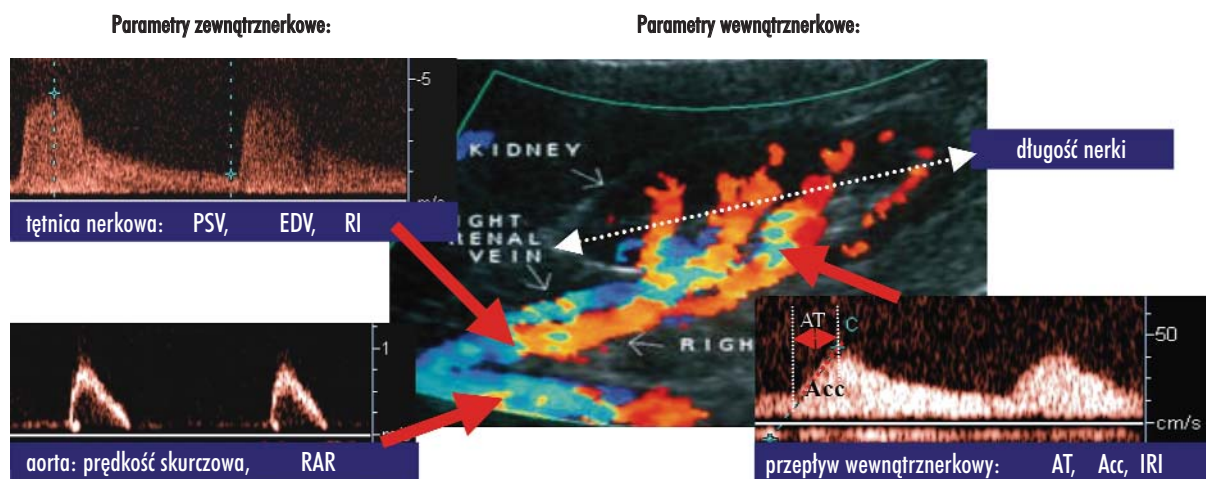
\* obecność choroby wieńcowej udokumentowanej angiograficznie – zwężenie przekraczające 50% w głównych rozgałęzieniach tętnic wieńcowych

3) chorzy ze zwężeniami redukującymi światło  $\geq 50\%$  oraz 4) z niedrożnością tętnicy nerkowej.

Program badawczy uzyskał akceptację lokalnej komisji bioetycznej. Wszyscy chorzy włączeni do badania wyrazili pisemną zgodę na przeprowadzenie angiografii tętnic nerkowych.

### Analiza statystyczna

Analizie statystycznej poddano wszystkie oceniane zewnętrz- oraz wewnątrznerkowe parametry badania USG, które korelowano testem Spearmana ze stopniem zwężenia tętnicy nerkowej zmierzonym metodą angiografii ilo-



**Ryc. 1.** Dopplerowskie badanie ultrasonograficzne tętnic nerkowych – analizowane parametry przepływu zewnątrz- i wewnątrznerkowego

Strzałki wskazują miejsca dokonywanych pomiarów i parametry analizowane

PSV – prędkość skurczowa w tętnicy nerkowej (m/s); EDV – prędkość końcoworozkurczowa w tętnicy nerkowej (m/s); RAR – stosunek PSV do prędkości skurczowej w aorcie brzusznej; RI – wskaźnik oporu w tętnicy nerkowej; AT – czas akceleracji liczony od początku narastania prędkości skurczowej do szczytu (ms); Acc – akceleracja – nachylenie krzywej narastania prędkości skurczowej ( $\text{cm/s}^2$ ); IRI – wskaźnik oporu w tętnicy wewnątrznerkowej

**Fig. 1.** Doppler ultrasound of renal arteries – extra- and intrarenal parameters

Arrows point out sites where parameters' values were measured

PSV – peak systolic velocity in renal artery (m/s); EDV – end diastolic velocity in renal artery (m/s); RAR – renal aortic ratio; RI – resistance index in renal artery; AT – acceleration time – time from the beginning to the peak of the systolic phase (ms); Acc – acceleration – the systolic slope angle ( $\text{cm/s}^2$ ); IRI – intrarenal resistance index

ściowej (QA). Ponadto testem analizy wariancji (ANOVA) porównywano różnice pomiędzy średnimi wartościami uzyskanymi w USG u chorych z prawidłowymi tętnicami nerkowymi (QA <30%), ze zmianami miażdżycowymi w zakresie 30–49% oraz ≥50%. Poszukiwano niezależnych ultrasonograficznych czynników prognostycznych obecności RAS ≥50% za pomocą metody wieloczynnikowej krokowej regresji wstecznej. Skonstruowano krzywe ROC dla niezależnych czynników prognostycznych RAS ≥50% oraz wyliczono czułość i swoistość badania USG dla tych punktów odcięcia.

## Wyniki

Wśród 420 chorych u 265 (63,1%) w badaniu angiograficznym stwierdzono prawidłowe tętnice nerkowe lub zmiany miażdżycowe nieprzekraczające 30% światła naczynia, u 70 (16,7%) zwężenia w zakresie 30–49%, u 79 (18,6%) zwężenia ≥50% oraz u 6 (1,4%) chorych jednostronną niedrożność tętnicy nerkowej. Obustronne zwężenia tętnic nerkowych występowały u 36 (8,6%) chorych. Obecność choroby wieńcowej w postaci zwężenia przekraczającego 50% redukcji światła w tętnicy wieńcowej stwierdzono u 300 (71%) chorych. Grupy te różniły się istotnie pod względem wielu parametrów klinicznych (tabela 1.).

Wśród opisanych 420 chorych u 7 (1,7%) znaczna otyłość brzuszna uniemożliwiła uwidocznienie tętnic nerkowych, a ocena ultrasonograficzna została ograniczona do analizy przepływów wewnątrznerkowych. U pozostałych chorych (413 osób – 98,3%) badanie USG umożliwiło pomiar wszystkich poddanych analizie parametrów ultrasonograficznych.

W USG obserwowano wraz ze zwiększaniem się stopnia zwężenia tętnicy nerkowej wzrost PSV ( $p<0,001$ ;  $r=0,720$ ) i EDV ( $p<0,001$ ;  $r=0,633$ ), RI w zwężonej tętnicy nerkowej ( $p<0,001$ ;  $r=0,446$ ), a także RAR ( $p<0,001$ ;  $r=0,718$ ). W zakresie parametrów wewnątrz-

nerkowych obserwowano wydłużanie się AT ( $p<0,001$ ;  $r=0,447$ ) oraz zmniejszanie się Acc ( $p<0,001$ ;  $r=-0,534$ ) i IRI w tętnicach wewnątrznerkowych po stronie zwężonej tętnicy nerkowej ( $p<0,001$ ;  $r=-0,359$ ) (ryc. 2.). Ponadto wraz ze wzrostem stopnia zwężenia tętnicy nerkowej obserwowano zwiększanie się różnicy w wymiarze podłużnym obu nerek ( $p<0,001$ ;  $r=0,391$ ).

Badając zależności pomiędzy wartościami parametrów zewnątrz- i wewnątrznerkowych wśród chorych z różnym stopniem zwężenia tętnic nerkowych, stwierdzono istotne statystycznie różnice pomiędzy parametrami w poszczególnych podgrupach chorych (ANOVA – tabela 2.). Stwierdzono, że pomiędzy chorymi ze zwężeniami <30% a chorymi ze zwężeniami w przedziale 30–49% znamienne różnice dotyczyły wszystkich parametrów zewnątrznerkowych oraz wyłącznie Acc wśród parametrów wewnątrznerkowych (test U Manna-Whitneya – tabela 2.). Natomiast chorzy ze zwężeniami ≥50% w porównaniu z chorymi ze zwężeniami 30–49% różnili się istotnie w zakresie wszystkich parametrów zarówno zewnątrz-, jak i wewnątrznerkowych.

Spośród wszystkich 8 analizowanych parametrów nerkowych jedynie RAR, AT oraz różnica wielkości nerek okazały się niezależnymi czynnikami prognostycznymi obecności RAS ≥50% (tabela 3.). Najwyższą czułość i swoistość badania USG dla rozpoznania RAS ≥50% w analizie ROC wyznaczono dla PSV  $\geq 2,06$  m/s, RAR  $\geq 2,71$ , AT  $\geq 93$  ms. Wyniosły one odpowiednio 92,3% i 84,6%, 92,3% i 87,9% oraz 81,6% i 79,1% (ryc. 3., tabela 3.). Różnica wymiaru podłużnego pomiędzy nerkami przekraczająca 8 mm wiązała się również z dużym prawdopodobieństwem obecności RAS ≥50% (czułość 74,7%, swoistość 83,6%).

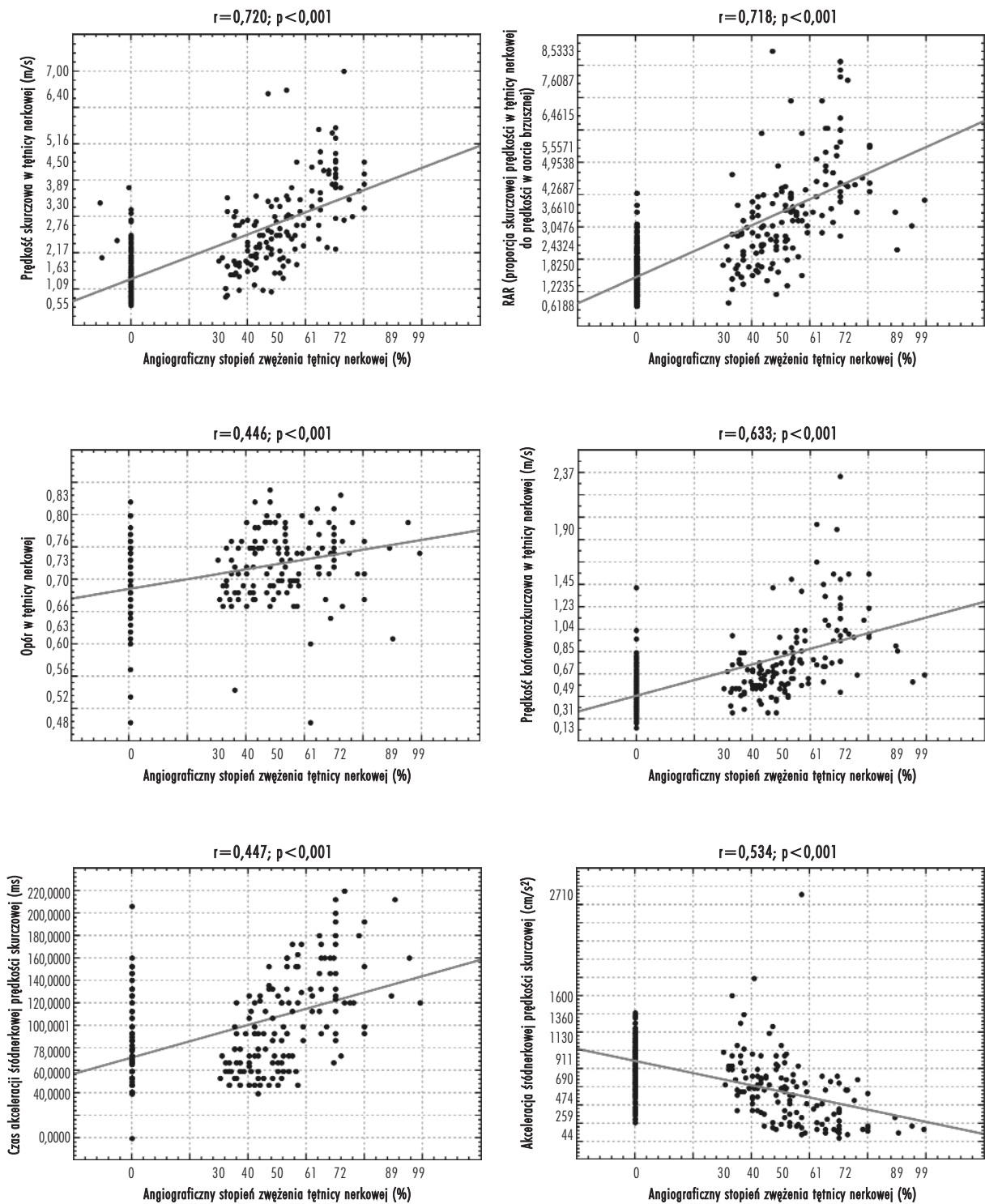
Gdy za kryterium ultrasonograficzne rozpoznania RAS ≥50% przyjmowano łącznie spełnienie 3 niezależnych prognostycznych kryteriów przepływu, tj. PSV  $\geq 2,06$  m/s i RAR  $\geq 2,71$  oraz AT  $\geq 93$  ms, poprawne rozpoznanie RAS ≥50% było możliwe u 72 spośród 79 chorych z droż-

**Tabela 2.** Porównanie średnich parametrów ultrasonograficznych dla chorych bez istotnych zmian miażdżycowych w tętnicach nerkowych, z RAS w zakresie 30–49% oraz RAS ≥50%

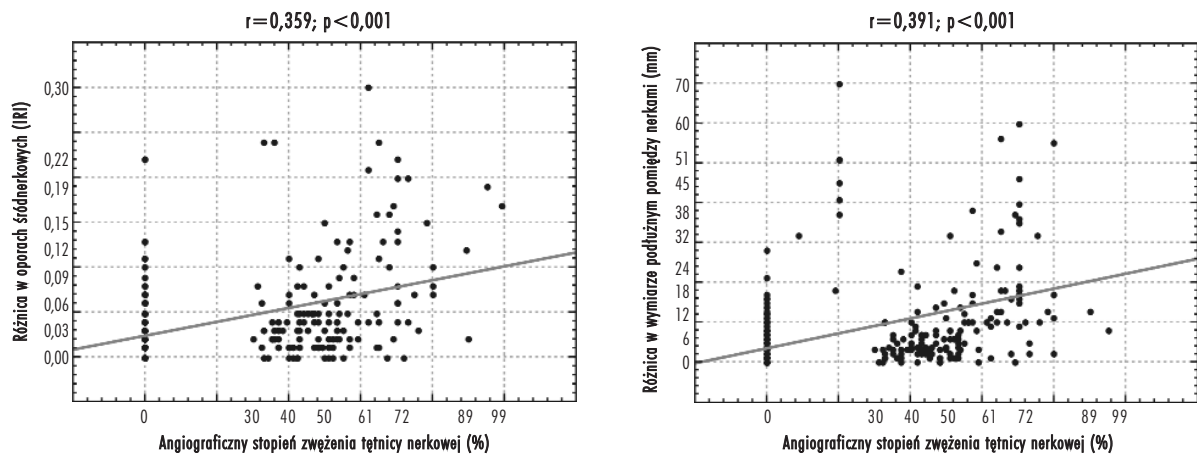
**Table 2.** Comparison of mean DU values in patients with lumen reduction stenosis <30%, between 30-49% and ≥50%

	I RAS <30%	II RAS 30–49%	III RAS ≥50%	p (I vs II) Mann-Whitney	p (II vs III) Mann-Whitney	p ogólne (ANOVA)
PSV (m/s ± SD)	1,31±0,47	2,14±0,86	3,46±1,09	<0,001	<0,001	<0,001
EDV (m/s ± SD)	0,42±0,16	0,56±0,17	0,93±0,38	<0,001	<0,001	0,001
RI (± SD)	0,68±0,04	0,72±0,05	0,73±0,05	<0,001	0,022	0,002
RAR (± SD)	1,55±0,57	2,68±1,2	4,44±1,64	<0,001	<0,001	<0,001
różnica długości nerek (mm ± SD)	4,39±4,1	4,64±4,45	18,0±16,1*	0,661	<0,001	<0,001
różnica IRI (± SD)	0,009±0,04	0,015±0,04	0,08±0,07	0,127	<0,001	<0,001
Acc (cm/s <sup>2</sup> ± SD)	870±273	720±328	397±358	<0,001	<0,001	<0,001
AT (ms ± SD)	73,8±27,5	78,9±27,5	129,2±41	0,151	<0,001	<0,001

\* różnica długości pomiędzy nerkami u chorych ze zwężoną ≥50%, ale drożną tętnicą nerkową wyniosła 13,1±10,7 mm; przy niedrożnej tętnicy nerkowej 46,3±12,2 mm; PSV – prędkość skurczowa w tętnicy nerkowej; RAR – prędkość w tętnicy nerkowej/prędkość w aortic; AT – czas akceleracji; Acc – akceleracja; RI – wskaźnik oporu, IRI – śródnierkowy wskaźnik oporu



**Ryc. 2.** Korelacje pomiędzy angiograficznym stopniem zwężenia tętnicy nerkowej a analizowanymi parametrami ultrasonograficznymi  
**Fig. 2.** Spearman correlations between angiographic grade of RAS and analyzed Doppler ultrasound parameters



Ryc. 2. cd.  
Fig. 2.

na tętnicę nerkową, a wykluczenie istotnego zwężenia u 316 spośród 335 chorych. Czułość i swoistość rozpoznania RAS  $\geq 50\%$  u chorych spełniających wszystkie powyższe kryteria wyniosły więc odpowiednio 91,1% oraz 94,3%, a pozytywna i negatywna wartość predykcyjna odpowiednio 79,1% oraz 97,8% (tabela 3.). Warto podkreślić, że aż u 14 (73,7%) spośród 19 chorych z fałszywie dodatnim wynikiem w DU stwierdzano angiograficznie zwężenia w zakresie 36–48% (średnio 42,5%).

## Omówienie

Większość RAS ma etiologię miażdżycową i dotyczy głównie chorych po 50. roku życia [1, 2, 12, 13]. Choroba ma charakter progresywny i w okresie kilku lat obserwacji u większości chorych narasta stopień zwężenia, a u 8–16% obserwuje się zamknięcie tętnicy [12, 13]. Znaczenie kliniczne RAS to rozwój opornego na farmakoterapię nadciśnienia tętniczego, zwiększone ryzyko zgonów i incydentów sercowo-naczyniowych, postępująca atrofia i niewydolność nerek [8, 9, 13, 14]. Dane z piśmiennictwa wskazują, że u części chorych rewaskularyzacja przeszko-

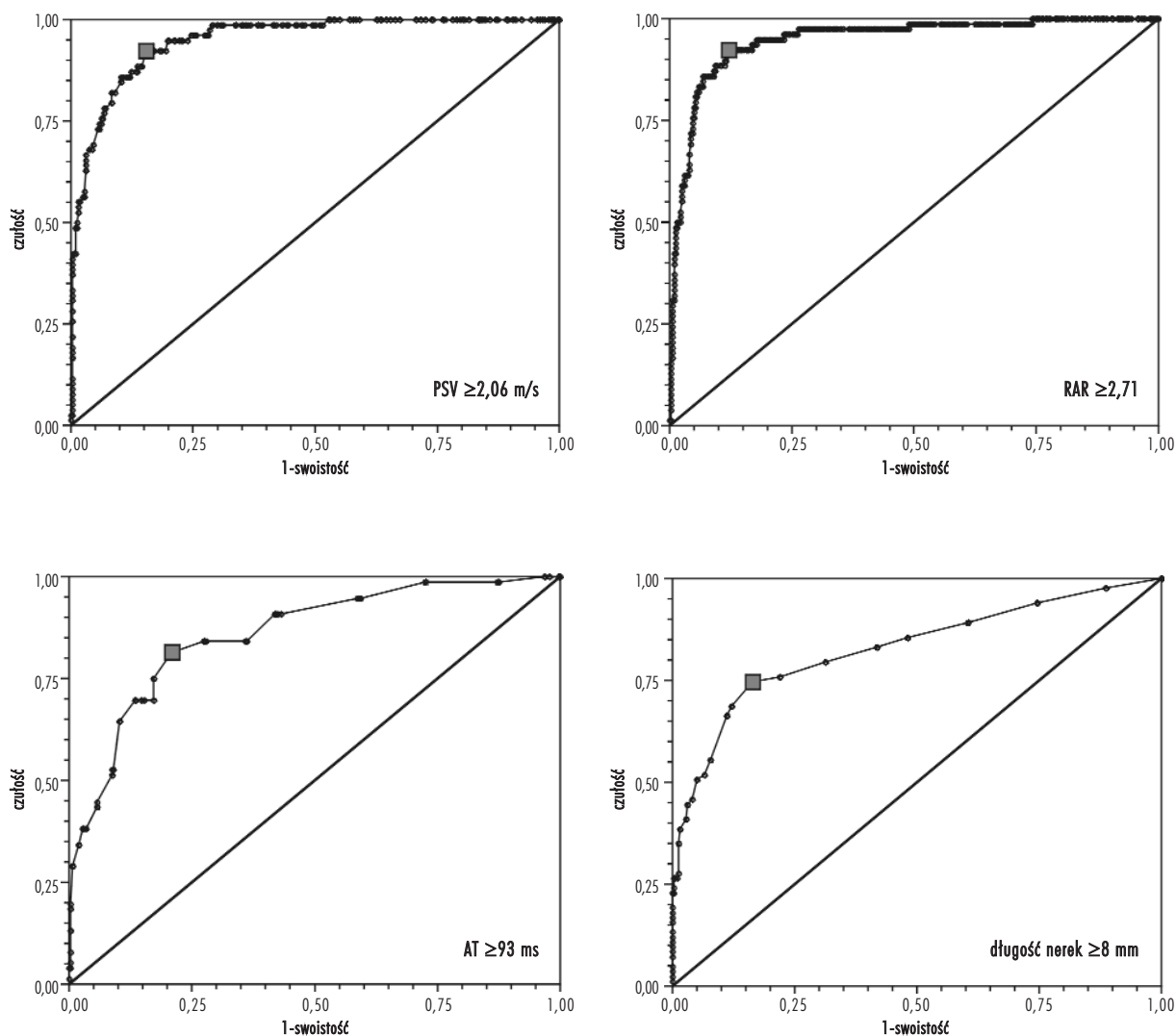
na lub chirurgiczna powoduje ustąpienie lub poprawę nadciśnienia tętniczego i hamuje lub spowalnia rozwój niewydolności nerek [14–16]. W ciągu ostatnich lat wyodrębniono szereg parametrów klinicznych, których współwystępowanie może wskazywać chorych o wysokim ryzyku obecności RAS [13, 17, 18], jednak obecnie nie dysponujemy prostą i powszechnie dostępną metodą rozpoznawania RAS. Angiografia, metoda referencyjna w diagnostyce RAS, jest badaniem inwazyjnym i jak dotąd nie dysponujemy zaleceniami określającymi jednoznacznie, u których chorych i kiedy wykonywać angiografię tętnic nerkowych oraz czy powinno się łączyć to badanie z angiografią innych obszarów naczyniowych. Spośród metod nieinwazyjnych badanie USG wydaje się najbardziej odpowiadać kryteriom badania przesiewowego u chorych wysokiego ryzyka, choć co do jego wartości istnieją w piśmiennictwie sprzeczne doniesienia [19–31].

W naszym badaniu, obejmującym stosunkowo liczną w porównaniu z danymi z piśmiennictwa grupę chorych, wykazaliśmy, że u większości chorych możliwe jest uzyskanie wiarygodnej oceny badanych parametrów ultraso-

**Tabela 3.** Niezależne dopplerowskie czynniki predykcyjne RAS  $\geq 50\%$  (intercept  $p < 0,001$ ) oraz wyznaczone z krzywych ROC punkty odcięcia dla tych parametrów  
**Table 3.** Independent prognostic Doppler ultrasound parameters for RAS  $\geq 50\%$  (intercept  $p < 0.001$ ) and optimal cut-off values for these parameters obtained from ROC curves

Parametry ultrasonograficzne	Beta	SE	p	Punkt odcięcia	Czułość (%)	Swoistość (%)	PPV (%)	NPV (%)
PSV	0,294	0,106	0,006	$\geq 2,06$ m/s	92,3	84,6	59	97,8
RAR	0,241	0,104	0,021	$\geq 2,71$	92,3	87,9	64,9	97,9
AT	0,185	0,044	0,0003	$\geq 93$ ms	81,6	79,1	48,1	94,8
różnica długości nerek	-0,145	0,040	$< 0,001$	$\geq 8$ mm	74,7	83,6	53,9	92,8
łącznie: PSV $\geq 2,06$ m/s + RAR $\geq 2,71$ + AT $\geq 93$ ms					91,1	94,3	79,1	97,8

PPV – dodatnia wartość predykcyjna; NPV – ujemna wartość predykcyjna; PSV – prędkość skurczowa w tętnicy nerkowej; RAR – prędkość w tętnicy nerkowej/prędkość w aortalnej; AT – czas narastania skurczowej prędkości w tętnicy śródnerkowej



**Ryc. 3.** Krzywe ROC dla prędkości skurczowej w tętnicy nerkowej (A), RAR (B), czasu akceleracji (C) oraz różnicy w wymiarze podłużnym pomiędzy nerkami (D) w rozpoznaniu zwężenia tętnicy nerkowej  $\geq 50\%$

**Fig. 3.** ROC curves for systolic velocity in renal artery (A), RAR (B), acceleration time (C) and kidney longitudinal size difference (D) in recognition of RAS  $\geq 50\%$

nograficznych. Tylko u niespełna 2% chorych z otyłością znacznego stopnia nie uwidoczono tętnic nerkowych i badanie ograniczono do parametrów przepływu wewnątrznerkowego.

W celu diagnostyki RAS stworzono kilka parametrów oceny przepływów zewnątrz- i wewnątrznerkowych. Wykazaliśmy, że spośród tych parametrów najwyższą i niezależną prognostyczną wartość dla diagnostyki RAS  $\geq 50\%$  mają: PSV, RAR, AT, różnica wielkości nerek, przy czym PSV i RAR cechuje czułość przekraczająca 90% i swoistość 85%. W opinii wielu badaczy PSV jest wiarygodnym i wystarczającym parametrem diagnostycznym obecności RAS  $\geq 50\text{--}60\%$ . Jednakże dla samej PSV w zakresie 1,8–2,2 m/s raportowana czułość i swoistość wy-

krycia RAS wahała się znacznie i wyniosła 62–98% oraz 86–98% [19–25]. W naszym badaniu punkt odcięcia PSV  $\geq 2,06$  m/s, jak i czułość oraz swoistość mieści się w zakresie danych podawanych w piśmiennictwie.

Często używany wskaźnik RAR, wyliczany ze stosunku PSV i aortalnej prędkości skurczowej, budzi wiele kontrowersji [21, 23, 24, 26, 27]. W naszym badaniu okazał się on równie wartościowy jak PSV. W piśmiennictwie można znaleźć zarówno opinie o jego wyższości nad PSV [23, 26], jak i opinie o jego niskiej przydatności [21, 27]. Olin i wsp. uzyskał czułość i swoistość rozpoznania RAS  $> 60\%$  wynoszące 98% oraz 98% dla RAR  $> 3,5$  [24]. Jednakże wyniki te nie znalazły potwierdzenia w badaniach innych autorów (Hoffman i wsp. – swo-

istość zaledwie 60%, House – 50%) [21, 27]. Według wielu autorów punkt odcięcia RAR dla RAS  $\geq 50\%$  znajduje się poniżej wartości 3,5 [21, 27]. Według House i wsp. dla wartości RAR  $> 2,5$  czułość i swoistość wykrycia RAS  $> 50\%$  wynoszą odpowiednio 88% oraz 69% [27]. W naszym badaniu punkt odcięcia dla RAR wynoszący 2,7 skutkowało rozpoznaniem RAS  $\geq 50\%$  z czułością 92,3% i swoistością 87,9%, co świadczyłoby o jego wysokiej przydatności. Należy pamiętać, że zmiany miażdżycowe w aorcie brzusznej, a także tętnicach biodrowych mają istotny wpływ na wartość RAR, co może częściowo tłumaczyć rozbieżności w ocenie wartości tego wskaźnika w piśmiennictwie.

Nie u wszystkich chorych poddanych badaniu DU możliwa jest bezpośrednia ocena tętnic nerkowych, a więc wyliczenie PSV i RAR, ponadto badanie to nie uwidacznia dobrze dodatkowych tętnic nerkowych [19–27]. Dlatego też zaproponowano poszerzenie diagnostyki RAS o ocenę przepływów wewnątrznerkowych, tj. Acc, AT,  $\Delta$ IRI. Spośród tych parametrów w naszym badaniu jedynie AT okazał się czynnikiem predykcyjnym RAS  $\geq 50\%$ , co jest zgodne z obserwacjami innych autorów [24, 27]. Natomiast, w przeciwieństwie do badań innych autorów [28, 29], nasze badanie nie potwierdziło istotnego znaczenia  $\Delta$ IRI dla diagnostyki RAS, co można łączyć z częstym występowaniem obustronnych zwężeń tętnic nerkowych wśród naszych chorych (26 na 85 chorych z RAS  $\geq 50\%$ ). Ponadto analizując dane, stwierdziliśmy, że istotne statystycznie zmiany w parametrach wewnątrznerkowych pojawiają się u chorych z RAS dopiero po przekroczeniu 50% redukcji światła naczynia.

Celowe wydaje się łączne rozpatrywanie prognostycznych kryteriów zewnątrz- i wewnątrznerkowych, ponieważ umożliwia to zwiększenie czułości i swoistości DU w rozpoznaniu istotnych hemodynamicznie zwężeń [24, 28, 30, 31]. Matew i wsp. wykazuje czułość i swoistość wynoszącą 96% i 96% dla PSV  $> 1,8$  m/s i AT  $> 58$  ms łącznie, Radamacher i wsp. 96,7% oraz 98,0% dla PSV  $> 1,8$  m/s oraz AT  $> 70$  ms, a Krumme i wsp. 89% oraz 92% dla PSV  $> 2$  m/s i  $\Delta$ IRI  $> 0,05$  [24, 28, 31]. W naszym badaniu połączenie PSV  $\geq 2,06$  m/s, RAR  $> 2,7$  oraz AT  $> 93$  ms cechowały czułość i swoistość 91,1% oraz 94,3%.

Podsumowując, dopplerowskie badanie ultrasonograficzne jest wartościową i przydatną metodą w diagnostyce zwężeń tętnic nerkowych.

## Oświadczenie

Praca finansowana z Programu Komitetu Badań Naukowych #2PO5B 01528/2005.

## Piśmiennictwo

- Olin JW, Melia M, Young JR i wsp. Prevalence of atherosclerotic renal artery stenosis in patients with atherosclerosis elsewhere. *Am J Med* 1990; 88: 46N-51N.
- Park S, Jung JH, Seo HS i wsp. The prevalence and clinical predictors of atherosclerotic renal artery stenosis in patients undergoing coronary angiography. *Heart Vessels* 2004; 19: 275-279.
- Holley KE, Hunt JC, Brown AL Jr i wsp. Renal artery stenosis. A clinical-pathologic study in normotensive and hypertensive patients. *Am J Med* 1964; 37: 14-22.
- Schwartz CJ, White TA. Stenosis of renal artery: an unselected necropsy study. *Br Med J* 1964; 2: 1415-1421.
- Simon P, Benarbia S, Charasse C i wsp. Ischemic renal diseases have become the most frequent causes of end stage renal disease in the elderly. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1998; 91: 1065-1068.
- Wenger NK, Furberg CD, Pitt E. Coronary heart disease in the elderly: review of current knowledge and research recommendations. W: *Coronary heart disease in the elderly*. Wenger NK, Furberg CD, Pitt E (red.). Elsevier, New York 1986: 1-7.
- Kannel WB, Gordon T. Cardiovascular risk factors in the aged: the Framingham study. W: *Second conference on the epidemiology of aging*. Haynes SG, Feinleib M (red.). Washington 1980: 65-86.
- Conlon PJ, Athirakul K, Kavalik E i wsp. Survival in renal vascular disease. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9: 252-256.
- Bloch MJ, Basile J. Clinical insights into the diagnosis and management of atherosclerotic renal artery disease. *Curr Atheroscler Rep* 2006; 8: 412-420.
- Nelemans PJ, Kessels AG, De Leeuw P i wsp. The cost-effectiveness of the diagnosis of renal artery stenosis. *Eur J Radiol* 1998; 27: 95-107.
- Conkbayir I, Yucesoy C, Edguer T i wsp. Doppler sonography in renal artery stenosis. An evaluation of intrarenal and extrarenal imaging parameters. *Clin Imaging* 2003; 27: 256-260.
- Crowley JJ, Santos RM, Peter RH i wsp. Progression of renal artery stenosis in patients undergoing cardiac catheterization. *Am Heart J* 1998; 136: 913-918.
- Safian RD, Textor SC. Renal-artery stenosis. *N Engl J Med* 2001; 344: 431-442.
- Januszewicz M, Januszewicz A, Rowiński O. Angioplastyka tętnic nerkowych. *Postępy w Kardiologii Interwencyjnej* 2006; 3: 230-244.
- Zeller T. Current state of diagnosis and endovascular treatment of renal artery stenosis. *Vasa* 2006; 35: 147-155.
- Flisinski M, Manitus J. Predictors of successful renal artery revascularization in atherosclerotic renovascular disease. *Pol Merkuriusz Lekarski* 2005; 19: 206-210.
- van Jaarsveld BC, Krijnen P, Pieterman H i wsp. The effect of balloon angioplasty on hypertension in atherosclerotic renal-artery stenosis. Dutch Renal Artery Stenosis Intervention Cooperative Study Group. *N Engl J Med* 2000; 342: 1007-1014.
- Buller CE, Nogaareda JG, Ramanathan K i wsp. The profile of cardiac patients with renal artery stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2004; 43: 1606-1613.
- Karasch T, Strauss AL, Grun B i wsp. Color-coded duplex ultrasonography in the diagnosis of renal artery stenosis. *Dtsch Med Wochenschr* 1993; 118: 1429-1436.
- Miralles M, Cairols M, Cotillas J i wsp. Value of Doppler parameters in the diagnosis of renal artery stenosis. *J Vasc Surg* 1996; 23: 428-435.
- Hoffman U, Edwards JM, Carter S i wsp. Role of the Duplex sonography for the detection of the atherosclerotic renal disease. *Kidney Intern* 1991; 39: 1232-1239.
- Postma CT, van Aalen J, de Boo T i wsp. Doppler ultrasound scanning in the detection of renal artery stenosis in hypertensive patients. *Br J Radiol* 1992; 65: 857-860.
- Olin JW, Piedmonte MR, Young JR i wsp. The utility of duplex ultrasound scanning of the renal arteries for diagnosing significant renal artery stenosis. *Ann Intern Med* 1995; 122: 833-838.
- Motew SJ, Cherr GS, Craven TE i wsp. Renal duplex sonography: main renal artery versus hilar analysis. *J Vasc Surg* 2000; 32: 462-469.
- Kawarada O, Yokoi Y, Takemoto K i wsp. The performance of renal duplex ultrasonography for the detection of hemodynamically significant renal artery stenosis. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006; 68: 311-318.
- Soares GM, Murphy TP, Singha MS i wsp. Renal artery duplex ultrasonography as a screening and surveillance tool to detect renal artery stenosis: a comparison with current reference standard imaging. *J Ultrasound Med* 2006; 25: 293-298.
- House MK, Dowling RJ, King P i wsp. Using Doppler sonography to reveal renal artery stenosis: an evaluation of optimal imaging parameters. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173: 761-765.
- Krumme B, Blum U, Schwertferger E i wsp. Diagnosis of renovascular disease by intra and extrarenal Doppler scanning. *Kidney Int* 1996; 50: 1288-1292.
- Strunk H, Jaeger U. Duplex ultrasonographic diagnosis of renal artery stenosis by intrarenal acceleration determination and recognition of the tardus-parvus phenomenon with special regard to multiple renal arteries. *Rofo* 1995; 162: 420-428.
- Schwerk WB, Restrepo IK, Stellwaag M i wsp. Renal artery stenosis: grading with image-directed Doppler US evaluation of renal resistive index. *Radiology* 1994; 190: 785-790.
- Radermacher J, Chavan A, Schaffer J i wsp. Detection of significant renal artery stenosis with color Doppler sonography: combining extrarenal and intrarenal approaches to minimize technical failure. *Clin Nephrol* 2000; 53: 333-343.